

ANAIS DO V ECOARIDO

V Simpósio de Metodologias Aplicadas
a Ecossistemas Pastoris Semiáridos /
III International Symposium on Semiarid
Pastoral Ecosystems Research



Franciely de Oliveira Costa
Magno José Duarte Cândido
Rafael Nogueira Furtado
Samuel Rocha Maranhão
Valdson José da Silva

ORGANIZADORES


Imprensa
Universitária
UFC

Anais do V Ecoarido

V Simpósio de Metodologias Aplicadas a
Ecosistemas Pastoris Semiáridos /
III International Symposium
on Semiarid Pastoral Ecosystems Research

Presidente da República

Jair Messias Bolsonaro

Ministro da Educação

Milton Ribeiro

Universidade Federal do Ceará – UFC

Reitor

Prof. José Cândido Lustosa Bittencourt de Albuquerque

Vice-Reitor

Prof. José Glauco Lobo Filho

Pró-Reitor de Pesquisa e Pós-Graduação

Prof. Jorge Herbert Soares de Lira

Pró-Reitor de Planejamento e Administração

Prof. Almir Bittencourt da Silva

Imprensa Universitária

Diretor

Joaquim Melo de Albuquerque

Franciely de Oliveira Costa
Magno José Duarte Cândido
Rafael Nogueira Furtado
Samuel Rocha Maranhão
Valdson José da Silva
(Organizadores)

Anais do V Ecoarido

V Simpósio de Metodologias Aplicadas a
Ecossistemas Pastoris Semiáridos /
III International Symposium
on Semiarid Pastoral Ecosystems Research



Fortaleza
2021

Anais do V Ecoarido: V Simpósio de Metodologias Aplicadas a Ecossistemas Pastoris Semiáridos / III International Symposium on Semiarid Pastoral Ecosystems Research.

Copyright © 2021 by Franciely de Oliveira Costa, Magno José Duarte Cândido, Rafael Nogueira Furtado, Samuel Rocha Maranhão, Valdson José da Silva.

Todos os direitos reservados

IMPRESSO NO BRASIL / PRINTED IN BRAZIL

Imprensa Universitária da Universidade Federal do Ceará (UFC)
Av. da Universidade, 2932, fundos – Benfica – Fortaleza – Ceará

Coordenação editorial

Ivanaldo Maciel de Lima

Revisão de texto

Antídio Oliveira

Normalização bibliográfica

Marilzete Melo Nascimento

Diagramação

Thiago Nogueira de Freitas

Capa

Heron Cruz

Ilustração da capa

Ana Elisa Galvão Sidrim e Felipe Hermínio Meireles Nogueira

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Bibliotecária Marilzete Melo Nascimento CRB 3/1135

A532 Anais do V Ecoarido [livro eletrônico] : V Simpósio de metodologias aplicadas a ecossistemas pastoris semiáridos/III International symposium on semiarid pastoral ecosystems research / Organizadores Franciely de Oliveira Costa ... [et al.] - Fortaleza: Imprensa Universitária, 2021.
6.041 kb : il. color. ; PDF

ISBN: 978-65-88492-63-5

1. Silagem. 2. Pecuária. 3. Sistema de Produção Animal. I. Costa, Franciely de Oliveira, (org.).

CDD 636.085

Sumário

SISTEMA DE BALANCEAMENTO FORRAGEIRO GARANTIDO PARA REGIÕES SEMIÁRIDAS

Magno José Duarte Cândido
Rafael Nogueira Furtado
Marcos Neves Lopes
Rodrigo Gregório da Silva
Ana Clara Rodrigues Cavalcante..... 12

UTILIZAÇÃO DA MODELAGEM ESTOCÁSTICA EM ECOSSISTEMAS PASTORIS SEMIÁRIDOS

Rodrigo Gregório da Silva
Samuel Rocha Maranhão..... 32

SISTEMA DE ALERTA PRECOCE PARA REGIÕES COM VULNERABILIDADE CLIMÁTICA

Ana Clara Rodrigues Cavalcante
Leonardo Fiusa de Moraes..... 50

SENSORIAMENTO REMOTO APLICADO A PASTAGENS NATURAIS HETEROGÊNEAS

Maria Maiany Paiva Lima
Ellen da Costa Gomes
Felipe Hermínio Meireles Nogueira
Magno José Duarte Cândido
Carlos Alexandre Gomes Costa 77

CONTRIBUTION OF BROWSE TO HERBIVORE NUTRITION IN SEMIARID RANGELANDS: INSIGHTS FROM WEST AFRICA	
Luc Hippolyte Dossa	91
GRAZING HERBIVORES DIET MONITORING BY PORTABLE NIRS	
Douglas Ray Tolleson.....	111
APPROACHES TO EVALUATE DEGENERATION STAGE OF SEMIARID RANGELANDS BY QUANTITATIVE ANALYSIS	
CHEN Ji-Shan	123
SIMULATING PLANT GROWTH AND SELECTIVE GRAZING BY HERBIVORES USING THE PHYGROW MODEL ON RANGELANDS	
Jay Peter Angerer.....	139
USO DE PROGRAMAS COMPUTACIONAIS PARA AJUDARNA TOMADA DE DECISÕES	
Márcio André Stefanelli Lara	
Daniel da Cunha	
Sergio Domingos Simão	
Saulo Teixeira Rodrigues de Almeida	
Davi Filipe Fonseca Borges	
Higor Pinheiro Bello	
Lucas Ferreira Penteado	
Rodrigo Junior Prezotti Paiva	
Leonardo Bolelli Faleiros	
Ana Lea Armond Carvalho	
André Pereira Pierangeli.....	164
AVALIAÇÃO DA SELETIVIDADE POR RUMINANTES EM PASTAGENS NATURAIS SEMIÁRIDAS	
Tadeu Vinhas Voltolini	
Glacyane Costa Gois.....	189

CONSUMO DE ÁGUA EM CONDIÇÕES DE PASTEJO: IMPORTÂNCIA E MÉTODOS DE ESTIMATIVA

Iran Borges
Gherman Garcia Leal Araujo..... 218

ESTABILIDADE ANAERÓBIA DE LONGO PRAZO EM SILAGENS

Aníbal Coutinho do Rêgo
Rosana Ingrid Ribeiro dos Santos
Rita de Cássia Almeida de Mendonça
Amanda Caroliny Marques de Queiroz
Thiago Carvalho da Silva..... 253

ESTIMATIVA DA PRODUÇÃO DE FITOMASSA EM ÁREAS DE CAATINGA

José Moraes Pereira Filho
Elisvaldo José Silva Alencar
Vanderléia Alves do Vale
Olaf Andreas Bakke
Danilo Ramon Silva Pereira..... 277

ESTIMATIVA DO CONSUMO DE FORRAGENS POR RUMINANTES EM ECOSISTEMAS SEMIÁRIDOS

Divan Soares da Silva
Ariosvaldo Nunes de Medeiros
Alberício Pereira de Andrade
André Luiz Rodrigues Magalhães..... 298

RESUMOS 330

Application of spectral indexes of vegetation in fragments of
natural pastures of semiarid in Ceará..... 331
Avaliação do sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) utilizando
diferentes adubos 333
Biomass of forage cultivars in the dry season in the
semiarid of Alagoas 335
Capacidade corporal de ovinos da raça Santa Inês
em pastagem de *Brachiaria brizantha* 337
Características morfológicas do sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench)
em resposta a tipos de adubação..... 339

Carcass weight and yield of sheep supplemented with three alternative sources from the biodiesel production chain in substitution to soybean meal	341
Changes in RSVP-sperm binding after intermittent scrotal insulation	343
Characteristics of tillering of forage cultivars in dry season in the Alagoan semiarid region	345
Chemical composition of sorghum silages supplemented with castor oil cake detoxified with calcium hydroxide	347
Circadian rhythm of superficial temperature in Morada Nova ewes during dry season evaluated by thermography	349
Composição química de espécies forrageiras nativas da Caatinga no estado do Piauí	351
Consumo de matéria seca e FDN por cabras gestantes alimentadas com torta de mamona destoxificada	353
Correlação da matéria seca produzida de <i>Andropogon gayanus</i> com teores residuais de macronutrientes em substratos adubados com biofertilizante bovino	355
Crescimento e acúmulo de íons inorgânicos em plântulas de Jurema-branca em diferentes períodos de exposição à salinidade e déficit hídrico.....	357
Cultivo de milho crioulo para silagem em sistemas tradicional e agroflorestal no semiárido: teor e produção de matéria seca.....	359
Densidade de plantio da palma forrageira miúda [<i>Nopalea cochenillifera</i> (L.) Salm Dyck] nas características agronômicas aos 30 dias	361
Desempenho de cordeiros Morada Nova em confinamento, oriundos de ovelhas suplementadas em pastagem nativa da Caatinga	363
Desempenho de gramíneas perenes de verão em sistema silvipastoril com eucalipto	365
Development of a livestock early warning system for the drylands of Northeast Brazil.....	367
Direct and indirect evaluation of pre-grazing Leaf Area Index for the monitoring of a pasture area	369
Effect of nitrogen on the tiller density of tamani-grass	371
Estabelecimento de gramíneas exóticas em Caatinga manipulada na região semiárida do Ceará.....	373
Estabilidade aeróbia, pH e composição microbiológica de silagens de híbridos comerciais de milho.....	375

Estimativa da massa de forragem do capim Tifton 85 a partir do uso do aplicativo Canopeo	377
Estimativa da massa de touceira do capim Andropogon utilizando o aplicativo Canopeo®	379
Estudo sobre modelos matemáticos para estimativa de biomassa herbácea na Caatinga sob diferentes formas de manejo utilizando índices de vegetação	381
Evaluation of pH from silages of maize, sorghum and millet genotypes grown in Cariri of Ceará.....	383
Evaluation of pre-and post-grazing leaf area index using destructive and nondestructive methods.....	385
Evaluation of pH from silages of maize, sorghum and millet genotypes grown in Cariri of Ceará.....	387
Exports of Ca, Mg and S in pasture of tamani-grass fertilized under increasing rates of nitrogen.....	389
Exports of NPK from biomass of tamani-grass under increasing nitrogen rates.....	391
Flujo de biomasa del pasto Tierra verde sobre cuatro edades de crecimiento.....	393
Fontes e doses de nitrogênio sobre a produção de forragem da grama missioneira-gigante	395
Gas exchanges in brachiaria grass pastures intercropped with Clitoria ternatea L.	397
Germinação de sementes de Jurema-branca [Piptadenia stipulacea (Benth.) Ducke] sob condições de estresse hídrico	399
Importância da reserva estratégica de forragem em propriedades modais no semiárido	401
Índice de área do cladódio da palma forrageira Miúda [Nopalea cochenillifera (L.) Salm Dyck] submetida a diferentes densidades 30 dias após o plantio	403
Índice de área do cladódio de clones da palma forrageira Opuntia stricta submetidos a diferentes concentrações de água residuária	405
Influência da suplementação energético-proteica durante a gestação sobre a produção e composição do leite de ovelhas Morada Nova.....	407
Influência dos níveis de suplementação energética sobre a frequência de pastejo dos estratos vegetais por ovinos na Caatinga	409

Intake and efficiency use of water in sheep fed diets containing different levels of <i>Pilosocereus gounellei</i>	411
Macronutrient content in Tamani grass fertilized with nitrogen during the establishment.....	413
Manejo alimentar de ovinos e caprinos em propriedades modais de Tauá-CE.....	415
Medidas morfométricas de cordeiros Morada Nova oriundos de ovelhas suplementadas em pasto nativo da Caatinga.....	417
Modelagem do acúmulo de matéria seca de <i>Panicum maximum</i> cv. Mombaça em função da fertilização nitrogenada e variáveis agrometeorológicas.....	419
Modeling the optimal stocking rate to improve livestock grazing system management in the Caatinga ecosystem.....	421
Morphogenetic and structural characteristics of forages in dry season in the semiarid region of Alagoas.....	423
Morphophysiological characteristics of tamani-grass under nitrogen doses.....	425
Multivariate analysis of biomass production of pearl millet (<i>P. glaucum</i>) at different ecological sites in a semiarid environment.....	427
Multivariate analysis of the biomass production of cactus pear cv. miúda (<i>O. cochenillifera</i>) at different ecological sites in a semiarid environment.....	429
NPK contents in the biomass during the establishment of Tamani-grass fertilized with nitrogen.....	431
Parâmetros agronômicos do milheto cultivado em solo com resíduos salinos sob diferentes doses de biofertilizante.....	433
Performance in sheep fed with diets containing different levels of <i>Pilosocereus gounellei</i>	435
Performance of sheep supplemented with three alternative sources from the biodiesel production chain in substitution to soybean meal.....	437
Photochemical efficiency of elephant grass fertilized with organic compost from slaughter and production of sheep and goats.....	439
Photosynthesis and water efficiency of Tamani grass under nitrogen rates.....	441
Physiological indices of Signal grass and Tamani grass intercropped with butterfly pea.....	443

Physiological responses in intercropped pastures of tamani grass with cunhã	445
Physiological responses of tamani-grass fertilized under increasing nitrogen rates.....	447
Plantas forrageiras em pastagens nativas da Caatinga no estado do Piauí.....	449
Plant-part composition of harvested forage mass of tamani-grass under nitrogen fertilization.....	451
Prediction of forage biomass of elephant grass cv. Roxo as a function of canopy height at different seasons	453
Produção de leite de ovelhas Somalis Brasileira sob condições de restrição nutricional em pasto nativo da Caatinga	455
Produção e acúmulo de forragem via morfogênese em pasto de capim-aruaana pastejado por ovinos sob níveis de suplementação	457
Produtividade de duas variedades de milheto em diferentes regimes hídricos no semiárido	459
Recuperação de matéria seca da silagem de coproduto de milho doce	461
Relação do peso corporal e medidas biométricas de ovinos de corte em pastagem de Brachiaria brizantha	463
Remote surface sensing in the monitoring of grazing frequency in tamani grass.....	465
Seleção de nutrientes do pasto nativo da Caatinga por ovinos com suplementação concentrada	467
Seleção de plantas com potencial forrageiro na Caatinga por ovinos deslanados pela técnica microhistológica	469
Spectral behavior of two fragments of natural pastures through sentinel-2 images	471
Structural characteristics and biomass components of tierra-verde bermudagrass (C. dactylon) under three growth ages in intensive management	473
Use of surface active remote sensor for monitoring of grazing intensity in Tamani grass.....	475
Uso de Lactobacillus buchneri reduz perdas em silagens de milho.....	477
Vegetation index in pastures of tamani grass under nitrogen doses and grazing intensities.....	479

SISTEMA DE BALANCEAMENTO FORRAGEIRO GARANTIDO PARA REGIÕES SEMIÁRIDAS

Magno José Duarte Cândido¹
Rafael Nogueira Furtado²
Marcos Neves Lopes³
Rodrigo Gregório da Silva⁴
Ana Clara Rodrigues Cavalcante⁵

RESUMO

A precipitação representa fator central na dinâmica da produção de biomassa em pastagens naturais em regiões semiáridas. O presente texto foi elaborado para apresentar um sistema de orçamentação forrageiro garantido para o semiárido através de modelagem estocástica focada no conceito de garantia. O modelo proposto utiliza séries sintéticas de precipitação para estimar a produção e a demanda anuais de biomassa, para a manutenção de determinado rebanho, colaborando assim para manter uma capacidade de suporte ajustada e constante na propriedade, para determinado nível de garantia a longo prazo. A proposta baseia-se na estocagem de forragem para conservação (quando a produção anual de biomassa exceder a demanda anual) e na utilização de for-

¹ Professor do Departamento de Zootecnia, Universidade Federal do Ceará (magno@ufc.br).

² Pós-doutorando do Departamento de Zootecnia, Universidade Federal do Ceará (rafaelfurtado@yahoo.com.br).

³ Professor Efetivo do Instituto Federal do Piauí (IFPI) - Campus Valença do Piauí (nevesvv@yahoo.com.br).

⁴ Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia – Campus Limoeiro do Norte (rodrigogregorio@hotmail.com).

⁵ Pesquisadora da Embrapa (ana.clara@embrapa.br).

ragem conservada para atender a demanda anual do rebanho, nos anos de déficit de produção anual de biomassa sem causar sobrepastejo. A garantia da oferta de alimento para o rebanho no longo prazo representa o grande benefício da modelagem do sistema de orçamentação forrageiro garantido, pois permite planejar e atender a demanda de alimento nas propriedades no longo prazo (vários anos) e não mais somente conservar forragem durante o período chuvoso e ter esse alimento para atender a demanda do rebanho durante o período seco do mesmo ano. Com isso, a modelagem estocástica pode contribuir na determinação de uma taxa de lotação ajustada no longo prazo para o semiárido sem comprometer a sustentabilidade do ecossistema.

Palavras-chave: Modelagem estocástica. Pastagens naturais. Precipitação. Reserva.

INTRODUÇÃO

Em todo o mundo, regiões semiáridas ocupam áreas que somam aproximadamente 2,4 bilhões de ha, o que representa 17,7% da superfície do planeta. Essas terras são caracterizadas pela elevada evapotranspiração anual e chuvas irregulares, resultando em um balanço hídrico negativo na maior parte do ano. A alta variabilidade da precipitação associada a uma alta pressão sobre os recursos naturais gerou um cenário de degradação das pastagens que podem culminar na desertificação dessas áreas, tornando-se uma situação preocupante para o futuro de muitas pastagens no semiárido.

Nesse sentido, é urgente entender os processos envolvidos na sustentabilidade dos ecossistemas vulneráveis para mantê-los produtivos e rentáveis. Entre as atividades rurais nas regiões semiáridas, a pecuária tem contribuído para viabilizar as fazendas, ao mesmo tempo, constituiu-se um fator de degradação das pastagens naturais devido ao excesso de carga animal aplicado historicamente nas fazendas. Para lidar com esse potencial sem comprometer o ecossistema, é necessário desenvolver uma ferramenta para quantificar o padrão de produção das pastagens

em resposta às chuvas (LUKOMSKA; QUAAS; BAUMGÄRTNER, 2010), otimizando assim o uso dos recursos naturais disponíveis.

A falta de um sistema de orçamentação forrageira que considere o efeito da variação na precipitação ao longo do tempo sobre a produção de forragem e, consequentemente, sobre o superpastejo e a produção animal, reduz as chances de os produtores explorarem suas propriedades de forma eficiente sem comprometer a sustentabilidade do ecossistema.

Nesse sentido, esta revisão foi elaborada para apresentar o sistema de balanceamento forrageiro garantido, a fim de obter uma taxa de lotação ajustada ao nível de propriedade.

ESTIMATIVA DA PRODUÇÃO DE BIOMASSA ATRAVÉS DA PRECIPITAÇÃO

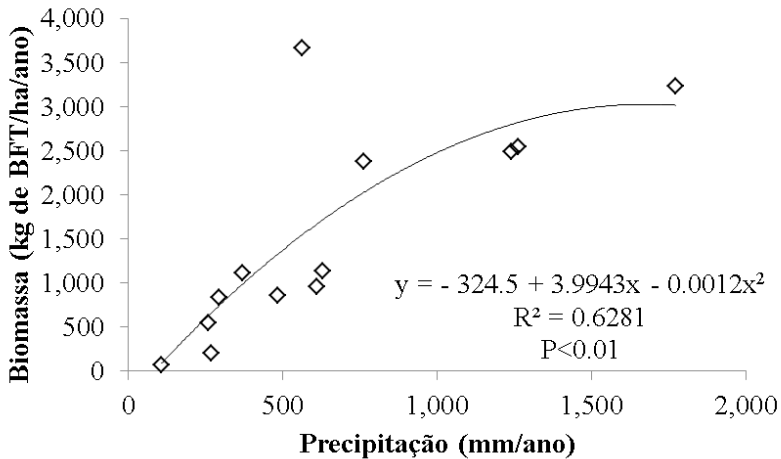
O monitoramento da quantidade e padrão de distribuição das chuvas em sistemas de produção em sequeiro, inseridos no semiárido, representam passo fundamental na predição da produção de forragem, pois, nesse ambiente, a água é o fator isolado que mais limita a produção vegetal (TIESZEN; DETLING, 1983), e, por consequência, a produção animal. Portanto, a elaboração de um sistema de orçamentação forrageira ao nível de propriedade, baseado na predição da produção de forragem, deve ter como ponto de partida a estimativa da biomassa a partir desse fator, embora outros fatores também influenciem o crescimento vegetal. Face a esse pressuposto, descreve-se a seguir um modelo para estimativa da produção de biomassa na Caatinga com base na precipitação.

A partir de informações sobre precipitação em sítios ecológicos no semiárido foi estimada a produção da biomassa de forragem total (BFT), expressa em $\text{kg ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$, em diferentes anos. Apenas a produção de BFT obtida em áreas de exclusão dos sítios ecológicos que representaram a variação de precipitação no semiárido foi considerada. Portanto, foram consideradas informações de BFT dos municípios de Ouricuri, Sobral e Quixadá que apresentaram precipitação anual média

de 622,2; 735 e 892,4 mm, considerando histórico de 25 anos para Ouricuri e de 39 para Sobral e Quixadá.

A BFT considerada correspondeu à maior quantidade de biomassa de forragem obtida ao longo da estação chuvosa, e a precipitação acumulada foi computada até o momento do alcance dessa máxima biomassa. Com base nos dados de precipitação (mm ano^{-1}) e BFT (kg ha^{-1}), foram realizadas análise de regressão, obtendo-se uma equação da segunda variável em função da primeira, utilizando-se o programa SPSS.

Gráfico 1 – Relação entre precipitação e biomassa de forragem anual estimada



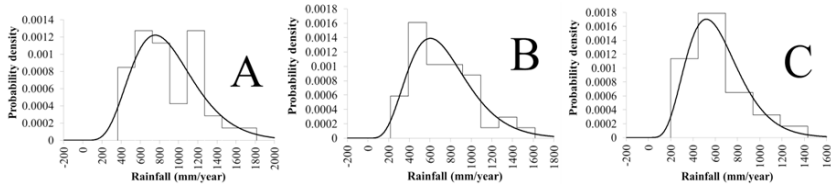
Fonte: adaptado de Cavalcante *et al.* (2015).

Após a obtenção da equação de regressão que representa a relação entre precipitação e produção de forragem, foi revisado o histórico total de precipitação nos três municípios supracitados, fornecidos pela FUNDAÇÃO CEARENSE DE METEOROLO-

GIA E RECURSOS HÍDRICOS (FUNCEME), Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e AGRITEMPO. Com esse histórico, utilizando a ferramenta @RISK do EXCEL, foi gerada uma série sintética de precipitação, denominada de precipitação esperada, que representa a precipitação estimada aleatoriamente a partir do comportamento da precipitação histórica local dos três municípios. Em seguida, testes de aderência dessas séries foram realizados com diferentes modelos teóricos de curvas de distribuição de probabilidade, de acordo com o teste qui-quadrado ao nível de 5%. Posteriormente, ao verificar o ajuste dos dados, foram geradas longas séries sintéticas, com simulações de 3.000 valores, utilizando o @RISK.

Devido à dificuldade de prever a evolução exata dos valores de precipitação ao longo do tempo e do espaço em função de sua natureza aleatória (SAMPAIO *et al.*, 2006), diferentes modelos probabilísticos são utilizados para descrever o comportamento tanto da precipitação esperada como do período de precipitação. O comportamento das chuvas nos três municípios avaliados (Gráfico 2) apresentou padrão semelhante, cabendo o tipo de distribuição gama ($P < 0,05$), pelo teste do qui-quadrado. Diversos autores têm apontado a distribuição gama como a que mais se ajusta a dados de precipitação pluviométrica (LONGO *et al.*, 2006; YANG; NADARAJAH, 2006; RODRIGUES; SANTOS FILHO; CHAVES, 2013). Além do padrão similar, foram observadas diferenças nos valores de probabilidade de chuva máxima e média. Os maiores valores foram verificados para Sobral (Gráfico 2a), valores intermediários para Quixadá (Gráfico 2b), e os menores para Ouricuri (Gráfico 2c).

Gráfico 2 – Dados ajustados à função de densidade de probabilidade teórica (linha) e real (colunas) da precipitação total do ano (mm ano-1) para Sobral (A), Quixadá (B) e Ouricuri (C)



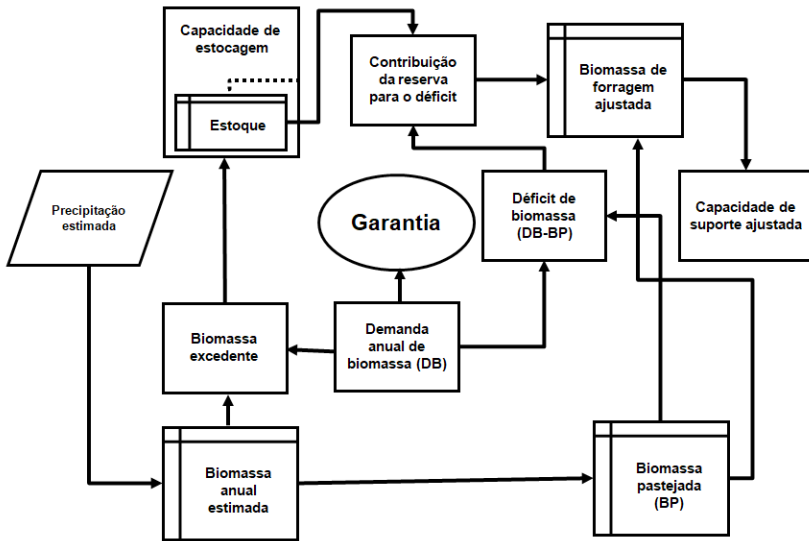
Fonte: elaborado pelo autor.

Em geral, a maior frequência de chuvas permaneceu abaixo da média, enfatizando o risco de usar a precipitação histórica média como parâmetro para definir políticas públicas para uma cidade. Dessa forma, sugere-se utilizar a mediana como melhor indicador do comportamento das chuvas em longo prazo para cada cidade. Assim, para as cidades mencionadas, os parâmetros a serem utilizados são: 866,8; 718,1 e 601,7 mm, em vez de 892,4; 735,0 e 622,2 mm, respectivamente.

MODELO DE SISTEMA DE ORÇAMENTO FORRAGEIRO GARANTIDO

Para as simulações de resposta do sistema de ajuste de fornecimento de biomassa forrageira, foi utilizado o *software* Vensim PLE, cuja base operacional é a aplicação dos conceitos básicos de dinâmica de sistemas, segundo o modelo simplificado apresentado na Figura 1, adaptado de Silva *et al.* (2013). Na seqüência, os conceitos associados à garantia foram estabelecidos. O modelo proposto correspondeu à seguinte estrutura simplificada:

Figura 1 – Estrutura simplificada do sistema de balanceamento forrageiro garantido



Fonte: elaborada pelos autores.

Segundo Campos (1996), por exemplo, uma garantia de 99% indica o suprimento de forragem necessário para atender a demanda de forma confiável em 99% do tempo. Para esta análise, o modelo estocástico simulou a oferta de forragem necessária do sistema para um nível de garantia de 95%.

O que garante a oferta de forragem constante é o sistema de reserva de alimento, sendo composto por um reservatório que permite a regularização da oferta de massa de forragem, funcionando como receptor de alimentos (anos de excesso de produção de alimento) ou como doador de alimentos (anos de déficit de produção de alimento). Assim, seja doando ou recebendo alimento, este componente do modelo confere equilíbrio da oferta de alimentos ao longo do tempo (SILVA *et al.*, 2013).

Definição dos componentes do modelo

Precipitação estimada (mm ano^{-1}): precipitação estimada aleatoriamente a partir do comportamento histórico das chuvas locais.

Biomassa anual estimada ($\text{kg ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$): matéria seca da biomassa produzida ao longo do tempo, por ano, sendo uma variável de resposta resultante da precipitação estimada;

Demanda anual de biomassa ($\text{kg ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$): biomassa da produção total média de forragem da região, servindo como parâmetro inicial na medição da produção do local;

Biomassa anual pastejada ($\text{kg ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$): é a matéria seca de forragem anual realmente pastada pelo gado; é o produto da biomassa de forragem anual estimada e da eficiência de pastejo, sendo limitada pela demanda anual de biomassa.

Biomassa anual excedente ($\text{kg ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$): quantidade de matéria seca da biomassa de forragem anual estimada que excede a demanda anual de biomassa.

Reserva (kg ha^{-1}): volume de forragem armazenado instantaneamente. Seu limite superior é a capacidade de acumulação.

Capacidade de acumulação (kg ha^{-1}): capacidade física e econômica máxima para armazenar alimentos na propriedade.

Déficit de biomassa ($\text{kg ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$): representa o não atendimento da demanda anual de biomassa pela biomassa anual pastejada. É obtida pela diferença entre demanda anual de biomassa e biomassa anual pastejada.

Contribuição da Reserva para o déficit ($\text{kg ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$): suprimento de forragem ao sistema, proveniente da reserva nos anos em que a biomassa anual pastejada estiver abaixo da demanda anual de forragem.

Biomassa de forragem anual ajustada ($\text{kg ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$): biomassa de forragem que pode ser fornecida regularmente ao longo do tempo, como resultado do fornecimento de alimento proveniente diretamente da biomassa anual pastejada e possíveis contribuições da reserva, em anos de déficit. Em outras palavras, é possível que a oferta de forragem

seja mantida ao longo do tempo pelo sistema, associada a um valor de probabilidade, denominado garantia.

Capacidade de suporte regularizada (UA ha⁻¹ ano⁻¹): capacidade de suporte estimada a partir da demanda anual de biomassa. Também está associada a um nível de garantia.

Garantia (G): valor de probabilidade, conforme definido anteriormente e expresso em base percentual.

Aplicação do modelo

Para o melhor entendimento do Sistema de Balanceamento Forrageiro Garantido, será apresentado um exemplo de aplicação do modelo. No exemplo, será utilizada uma fazenda hipotética localizada no município de Quixadá, Ceará, Brasil, com 200ha de pastagens. A precipitação média do município de Quixadá é de 717,5 mm por ano (FUNDAÇÃO CEARENSE DE METEOROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS, 2018).

3.2.1. Cálculo da biomassa de forragem colhível média considerando o histórico de chuvas

Utilizando a precipitação histórica média para o município de Quixadá na equação gerada no Gráfico 1, estimou-se a BFT média para uma área de 1,0ha em Quixadá.

$$BFT = -324,5 + (3,9943 \times 717,5) - (0,0012 \times (717,5)^2) = 1.924\text{kg MS/ha}$$

Para calcularmos a BFT_{propriedade}, multiplica-se a BFT pela área de pastagem da propriedade:

$$BFT_{\text{propriedade}} = BFT \times \text{área de pastagem} = \left(\frac{1.924\text{kg MS}}{\text{ha}} \right) \times 200\text{ha} = 384.800\text{kg MS}$$

Para determinação da biomassa de forragem colhível (BFC) na propriedade, multiplica-se a $BFT_{\text{propriedade}}$ pela eficiência de uso da forragem (EUF).

$$BFC = BFT_{\text{propriedade}} \times EUF = 384.800\text{kg MS} \times \left(\frac{50}{100}\right) = 192.400\text{kg MS}$$

3.2.2. Cálculo da lotação possível de ser mantido na propriedade

Para calcular o tamanho do rebanho possível de ser mantido com a BFC produzida a partir da média de precipitação local, é necessário determinar o consumo de matéria seca ($CMS_{\text{vaca/ano}}$) por vaca durante o ano. Esse cálculo é obtido multiplicando-se o peso corporal (PC) pelo consumo de matéria seca em percentual do PC ($CMS_{\%PC}$) e pelo período de alimentação, em número de dias.

$$CMS_{\text{vaca/ano}} = PC \times CMS_{\%PC} \times \text{período} = 400\text{kg} \times \left(\frac{2}{100}\right) \times 365 \text{ dias} = \left(\frac{2.920\text{kg}}{\text{animal.ano}}\right)$$

Com a BFC e o $CMS_{\text{vaca/ano}}$, determina-se a lotação dividindo-se a BFC pelo $CMS_{\text{vaca/ano}}$.

$$\text{Lotação} = \left(\frac{BFC}{CMS_{\text{vaca/ano}}}\right) = \left(\frac{192.400 \text{ kg MS}}{2.920 \text{ kg MS/animal}}\right) = 66 \text{ animais}$$

Nessa situação, o produtor consegue manter 66 animais. No entanto, no tocante à manutenção da BFT no pasto durante o período seco, Araújo Filho (1980) verificou perda na BFT mantida no pasto em até 50% ao final da seca. Assim, o cálculo da lotação deve considerar a perda de forragem no campo durante o período seco para evitar o sobrepastejo. Essa perda deve ser considerada somente nos seis meses do período seco, portanto somente é descontada sobre a metade da BFC.

Nesse caso, a perda de 50% da metade da forragem é equivalente à perda de 25% do total de BFC.

$$BFC_{\text{corrigida}} = BFC - \left(BFC \times \frac{25}{100} \right) = 192.400 - \left(192.400 \times \frac{25}{100} \right) = 144.300 \text{ kg MS}$$

$$\text{Lotação} = \left(\frac{BFC_{\text{corrigida}}}{CMS_{\text{vaca/ano}}} \right) = \left(\frac{144.300 \text{ kg MS}}{2920 \text{ kg MS/animal}} \right) = 49 \text{ animais}$$

Assim, o produtor conseguirá manter, em média, 49 animais nessa propriedade sem causar sobrepastejo.

Entretanto, essa afirmativa só seria verdadeira em anos de precipitação igual ou acima da média, ocorrendo ainda uma perda de forragem nos anos em que a precipitação fosse acima da média. Daí a importância da conservação de forragem nos anos de excesso de BFT para ser utilizada nos anos de déficit.

Essa importância é ilustrada a seguir, na simulação de gerenciamento da produção de forragem naquela fazenda hipotética do município de Quixadá (no estado do Ceará, Brasil), mas supondo-a sob duas condições, uma que não conserva forragem (doravante denominada propriedade A) e outra que conserva forragem (doravante propriedade B).

Se analisarmos o ano de 2009 em Quixadá, a precipitação registrada foi de 1.073,4 mm, o suficiente para manter por todo ano o rebanho de 49 animais. Essa precipitação permite uma BFT, $BFT_{\text{propriedade}}$, BFC, $BFC_{\text{corrigida}}$ e lotação de:

$$BFT = -324,5 + (3,9943 \times 1073,4) - (0,0012 \times (1073,4)^2) \times x = 2.580 \text{ kg MS/ha}$$

$$BFT_{\text{propriedade}} = BFT \times \text{área de pastagem} = \left(\frac{2.580 \text{ kg MS}}{\text{ha}} \right) \times 200 \text{ ha} = 516.000 \text{ kg MS}$$

$$BFC = BFT_{\text{propriedade}} \times \text{EUF} = 516.000 \text{ kg MS} \times \left(\frac{50}{100} \right) = 258.000 \text{ kg MS}$$

$$BFC_{\text{corrigida}} = BFC - \left(BFC \times \frac{25}{100} \right) = 258.000 - \left(258.000 \times \frac{25}{100} \right) = 193.500 \text{ kg MS}$$

$$\text{Lotação} = \left(\frac{BFC_{\text{corrigida}}}{CMS_{\text{vaca/ano}}} \right) = \left(\frac{193.500 \text{ kg MS}}{2920 \text{ kg MS/animal}} \right) = 66 \text{ animais}$$

Nesse ano, os produtores de Quixadá com 200ha de pastagem conseguem manter os 49 animais do rebanho, havendo ainda forragem excedente no campo. Uma alternativa, mais arriscada, seria a aquisição de mais animais para a propriedade, determinando a BFT excedente ($BFC_{\text{excedente}}$) para manter esses animais. A $BFC_{\text{excedente}}$ pode ser obtida subtraindo-se da $BFC_{\text{produzida}}$ a $BFC_{\text{demandada}}$.

$$BFC_{\text{excedente}} = BFC_{\text{produzida}} - BFC_{\text{demandada}}$$

$$BFC_{\text{excedente}} = 199.500 \text{ kg MS} - 144.300 \text{ kg MS} = 49.200 \text{ kg MS}$$

$$\text{Lotação} = \left(\frac{BFC_{\text{excedente}}}{CMS_{\text{vaca/ano}}} \right) = \left(\frac{49.200 \text{ kg MS}}{2920 \text{ kg MS/animal}} \right) = 17 \text{ animais}$$

A $BFC_{\text{excedente}}$ de 49.200 kg MS é suficiente para alimentar 17 animais por todo o ano a pasto. Nessa condição, a propriedade A que não conserva forragem tende a perder essa biomassa no campo, podendo ser um aporte de biomassa morta na proteção do solo. Nesse ano de excedente, a propriedade A não sentirá a falta de práticas de conservação de forragem sobre a orçamentação forrageira da propriedade.

Por outro lado, a propriedade B que conserva forragem pode colher essa biomassa e armazenar na forma de silagem ou feno e vender para outros produtores para alimentarem seus rebanhos na seca. Pode ainda ser mais cautelosa e guardar essa forragem para anos de menor produção forrageira. Como a forragem a ser conservada (FC) não sofrerá pastejo, pode-se calcular a forragem disponível para conservação (FDC) a partir da

$BFT_{\text{propriedade}}$. Para isso, subtrai-se da $BFT_{\text{propriedade}}$ produzida nesse ano de excedente a $BFT_{\text{demandada}}$ para alimentar o rebanho de 49 animais por todo o ano.

$$FDC = BFT_{\text{propriedade}} - BFT_{\text{demandada}}$$

$$FDC = 516.000\text{kg MS} - 384.800\text{kg MS} = 131.200\text{kg MS}$$

Para obtenção da FC, considera-se uma eficiência de colheita (EC) de 70%.

$$FC = FDC \times EC = 131.200\text{kg MS} \times \left(\frac{70}{100}\right) = 91.840\text{kg MS}$$

Portanto, o produtor B conseguiu manter seus 49 animais nesse ano de precipitação acima da média e ainda conservou 91.840 kg MS.

Por outro lado, no ano de 2010 em Quixadá, a precipitação registrada foi de 572,9 mm. Essa precipitação permite uma $BFT_{\text{propriedade}}$, BFC , $BFC_{\text{corrigida}}$ e lotação de:

$$BFT = -324,5 + (3,9943 \times 572,9) - (0,0012 \times (572,9)^2) \times = 1.570\text{kg MS/ha}$$

$$BFT_{\text{propriedade}} = BFT \times \text{área de pastagem} = \left(\frac{1.570\text{kg MS}}{\text{ha}}\right) \times 200\text{ha} = 314.000\text{kg MS}$$

$$BFC = BFT_{\text{propriedade}} \times \text{EUF} = 314.000\text{kg MS} \times \left(\frac{50}{100}\right) = 157.000\text{kg MS}$$

$$BFC_{\text{corrigida}} = BFC - \left(BFC \times \frac{25}{100}\right) = 157.000 - \left(157.000 \times \frac{25}{100}\right) = 117.750\text{kg MS}$$

$$\text{Lotação} = \left(\frac{BFC_{\text{corrigida}}}{\text{CMS}_{\text{vaca/ano}}}\right) = \left(\frac{117.750 \text{ kg MS}}{2920 \text{ kg MS/animal}}\right) = 40 \text{ animais}$$

A precipitação nesse ano permitiu a produção de $BFC_{\text{corrigida}}$ de 117.750 kg MS, suficiente para manter 40 animais na propriedade a pasto. Nessa condição, o produtor A que, no ano anterior, não conser-

vou o excesso de forragem produzida precisará de suporte adicional de forragem para manter seu rebanho de 49 animais. Nesse cenário, os custos de produção impactarão de forma negativa no sistema devido às alternativas disponíveis para esse produtor nesse momento, que são suplementar o rebanho com concentrado ou volumoso externo, vender animais no momento em que o preço do animal vivo ou abatido está em baixa, ou tentar manter o rebanho na área causando superpastejo e direcionando a pastagem para um cenário de degradação.

Já a propriedade B que conservou o excedente de forragem no ano anterior (2009) tem disponíveis 91.840 kg MS armazenados. Considerando 15% de perdas com desabastecimento e sobras no cocho, essa propriedade consegue alimentar a mais:

$$\text{Lotação} = \text{FC} \times \left(\frac{15}{100} \right) \times \left(\frac{1}{\text{CMS}_{\text{vaca/ano}}} \right)$$

$$\text{Lotação} = 91.840\text{kg MS} \times \left(\frac{85}{100} \right) \times \left(\frac{1}{1920\text{kg MS}} \right) = 41 \text{ animais}$$

Portanto, o estoque de 91.840 kg MS na propriedade B conseguiu manter os 9 animais que a pastagem não sustentou em 2010 e ainda sobrou forragem para alimentar posteriormente 32 animais por um ano.

Por meio dessas simulações com dados reais de precipitação, fica clara a importância do estoque de forragem para o bom gerenciamento da orçamentação forrageira das fazendas no semiárido. O que o Sistema de balanceamento forrageiro garantido possibilita a mais é que a forragem armazenada forneça suporte alimentar para um rebanho estabilizado no longo prazo (por exemplo, 20 anos), com determinado nível de garantia (por exemplo, 95%). Sem esse nível de garantia, mesmo na propriedade B que estoca forragem, é bastante provável que falte alimento para o rebanho em anos sucessivos de seca, como foram 2012, 2013, 2014, 2015 e 2016 em Quixadá, onde a precipitação foi abaixo da média histórica do município (FUNDAÇÃO CEARENSE DE METEOROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS, 2018).

GARGALOS DA MODELAGEM DE ECOSISTEMAS PASTORIS

Por ter como objetivo modelar um sistema de orçamentação forrageira para o semiárido, o modelo simplificado aqui apresentado demandará inúmeras pesquisas que permitem a inserção de informações sobre fatores que podem influenciar as respostas das variáveis do modelo e, por consequência, a capacidade de suporte ajustada, como tipos de solo, tipos de vegetação, níveis de degradação da pastagem, presença de animais em pastejo, aproveitamento de diferentes estratos da pastagem natural ao longo do tempo, proporção de plantas forrageiras na biomassa total, tipos de manejo da vegetação, formas de conservação de forragem, vida útil da forragem conservada em função do método de conservação adotado, grau de mecanização da área de pastagem, uso do diferimento, inclusão de forrageiras adaptadas para o incremento da produção, além de fatores econômicos.

O bioma Caatinga é característico do semiárido brasileiro, entretanto, sua complexidade torna necessária a avaliação da produção de forragem em diferentes locais. Somente no estado do Ceará, são encontradas 11 unidades fitoecológicas diferentes além de 12 classes de solos distintas (INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO ESTADO DO CEARÁ, 2018) que podem proporcionar diferentes respostas para produção de biomassa em função da precipitação.

Técnicas de armazenamento de forragem, tais como fenação e ensilagem da pastagem natural, são estratégias imprescindíveis para a convivência com o risco na produção animal e também devem ser foco de pesquisas futuras. O diferimento de áreas de pastagens representa importante opção para anos de superávit (SANTOS; CAVALCANTE, 2010), bem como a utilização estratégica de áreas de várzea (conhecidas localmente como ‘vazantes’) que mantêm a produção e qualidade da forragem durante a maior parte do ano.

No semiárido brasileiro, o estrato herbáceo possui ampla variação em composição florística. Silva *et al.* (2004) verificaram 18 e 22 espécies diferentes em dois sítios ecológicos amostrados no estrato

herbáceo da Caatinga, compondo a biomassa de forragem desse estrato. Além da grande diversidade, o ciclo de vida efêmero de algumas espécies modifica a composição florística e fitossociológica ao longo do período chuvoso (LUNA *et al.*, 2015). Esses fatores dificultam sobremaneira a predição do processo fermentativo e a composição química da silagem proveniente dessa biomassa.

Na falta de estudos que avaliem o processo fermentativo das diferentes espécies que compõem o estrato herbáceo da Caatinga, a maior presença de dicotiledôneas herbáceas (incluindo leguminosas) foi apontada por Silva *et al.* (2004) como responsável pelo baixo teor de matéria seca, maior poder tampão, baixo teor de carboidratos solúveis e elevado pH dessas silagens quando comparadas a silagens confeccionadas com maior proporção de gramíneas. Assim, a composição florística pode ser um indicativo para escolha do tipo de conservação da forragem. Em áreas com maior presença de dicotiledôneas herbáceas, a escolha da fenação em detrimento da ensilagem pode ser vantajosa para qualidade final da forragem.

O uso de forrageiras cultivadas que sejam adaptadas a oscilações climáticas e precipitações erráticas do semiárido pode representar outro importante aporte de biomassa para as fazendas, permitindo elevar a biomassa de forragem ajustada e conseqüentemente a capacidade de suporte ajustada. Dentre as forrageiras, destacam-se o milheto, o capim-buffel e a palma forrageira. Essas espécies são estratégicas para o gerenciamento do sistema de balanceamento forrageiro garantido. O milheto, além de adaptado às condições semiáridas, pode ser utilizado para produção de silagem (PINHO *et al.*, 2013), sendo importante entrada de alimento no reservatório de forragem. O capim-buffel representa uma alternativa de cultura para diferimento (SANTOS *et al.*, 2005) e a palma forrageira para uso verde, picada no cocho, serve ainda de fonte de água para o rebanho (CÂNDIDO *et al.*, 2013).

Outro ponto de destaque é o nível de degradação das pastagens do semiárido que representa importante fonte de variação na predição da produção de biomassa. Nesse sentido, as propriedades podem ser agrupadas conforme suas características produtivas, o que, por sua vez,

proporcionará a adoção de uma taxa de lotação alvo, a ser calculada com base nas características de vegetação, clima e solo dessas propriedades. Isto propiciará um meio para quantificar excedentes de forragem em anos favoráveis, que poderá ser armazenado para uso em anos de escassez. Para esse protocolo se tornar viável, o produtor deverá seguir rigorosamente a meta de taxa de lotação e não alterar a mesma, colhendo a forragem necessária nos anos acima da média e armazenando para uso nos anos de escassez.

Com a utilização da taxa de lotação racionalmente ajustada, a condição da vegetação melhorará ao longo do tempo, reduzindo a degradação das pastagens, a perda de solo em decorrência de erosões hídricas e eólicas e incrementará a quantidade e qualidade da água armazenada no solo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização da modelagem na orçamentação forrageira, associada ao conceito de garantia, mostra-se útil para estimar a biomassa de forragem anual ajustada, mesmo em regiões com alta variabilidade na precipitação, como no semiárido.

Num sentido amplo, essa abordagem propicia uma avaliação integrada entre tamanho da propriedade e potencial de produção de forragem, a fim de maximizar a viabilidade econômica e a sustentabilidade ecológica de pequenos, médios e grandes produtores, podendo ainda auxiliar no desenvolvimento de políticas públicas para estimular as técnicas de conservação de forragem e adoção de taxas de lotação adequadas.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO FILHO, J. A. Manejo de pastagens nativas anuais no sertão cearense. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MANEJO DE PASTAGEM NATIVA DO TRÓPICO SEMIÁRIDO, 1980, Fortaleza. *Anais* [...]. Fortaleza: SBZ, 1980. p. 45-56.

CAMPOS, J. N. *Dimensionamento de reservatórios*. Fortaleza: UFC, 1996.

CÂNDIDO, M. J. D. *et al.* Cultivo de palma forrageira para mitigar a escassez de forragem em regiões semiáridas. Informe Rural Etene, v. 7, n. 3, 2013.

CAVALCANTE, A. C. R. *et al.* Relationship between rainfall and annual forage biomass to build a forage - balance guarantee system in Brazilian semiarid. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 23., 2015, Delhi NCR. *Proceedings* [...]. Jhansi: Range Management Society of India, 2015.

FUNDAÇÃO CEARENSE DE METEOROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS. Disponível em: <http://www.funceme.br>. Acesso em: 30 out. 2018.

INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO ESTADO DO CEARÁ. IPECE. *Ceará em Mapas*. 2018. Disponível em: <http://www2.ipece.ce.gov.br/atlas/capitulo1/12.htm>. Acesso em: 29 out. 2018.

LONGO, A. J.; SAMPAIO, S. C.; QUEIROZ M. M. F.; SUSZEK, M. Uso das distribuições gama e log-normal na estimativa de precipitação provável quinzenal. *Revista Varia Scientia*, v. 6, n. 11, p. 107-118, ago. 2006.

LUNA, A. A. *et al.* Levantamento florístico e fitossociológico em área de Caatinga manipulada durante o período chuvoso. *Revista Científica de Produção Animal*, Paraíba, v. 17, n. 1, p. 41-49, 2015.

LUKOMSKA, N.; QUAAS, M. F.; BAUMGÄRTNER, S. Bush encroachment control and risk management in semi-arid rangelands. 2010. Disponível em: https://www.leuphana.de/fileadmin/user_upload/Forschungseinrichtungen/ifvwl/WorkingPapers/wp_191_Upload.pdf. Acesso em: 27 out. 2018.

PINHO, R. M. A. *et al.* Avaliação de genótipos de milho para silagem no semiárido. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, v. 14, n. 3, p. 426-436, 2013.

RODRIGUES, J. A.; SANTOS FILHO, J.; CHAVES, L. M. Funções densidade de probabilidade para a estimativa de precipitação mensal. *Semina: Ciências Exatas e Tecnológicas*, Londrina, v. 34, n. 1, p. 3-8, jan./jul. 2013.

SAMPAIO, S. C. *et al.* Estimativa e distribuição da precipitação mensal provável no Estado do Paraná. *Acta Sci. Human. Soc. Sci.*, Maringá, v. 28, n. 2, p. 267-272, 2006.

SANTOS, G. R. A. *et al.* Caracterização do pasto de capim-buffel diferido e da dieta de bovinos, durante o período seco no sertão de Pernambuco. *Revista Brasileira de Zootecnia* [online], v. 34, n. 2, p. 454-463, 2005.

SANTOS, P. M.; CAVALCANTE, A. C. R. Diferimento do uso de pastagens. In: REIS, R. A.; BERNARDES, T. F.; SIQUEIRA, G. R. (ed.). *Forragicultura: ciência, tecnologia e gestão dos recursos forrageiros*. São Paulo: Funep, 2010. p. 497-509.

SILVA, M. M. C. *et al.* Avaliação do padrão de fermentação de silagens elaboradas com espécies forrageiras do estrato herbáceo da caatinga nordestina. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa/MG, v. 33, n. 1, p. 87-96, 2004.

SILVA, R. G. *et al.* Orçamentação forrageira de longo prazo no semiárido. *Revista Científica de Produção Animal*, Paraíba, v. 15, n. 2, p. 98-110, 2013.

TIESZEN, L. L.; DETLING, J. K. *Productivity of grassland and tundra*. Berlin: Springer-Verlag, 1983. v. 12, p. 173-203.

YANG, D. W.; NADARAJAH, S. Drought modeling and

products of random variables with exponential kernel. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, New York, v. 21, n. 2, p. 123-129, Dec. 2006.

UTILIZAÇÃO DA MODELAGEM ESTOCÁSTICA EM ECOSISTEMAS PASTORIS SEMIÁRIDOS

Rodrigo Gregório da Silva¹
Samuel Rocha Maranhão²

RESUMO

O ambiente semiárido é, em essência, desafiador, pois impõe condições de estresse recorrente, mediando a evolução dos organismos que nele permanecem. Tais desafios podem variar em intensidade, no espaço e no tempo, transformando as respostas em expectativas. Os sistemas pastoris, explorados nesse ambiente, contribuem no sentido de maior estabilização da condição de produção e geração de renda. Todavia, ainda apresentam relação com a variação climática. O crescimento vegetal e, por consequência, a produção animal são comandados por variáveis aleatórias. Sejam elas naturais ou econômicas, há sempre a incerteza como pano de fundo dos sistemas pastoris do semiárido. Nesse sentido, buscar compreender o funcionamento dos sistemas, as relações de suas partes e do caráter de ocorrência destas, torna-se básico. Para tanto, os conceitos de modelagem e simulação aplicados a sistemas naturais podem contribuir significativamente no processo de planejamento e gestão de sistemas pastoris no semiárido. Essas ferramentas, capazes de traduzir matematicamente os comportamentos dos mais variados componentes dos sistemas, sobretudo dos componentes

¹ Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia – IFCE, Campus Limoeiro do Norte (rodrigogregorio@hotmail.com).

² Doutorando em Zootecnia pela Universidade Federal do Ceará (PDIZ) - UFC/ UFPB/UFRPE (samuel_zootec@hotmail.com).

associados à incerteza de sua ocorrência, podem minimizar o insucesso das atividades conduzidas no ambiente semiárido. Assim, as ferramentas de modelagem estocástica apresentam-se como potencialmente passíveis de uso no processo de planejamento dos sistemas pastoris, sob condição de incerteza, levando-os à condição de risco, cujos resultados podem ser probabilisticamente calculados.

Palavras-chave: Regiões secas. Riscos. Sistemas pastoris.

INTRODUÇÃO

A atividade agropecuária é reconhecidamente uma das mais incertas quanto aos seus resultados. Tal comportamento deriva da condição de ser um sistema aberto, em sua grande maioria, sujeita às variações climáticas, por exemplo.

Seja a atividade de produção vegetal (produção primária), direcionada diretamente ou não para o consumo humano, ou da produção animal (produção secundária), há relação direta das condições naturais e o desempenho desses sistemas.

Dessa forma, os sistemas de produção agrícolas, exceção dos conduzidos em ambientes fechados, têm em sua base a condição de incerteza. Tal condição vem norteando o uso de várias tecnologias, que passam de condições relacionadas diretamente ao aspecto produtivo (armazenamento, por exemplo) às questões econômicas (seguro, por exemplo).

Nesse sentido, primeiramente entendendo esse ambiente incerto em que se dá a produção agrícola, sobretudo na condição de semiárido, há de se buscar a sua incorporação no modo de pensar tais sistemas e de utilizar tais conceitos no planejamento e gestão desses negócios.

Ao entender o funcionamento dos eventos naturais, mesmo não havendo ainda, em muitos casos, a possibilidade de sua previsão, poderemos sair da condição de incerteza (pouco ou nenhum conhecimento), adentrando num modelo de planejamento e gestão das atividades baseadas em níveis de risco (com chances de ser matematicamente identificado).

Deixamos a condição de imprevisibilidade total, passando para situações de ocorrência dos eventos, agora esperados.

O SEMIÁRIDO E A CONDIÇÃO DE VARIAÇÃO NATURAL

A condição de semiárido tem como base o desbalanço entre precipitação e evapotranspiração (KURC; SMALL, 2004), estando a primeira em níveis quase sempre inferiores, impondo aos organismos que habitam tais ambientes o desafio crônico do estresse por déficit hídrico.

A constante falta de água frente à demanda atmosférica nesses ambientes traz grandes desafios, como há muito já conhecido dos produtores rurais. Todavia, mais significativo do que o desbalanço citado, na manutenção regular das fazendas, tem-se a variação da intensidade desse quadro ao longo do tempo.

Mesmo que se observe historicamente a exposição dessa condição como característica marcante das regiões semiáridas, não há, junto às unidades de produção localizadas nesses ambientes, a incorporação dessa característica a seus planejamentos.

A variabilidade é a característica marcante da condição de semiárido, ocorrendo no tempo e no espaço. As variações mais marcantes relacionadas ao desenvolvimento vegetal se dão nos componentes solo e precipitação pluviométrica, que determinam, entre outros aspectos, a água disponível para as plantas, animais e agrupamentos humanos.

Tal variação define a base dos sistemas locais: imprevisibilidade de resultados.

Aqui far-se-á uma ressalva no sentido da variação da precipitação pluviométrica, que tem sido sempre associada negativamente. Há que se ter em mente que, dado o desbalanço dela com a evapotranspiração, cria-se a possibilidade de acúmulo de água nos barramentos, naturais ou artificiais. Isto é possível pelo resultado dessa variação, tendo em vista a ocorrência de momentos com excesso de água (precipitação > evapotranspiração).

Não há sustentabilidade econômica nessas regiões sem resolução dessa relação. Não há viabilidade de implantação de modelo de

civilização com ganhos crescentes nos aspectos econômicos, ambientais e sociais, com a constante oscilação, condição essa que recorrentemente desestrutura os modelos produtivos locais, que vem historicamente apresentando relação com as condições climáticas (SULIANO; MAGALHÃES; SOARES, 2009; CAVALCANTE *et al.*, 2016).

A característica mais comum de oscilação das condições do semiárido, observada facilmente pela população, tem sido a precipitação pluviométrica, relatada com ênfase nos eventos: secas e cheias. As secas, condição natural do semiárido, vêm desafiando os organismos vivos e os sistemas econômicos. Tem sido praticamente a força de “seleção natural” destes, muitas vezes, chegando aos níveis de corte insuportáveis pelos organismos vivos e sistemas de produção, forçando os sobreviventes a adaptar-se ou migrarem.

Assim, observa-se que o desempenho da região semiárida tem associação direta com a oferta de água. É esta, naturalmente, tem relação com a precipitação pluviométrica. Todavia, o acesso à água, direta ou indiretamente, é cada vez mais ampliado pelos conhecimentos tecnológicos. De forma que o conhecimento sobre a gestão da água é que vem determinando o sucesso.

Corroborando negativamente essa situação, tem-se que a variabilidade da precipitação pluviométrica ocorre mais intensamente quanto mais se adentra o semiárido, no sentido contrário da precipitação pluviométrica. Ou seja, quanto menor a precipitação pluviométrica, maior a variabilidade de ocorrência desta (SILVA *et al.*, 2011).

Ao final, lembrando que a unidade básica de produção é onde se dão as aplicações dos conhecimentos desenvolvidos, disponibilizados na forma de tecnologias, observa-se que a precipitação pluviométrica, que representa o fator mais relevante do crescimento vegetal, nas condições de semiárido, apresenta caráter aleatório (LIU; GARAGORRY; LIU, 1978; PORTO; SILVA, 1982).

Então, como pensar um modelo de produção pastoril localizado no ecossistema semiárido, onde o fator determinante do crescimento vegetal tem caráter aleatório?

SIMULAÇÃO COMO FERRAMENTA DE APOIO À DECISÃO

Ao entender o ambiente, notadamente das questões relacionadas ao crescimento vegetal, ter-se-ão os conhecimentos básicos relacionados ao sucesso da atividade, haja vista que a produção animal (produção secundária) deriva daquela produção primária. Porém, o desenvolvimento do entendimento dos sistemas necessita de apoio, sobretudo de ferramentas capazes de traduzir, de forma simples, o complexo funcionamento de um sistema natural.

A capacidade humana, no que se refere aos efeitos em cadeia, de uma dada tomada de decisão, apresenta limitação. A ampliação das relações, na medida em que evoluem os níveis dos sistemas, desencadeia respostas “imprevisíveis”. Tais respostas, positivas e/ou negativas, determinam o comportamento do sistema, levando-o a níveis de funcionamento ainda passível de equilíbrio ou, dependendo da intensidade de interferência, levando-o ao colapso.

A ciência da modelagem/simulação busca, ao longo da história, dotar o ser humano de conhecimentos que favoreçam a compreensão do todo, do funcionamento de um dado sistema, via simplificação deste, em uma estrutura convencionada de modelo. Este, sempre buscando a simplificação do todo, como base de sua constituição, tornando-o ferramenta capaz de traduzir o funcionamento do modelo real (DOURADO NETO *et al.*, 1998). Assim, conforme descrito por Barioni, Veloso e Martha Júnior (2002), a modelagem contribui na tomada de decisão dos gestores, no levantamento das deficiências do conhecimento atual, no direcionamento dos esforços de pesquisa, no sentido do que se deve buscar de conhecimento para entendimento do sistema.

Os modelos podem ser agrupados em duas classes: de simulação e matemáticos. Os modelos matemáticos (representações matemáticas do fenômeno) são agrupados em três classes: 1) modelos mecanísticos, baseados nas relações biológicas, físicas e químicas das partes, buscando descrever quantitativamente suas relações e suas respostas; 2) modelos empíricos, de caráter descritivo, associados normalmente às condições nas quais foram gerados, descredenciando-os ao uso em situações

diferentes das que o originaram; 3) modelos estocásticos, que diferem dos antecessores por apresentarem, em sua constituição, variáveis/processos que são definidos/regidos pelas leis da probabilidade.

Os modelos de simulação, compostos por modelos matemáticos, são mais complexos, ao mesmo tempo em que podem contribuir para o melhor entendimento de sistemas. São agrupados em duas classes: estocásticos e determinísticos. Os modelos determinísticos são constituídos de processos que têm como resultado um alvo definido, não variável. Em contraponto, os modelos estocásticos possuem em sua constituição elementos associados à condição de incerteza (CURSI; SAMPAIO, 2012).

Ainda em associação, observa-se o caráter dinâmico dos sistemas, ao longo do tempo. Ou seja, a ocorrência do evento pode ter caráter incerto e variar no tempo. Assim, ter-se-iam modelos de simulação de base estocástica e dinâmicos, pois, como mencionado anteriormente sobre a precipitação pluviométrica, esta varia no espaço e no tempo, em caráter aleatório.

Dessa forma, observa-se a necessidade de compreensão do todo, conhecendo as partes e suas relações, compreendendo um conjunto complexo de conhecimentos, de caráter dinâmico. Passando a entender a produção em sistemas pastoris como uma estrutura de funcionamento similar a um organismo. Tais conceitos, estabelecidos ainda no início do século passado (VON BERTALANFFY, 1934), trouxeram luz ao entendimento dos sistemas, contribuindo na evolução das relações puramente causa-efeito.

Em seguida, após a exploração no campo filosófico da Teoria Geral dos Sistemas (VON BERTALANFFY, 1934), houve, no processo evolutivo do conhecimento, o desenvolvimento da teoria da Dinâmica de Sistema, exposta inicialmente como Dinâmica Industrial (FORRESTER, 1961). Esta se constituindo no ferramental básico para as simulações dos sistemas, contribuindo no entendimento destes e no desenvolvimento de cenários, que passam a servir de base à tomada de decisão.

Para tanto, torna-se essencial o entendimento dos conceitos fundamentados na Teoria geral dos sistemas (VON BERTALANFFY,

1986), bem como nas ferramentas disponibilizadas por intermédio da Dinâmica de sistemas. Com isso, entendendo o funcionamento de sistemas, tendo em sua base o caráter estocástico, passa-se à condição ferramental para implementação de ferramenta de modelagem capaz de contribuir no planejamento de sistemas pastoris no semiárido.

MÉTODO DE MONTE CARLO

O método de Monte Carlo possibilita a análise matemática de eventos de caráter aleatório (METROPOLIS; ULAM, 1949), ou simulação do comportamento de sistemas que dele derivem, na condição teórica. É um método de análise numérica de base estocástica. O método executa simulações, de base estatística, via computação, evoluindo com o grande desenvolvimento tecnológico. Dessa evolução, observou-se o surgimento das condições necessárias para seu aprimoramento, notadamente via a possibilidade de geração de número elevado de simulações.

Contrariamente ao modelo convencional, em que se utilizam sistemas de equações (por exemplo, equações diferenciais) para descrever eventos, o método Monte Carlo torna possível simular diretamente tais eventos. Esse método tem tido grande expansão em seu uso, nas mais diversas áreas, especialmente nas análises de projetos, cujo risco faz parte de sua condição natural.

O seu uso tem-se dado graças a sua versatilidade e, até certo ponto, facilidade de operação. Basicamente, o método Monte Carlo é composto de três etapas: 1) levantamento de histórico da variável; 2) realização do teste de aderência; 3) construção, via simulação, das séries sintéticas (WILKS, 1999).

Como o uso desse método trata da simulação direta do evento, há como necessidade primária a disponibilidade de seu histórico. Esse grupo de informações, posteriormente testado no sentido da tentativa de identificação de seu comportamento, representa o início do modelo. Esse histórico, se for representativo da variável e se esta mantiver seu comportamento, dará base ao modelo. Como recomendação geral, há o uso de séries históricas de pelo menos 30 valores. Lembrando que,

quanto menor esse número, maiores serão os riscos de não representatividade amostral.

De posse do histórico, passa-se à segunda etapa do Monte Carlo, que é o teste em que se busca identificar o padrão de ocorrência da variável, por intermédio de ajustes a um dado modelo teórico de distribuição de probabilidade. Essa etapa consiste em confrontar o histórico de dados com funções teóricas de densidades de probabilidades.

A busca pela identificação da função densidade de probabilidade que melhor descreve o comportamento da variável analisada torna possível, mediante a modelagem proposta, analisar, entender e planejar os sistemas compostos totalmente ou em parte por variáveis aleatórias. Esse entendimento não torna o comportamento da variável determinável estaticamente. Possibilita sua previsibilidade, associada a níveis de probabilidade.

Nessa etapa, em que se realiza o teste de aderência, ou seja, o grau de ajuste dos dados históricos aos modelos teóricos (funções densidade de probabilidade), podem ser utilizados diferentes testes estatísticos. Os mais comumente utilizados têm sido o *qui-quadrado* e *Kolmogorov-Smirnov*.

Ao final, como terceiro passo do Monte Carlo, tem-se a fase de simulação. Essa etapa, também conhecida como geração de séries sintéticas, consiste no momento em que há simulação das variáveis aleatórias do modelo, seguindo o comportamento (funções densidade de probabilidade escolhidas) dessas variáveis, determinado na etapa anterior.

A simulação das séries sintéticas tem como princípio a expectativa da redução do erro com o aumento do número de simulações da variável. A equação 1 descreve esse comportamento, onde o ε representa o erro para a estimativa, σ é o desvio padrão da variável aleatória, e o N é o número de interações. Nesse sentido, observa-se que, quanto maior o N , menor será a expectativa de erro, conduzindo o resultado das simulações no sentido da maior representatividade do evento.

$$\varepsilon = \frac{3 \cdot \sigma}{\sqrt{N}}$$

Observa-se que os modelos de simulação de sistemas apresentam normalmente vários componentes com caráter aleatório. Estes, naturalmente, apresentam comportamentos distintos, ou seja, independentes. Todavia, observando o Teorema do Limite Central, há, para a função de distribuição acumulada, resultante do somatório das variáveis aleatórias constituintes do modelo, comportamento no sentido da distribuição normal. Ou seja, o resultado final do modelo, representativo de um sistema complexo, composto por um número grande de variáveis aleatórias, tende à normalidade. Dessa teoria, justifica-se a observação recorrente do padrão normal de distribuição de muitos eventos naturais (LARSON; FARBER, 2010).

MODELO DE UTILIZAÇÃO EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE RUMINANTES

Nessa última etapa, busca-se demonstrar o uso da simulação de base estocástica, de um modelo simplificado e hipotético, para o município de Quixeramobim, no estado do Ceará. Para isso, devemos inicialmente definir o objetivo do modelo, sua região de contorno e as variáveis que o compõem.

O objetivo poderá ser definido partindo-se de uma demanda prática/aplicada ou de caráter exploratório, quando da busca do entendimento de seu funcionamento, frente a uma dada realidade. Nesse exemplo, partiremos da necessidade de se saber a frequência de déficits de alimento volumoso possíveis, para uma fazenda de 100ha, explorada com base exclusiva em pastagens naturais. O rebanho de interesse equivale a 20UA, com consumo de MS equivalente a 3,0% do peso corporal, mantido totalmente a pasto. A eficiência de utilização das pastagens é de 50%.

Em levantamento de literatura, foi identificada relação da produção de biomassa de forragem total (BFT) de pastos naturais do semiárido brasileiro com a precipitação pluviométrica total (janeiro a junho). Eis a relação (Equação 1) expressa em uma equação de regressão do tipo quadrática:

Eq. 1:

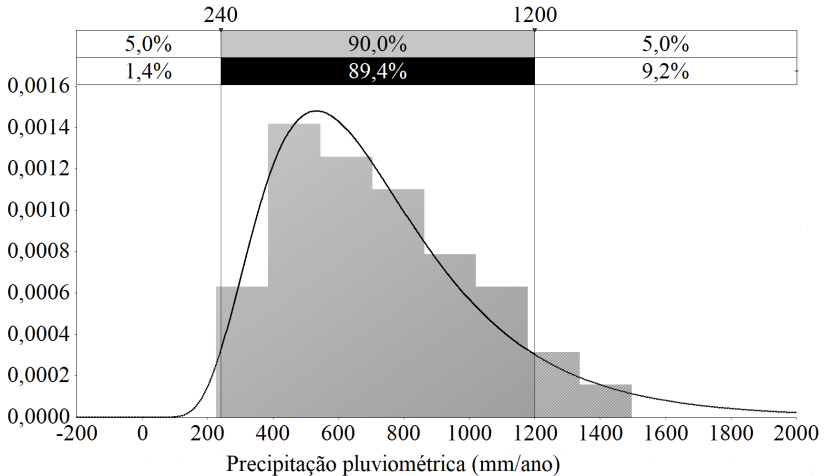
$$BFT = -5,880,7 + 25,338 * precipitação - 0,0133 * precipitação^2$$

Onde BFT é dada em kg de MS ha⁻¹ ano⁻¹, e a precipitação pluviométrica é dada em mm ano⁻¹.

A precipitação pluviométrica é o componente aleatório desse modelo. Constitui a variável probabilística, de caráter aleatório, oriunda de medição direta, disponibilizada pela Fundação Cearense de Meteorologia, em seu banco digital da rede de pluviômetros. O histórico utilizado refere-se ao município de Quixeramobim, dos anos de 1974 a 2013, constituindo uma série histórica de 40 anos.

Aplicando-se o método de Monte Carlo, inicialmente foi realizado o teste de aderência (teste estatístico utilizado: *qui-quadrado*), objetivando identificar qual função densidade de probabilidade melhor representa o padrão da precipitação para a cidade de Quixeramobim-CE (Gráfico 1).

Gráfico 1 – Função densidade de probabilidade, do tipo log-normal, associada à precipitação pluviométrica (mm ano-1) para o município de Quixeramobim-CE

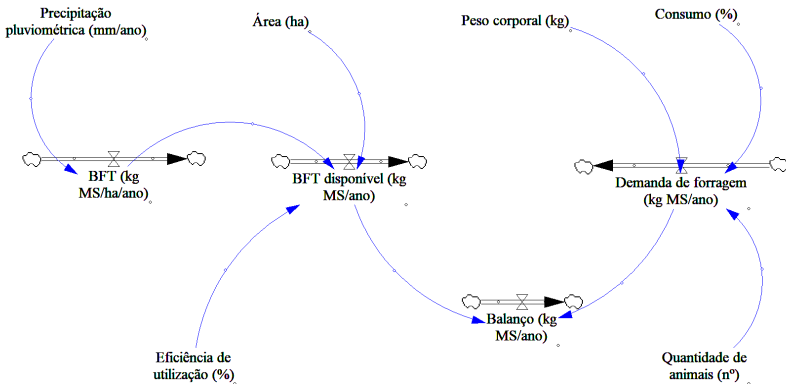


Fonte: elaborado pelos autores, adaptado de Funceme (2018).

A precipitação pluviométrica do município de Quixeramobim apresentou ajuste ao modelo log-normal, com média de 727 mm ano⁻¹ e desvio padrão de 350. De posse das informações disponibilizadas no Gráfico 1, podemos identificar alguns aspectos fundamentais no entendimento do comportamento da variável precipitação pluviométrica. O primeiro é o intervalo de confiança, que corresponde ao intervalo de ocorrência da variável, com 90% de probabilidade (nível escolhido), definindo os valores máximo (1200mm) e mínimo (240mm) esperados. Ou seja, já há uma faixa esperada de ocorrência da variável, associada a um nível de probabilidade.

Na sequência, há que se montar o modelo (Figura 1), definindo seus componentes, sua região de contorno (limites do modelo) e suas relações matemáticas. Para isso, usou-se o *software* Vensim® PLE, versão educacional. Essa plataforma de modelagem possibilita, de forma amigável, a construção de modelos de simulação, dinâmicos, capazes de contribuir no planejamento de sistemas pastoris.

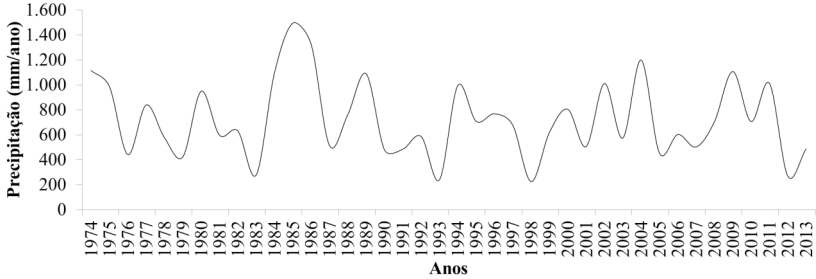
Figura 1 – Modelo simplificado de um sistema pastoril, para as condições de semiárido, de base estocástica e dinâmica, tendo o balanço demanda/oferta de biomassa de forragem como variável de saída e a precipitação pluviométrica como variável estocástica



Fonte: elaborada pelos autores, adaptado de Funceme (2018).

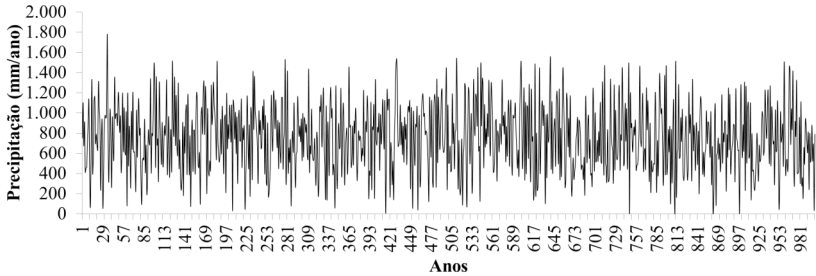
Na etapa seguinte, já de posse do modelo, foram incluídas as relações matemáticas, com a precipitação pluviométrica, constituindo-se o componente estocástico. O histórico da precipitação é apresentado no Gráfico 2, e a série sintética é apresentada na Gráfico 3.

Gráfico 2 – Histórico da precipitação pluviométrica anual (mm/ano), do município de Quixeramobim-CE, para os anos de 1974 a 2013, compondo 40 anos de dados



Fonte: elaborado pelos autores, adaptado de Funceme (2018).

Gráfico 3 – Série sintética da precipitação pluviométrica (mm/ano) do município de Quixeramobim-CE, como resultado do processo de simulação, seguindo o método de Monte Carlo, para um horizonte de 1.000 possibilidades



Fonte: elaborado pelos autores.

Os dados do modelo e suas relações matemáticas são descritas em seguida:

$$(01) \quad \text{“Área”} = 100$$

Units: ha

$$(02) \quad \text{“Balanço”} =$$

“BFT disponível (kg MS/ano)” - “Demanda de forragem (kg MS/ano)”

Units: kg MS/ano

$$(03) \quad \text{“BFT”} =$$

IF THEN ELSE (-5880.7 + (25.338*”Precipitação pluviométrica (mm/ano)” - (0.0133*(“Precipitação pluviométrica (mm/ano)”^2)) > 0, -5880.7 + (25.338*”Precipitação pluviométrica (mm/ano)” - (0.0133*(“Precipitação pluviométrica (mm/ano)”^2)), 0)

Units: kg MS/ha/ano

$$(04) \quad \text{“BFT disponível”} =$$

(“BFT (kg MS/ha/ano)”*”Área (ha)”*(“Eficiência de utilização (%)”/100)

Units: kg MS/ano

$$(05) \quad \text{“Consumo”} = 3$$

Units: Percentual

$$(06) \quad \text{“Demanda de forragem”} =$$

((“Peso corporal (kg)”*(“Consumo (%)”/100))*”Quantidade de animais (nº)”)*365

Units: kg MS/ano

$$(07) \quad \text{“Eficiência de utilização”} = 50$$

Units: Percentual

(08) FINAL TIME = 30

Units: Year

Tempo final para simulação

(09) INITIAL TIME = 0

Units: Year

Tempo inicial para simulação

(10) “Peso corporal” = 450

Units: kg

(11) “Precipitação pluviométrica” =

RANDOM NORMAL (0, 1800 , 726.97 , 349.85 , 1)

Units: mm/ano

(12) “Quantidade de animais” = 20

Units: Animais

(13) “SAVEPER” = TIME STEP

Units: Year

A frequência com que a saída é armazenada

(14) TIME STEP = 1

Units: Year

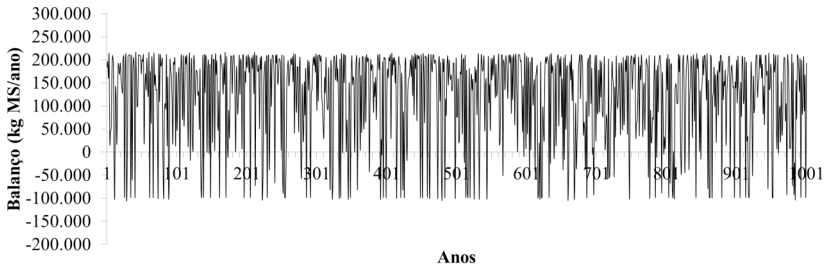
O lapso de tempo para a simulação.

O Vensim apresenta como uma de suas vantagens a disponibilidade de um banco de funções, que, em conjunto, tornam ainda mais robustas as simulações. Na sequência, já utilizando o modelo, avaliou-se o comportamento da variável de saída: balanço. Esta, definida como resultado da relação da BFT disponível (kg de MS ano⁻¹) - Demanda de forragem (kg MS ano⁻¹).

O balanço (Gráfico 4) representa a relação da forragem produzida na pastagem frente à demanda do rebanho presente na área. Nesse sentido, o uso da modelagem estocástica, considerando as condições de Quixeramobim-CE, tornou possível a observação do equilíbrio/desequilíbrio na oferta/demanda de alimentos, sob a condição de variação natural.

Tal ferramenta corrobora no sentido do aprimoramento do processo de planejamento e gestão da criação de animais no ambiente semiárido. Tendo em vista a grande oscilação natural observada (Gráficos 2 e 3), neste exemplo, mediante a variação da precipitação pluviométrica apresentada.

Gráfico 4 – Série sintética do balanço (kg MS/ano) resultante da relação oferta de forragem – demanda de forragem, simulada no Vensim®, para as condições do município de Quixeramobim-CE, seguindo o método de Monte Carlo, para um horizonte de 1.000 possibilidades



Fonte: elaborado pelos autores.

O uso das simulações também possibilita, além do entendimento do comportamento do sistema, a estimativa do comportamento de seus componentes. Tais estimativas, tendo como base a variabilidade dos resultados, são apresentadas em classes de probabilidade. Aqui, talvez, resida a grande diferença dos modelos determinísticos para os estocásticos. Nos primeiros, após o abastecimento do modelo com as variáveis de entrada, há como resultado um valor associado à variável de saída. Todavia, quando se trata de um modelo estocástico, há no final possi-

bilidades variadas, dependentes da variação de seus componentes, cuja incerteza se associa.

Normalmente, nesse modelo de balanço oferta/demanda, estimam-se três condições: probabilidade de o evento apresentar valor menor do que 0,0; probabilidade de o evento ser maior do que 0,0; e probabilidade de o evento se igualar a 0,0. Nessa simulação, foi observado que há 14,8% de probabilidade de haver desbalanço oferta/demanda de alimento para o rebanho proposto.

De posse dessa informação, que traduz o risco de déficit de alimento para o rebanho, há, por parte dos gestores, condições de realizar planejamento objetivando a instalação de mecanismos de ajuste na oferta de alimentos, frente ao risco determinado. Lembra-se ainda que há a possibilidade de inclusão do comportamento de todas as variáveis do modelo que tenham condição variável. Com isso, ter-se-iam resultados mais complexos, condição mais próxima da realidade, onde há variação de inúmeros fatores do sistema.

Sáímos da condição de incerteza, entramos no ambiente de risco!

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As ferramentas de simulação de base estocástica podem auxiliar na tomada de decisão nas fases de planejamento e acompanhamento de sistemas de produção em ambientes pastoris do semiárido, haja vista serem estes compostos por inúmeras variáveis, sob condição de incerteza, levando-os no sentido da gestão sob condição de risco. Não se eliminando a condição de variação, passando sim a entendê-la e incorporá-la ao planejamento desses sistemas.

REFERÊNCIAS

BARIONI, L. G.; VELOSO, R. F.; MARTHA JÚNIOR, G. B. Modelos matemáticos aplicados a sistemas de produção animal em pastagens. *In*: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO

DA PASTAGEM, 2002, Viçosa. *Anais* [...]. Viçosa: UFV, Departamento de Zootecnia, 2002. p. 235-278.

DOURADO NETO, D. *et al.* Principles of crop modeling and simulation: I. uses of mathematical models in agricultural science. *Scientia Agricola*, Piracicaba, v. 55, n. esp., 1998.

CAVALCANTE, A. L. *Indicadores Econômicos do Ceará 2016*. Fortaleza: IPECE, 2016. 122 p.

CURSI, J. E. S.; SAMPAIO, R. *Modelagem estocástica e quantificação de incertezas*. São Carlos/SP: SBMAC, 2012. 344 p. (Notas em Matemática Aplicada, v. 66).

FORRESTER, J. W. *Industrial dynamics*. Waltham/MA: Pegasus Communications, 1961.

FUNDAÇÃO CEARENSE DE METEOROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS. Disponível em: <http://www.funceme.br>. Acesso em: 30 out. 2018.

KURC, S. A.; SMALL, E. E. Dynamics of evapotranspiration in semiarid grassland and shrubland ecosystems during the summer monsoon season, central New Mexico. *Water Resources Research*, v. 40, n. 9, 2004.

LARSON, R.; FARBER, B. *Estatística aplicada*. 4. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2010.

LIU, W. T. H.; GARAGORRY, F. L.; LIU, B. W. H. *Analysis of agricultural risk based on the information of climate, soil and crop conditions*. Petrolina/PE: Embrapa/CPATSA, 1978. 12 p.

METROPOLIS, N.; ULAM, S. The Monte Carlo method. *Journal of the American Statistical Association*, v. 44, n. 247, 1949.

PORTO, E. R.; SILVA, A. S. *Manejo de solo e água para o trópico semi-árido*: alternativas técnicas e transferência de tecnologia. Petrolina/PE: Embrapa/CPATSA, 1982. 28 p.

SILVA, V. P. R. *et al.* Análise da pluviometria e dias chuvosos na região Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 15, n. 2, Feb. 2011.

SULIANO, D. C.; MAGALHÃES, K. A.; SOARES, R. B. *A influência do clima no desempenho da economia cearense*. Fortaleza: Ipece, 2009. 22 p. (Texto para discussão, n. 56). Disponível em: https://www.ipece.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/45/2014/02/TD_56.pdf. Acesso em: 27 out. 2018.

VON BERTALANFFY, L. *Teoría general de Sistemas*. México: Fondo de Cultura Económica, 1986.

VONBERTALANFFY, L. Untersuchungen über die Gesetzmäßigkeit des Wachstums. *Wilhelm Roux'Archiv für Entwicklungsmechanik der Organismen*, v. 131, n. 4, 1934.

WILKS, D. S. Simultaneous stochastic simulation of daily precipitation, temperature and solar radiation at multiple sites in complex terrain. *Agricultural and Forest Meteorology*, v. 96, n. 1-3, 1999.

SISTEMA DE ALERTA PRECOCE PARA REGIÕES COM VULNERABILIDADE CLIMÁTICA

Ana Clara Rodrigues Cavalcante¹
Leonardo Fiusa de Moraes²

RESUMO

A pecuária é a atividade de menor risco para ser executada como fonte de emprego e renda para as populações rurais em regiões áridas e semiáridas do mundo. As mudanças climáticas que se têm acentuado nos últimos anos têm aumentado o risco dessa atividade em todo o mundo tropical. Uma série de tecnologias está disponível em portfolios de universidades, de centros de pesquisa e de organizações não governamentais. As informações, no entanto, são geralmente pontuais e isoladas com baixo potencial de impacto e pouca capacidade de *scallingup*, tornando questionável a atividade pecuária, de fato, viável no ambiente semiárido. Além disso, o modo de acesso à informação ainda é um grande entrave para o uso de algumas tecnologias. O objetivo da palestra é apresentar exemplos de sistema de alerta precoce para rebanhos em ambiente semiárido como instrumento para promoção da inovação em sistemas pecuários. Os sistemas de alerta precoce têm sido ferramentas de grande êxito para auxiliar o processo de tomada de decisão por parte de produtores e também de governos, por meio de

¹ Pesquisadora da Embrapa (ana.clara@embrapa.br).

² Doutorando em Zootecnia pela Universidade Federal do Ceará (PDIZ) - UFC/UFPB/UFRPE (leonardofiusa@yahoo.com.br).

estimativas em tempo real e a intervalos de até 60 dias permitindo planejamento do uso dos recursos forrageiros, bem como organização do mercado para comercialização de animais em épocas mais favoráveis e lucrativas para os produtores. A Texas A&M University desenvolveu um sistema de alerta precoce para rebanhos em ambiente semiárido que vem sendo utilizado, além dos Estados Unidos, por países como Mongólia e Quênia. Esse sistema tem alto potencial de causar impacto positivo também em áreas semiáridas da América Latina. Ferramentas de tomada de decisão são fundamentais para aumentar o sucesso dos empreendimentos pecuários no semiárido.

Palavras-chave: Biomassa de forragem. Mudanças climáticas. Pastagens naturais. Risco na produção animal. Sensoriamento remoto.

INTRODUÇÃO

A região semiárida brasileira territorialmente ocupa 18% do país, sendo que 11% de todo esse território são domínio do bioma Caatinga, cujas características não são muito diferentes das de outros biomas de regiões áridas e semiáridas do mundo. Passa a maior parte do tempo com muito pouca biomassa disponível para pastejo e, além disso, sofre fortes pressões atualmente não apenas pelo superpastejo nas áreas cada vez menores para os rebanhos, como por desmatamento para obtenção de matriz energética e pela especulação imobiliária que tem transformado grandes áreas de Caatinga especialmente nas proximidades dos grandes centros urbanos.

A grande pergunta que se faz é a seguinte: compensa manter um bioma com esse nível de fragilidade e ameaça? O que a Caatinga pode trazer de benefício para a sociedade nos dias atuais? Estamos enfrentando grandes crises, e as mudanças climáticas têm acentuado a diferença não apenas entre os biomas, mas essencialmente sobre a vida das populações mais pobres e mais vulneráveis. Resistir no ambiente semiárido não tem sido opção, senão escolha, e, nesse contexto, a riqueza de espécies da Caatinga e sua alta resiliência aos câmbios climáticos têm

contribuído para que esse ambiente seja considerado como apto para o desenvolvimento, em uma categoria classificada de local e sustentável, em que se busca a valorização de produtos, o empoderamento de produtores e a melhoria da qualidade de vida e de produção. O desafio é enorme. Apesar de paradoxal frente ao desafio posto, por meio da atividade pecuária, podem-se desenvolver sistemas resilientes e menos susceptíveis a câmbios climáticos.

A pecuária é uma atividade econômica e social de grande importância para regiões áridas e semiáridas do mundo. Nessas áreas, os riscos para a atividade agrícola são muito altos, e as perdas de lavouras, por conta da vulnerabilidade climática, especialmente, pela ocorrência de secas, faz da pecuária atividade principal em diversos ambientes do meio rural.

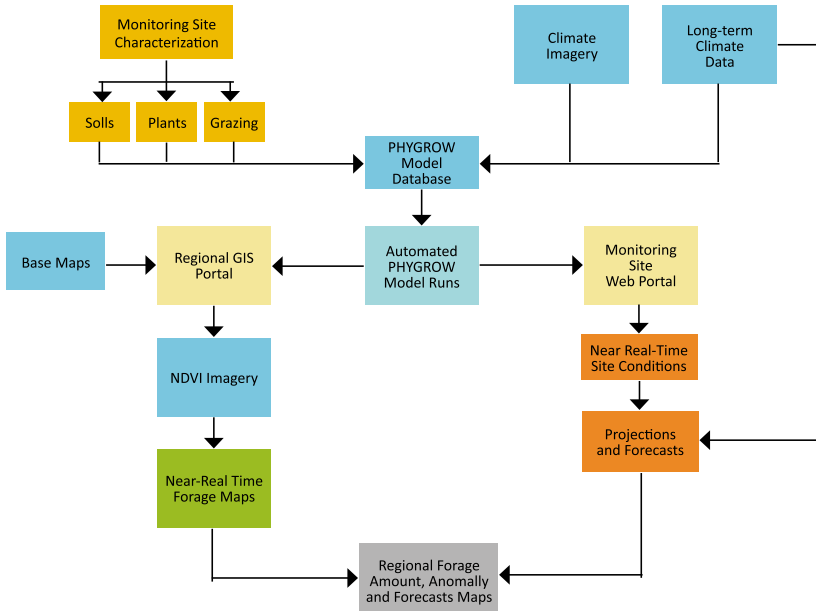
O cenário descrito parece perfeito, mas por que a produção pecuária no semiárido enfrenta tantos desafios e não se estabelece, de fato, como relevante para o desenvolvimento da região? Há uma série de tecnologias disponíveis, o volume de estudos sobre potencial de produção, taxa de lotação, dinâmica da biomassa, entre outros mais, não chega aos beneficiários. As informações estão pulverizadas e concentradas nas publicações científicas. É preciso desenvolver ferramentas inovadoras que tragam para dentro dos ambientes produtivos as informações que facilitem o processo de tomada de decisão.

Os sistemas de alerta precoce para risco de seca são ferramentas conhecidas dos formuladores de políticas públicas, dos agentes financiadores e especialmente dos produtores. As expectativas em relação aos boletins de risco de seca definem os calendários agrícolas e, por isso, têm grande potencial de causar impacto positivo sobre a atividade pecuária na região. O objetivo desse documento é trazer informações sobre o potencial de sistemas de alerta precoce para rebanhos e discorrer sobre o processo de geração de um alerta precoce a ser disponibilizado para o ambiente semiárido brasileiro.

SISTEMAS DE ALERTA PRECOCE PARA REBANHOS

A origem dos sistemas de alerta precoce para rebanhos em ambiente semiárido surge nos Estados Unidos na década de 1980, por meio de uma parceria entre o USDA e a Texas A&M University, que captaram recurso do Global Livestock Collaborative Research Support Program, para desenvolvimento do Livestock Early Warning System (LEWS), sob a liderança do professor J. Stuth. A ideia do sistema tinha por base alertar os pastores da iminência de ocorrência de secas, informando também áreas de não ocorrência do fenômeno, a fim de permitir a mudança do rebanho de área, reduzindo assim os riscos de perda e aumentando a sustentabilidade do uso das áreas pastoris para a produção animal.

Figura 1 – Representação da estrutura integrada de um sistema de alerta precoce em atividade pecuária para monitoramento das pastagens



Fonte: Angerer (2012).

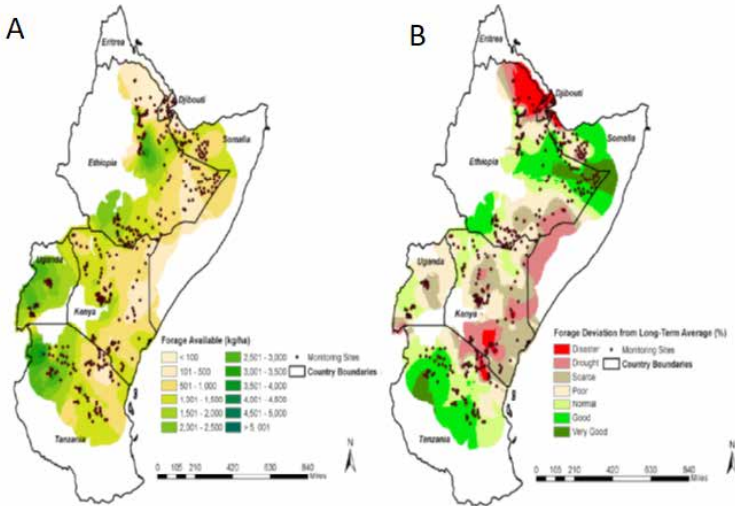
O sistema de alerta precoce para rebanhos (LEWS) foi desenvolvido para fornecer um sistema de alerta para o monitoramento da condição do pasto, da nutrição do rebanho e da saúde para segurança alimentar das populações pastoris. O programa foi uma parte integrante de uma estratégia de sistema de alerta para cinco países em situação de extrema pobreza no leste africano (Tanzânia, Quênia, Etiópia, Uganda e Eritreia). Atualmente está em uso também na Mongólia, Estados Unidos e em desenvolvimento no Peru e Brasil. A seguir, algumas experiências dos benefícios dessa tecnologia para modelos de produção em ambientes semiáridos.

África

O Sistema de alerta precoce é um sistema que monitora a nutrição e saúde dos rebanhos para garantir a segurança alimentar das populações humanas no leste africano. A iniciativa surge a partir de um projeto componente do Global Livestock Collaborative Research Support Program (GL-CRSP), liderado pela Texas A&M University, financiado pela United States Agency for International Development (USAID, 1997-2003).

O sistema tem a capacidade de detectar, antes mesmo dos pastores e da organização de monitoramento de crises, mudanças que afetariam o bem-estar e desenvolvimento dos animais que pastejam as áreas de pasto nativo (Figura 2). Informações sobre os possíveis problemas emergentes são fornecidos para os formuladores de políticas públicas, mercados, organizações internacionais, pastores e organizações não governamentais. A ferramenta tem por objetivo, com a geração dessas informações, contribuir para a mitigação dos efeitos negativos da seca sobre os rebanhos e também contribuir para a redução da degradação de áreas pastoris na África (FAO).

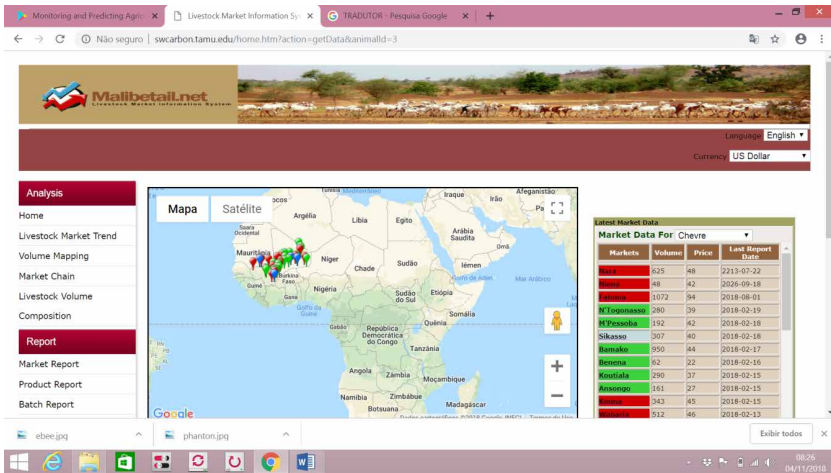
Figura 2 – Mapa de alerta precoce de forragem total disponível para criadores do norte e sul do Quênia durante agosto de 2009



Fonte: Angerer, Bizimana e Alemayehu (2013).

A relação do alerta com informações de mercado para os principais produtos animais é uma funcionalidade disponível nos dias atuais para alguns locais da África (Figura 3).

Figura 3 – Serviço on-line de disponibilização de preços de mercado para venda de animais, como estratégia para reduzir as densidades de rebanhos

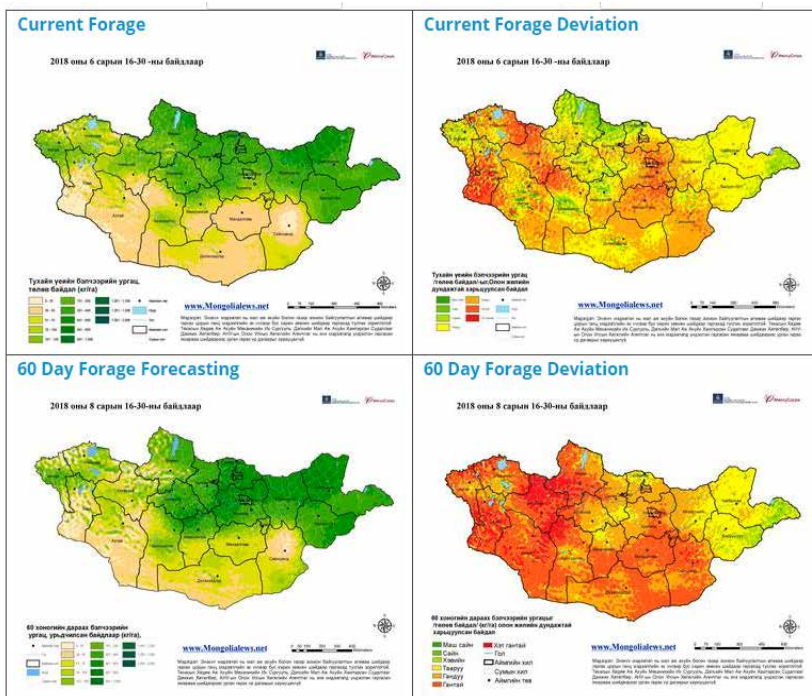


Fonte: <http://swarbon.tamu.edu/home.htm?action=getData&animalId=3>.

Mongólia

O tamanho do rebanho praticamente triplicou, e a capacidade de suporte foi excedida em quase 30 vezes por conta de secas e invernos rigorosos. Em 2004, a preocupação com a recuperação das áreas e o uso mais racional dos recursos naturais foram propulsores para o uso de sistema de alerta precoce no país (ANGERER *et al.*, 2006). Na Figura 4, é possível observar estimativas em tempo real e previsões da situação de flutuação da oferta de forragem em intervalos de sessenta dias a partir de uma previsão instantânea. A conexão dessa informação com informações de mercado facilita o processo de tomada de decisão, e, a exemplo do que ocorre na África, o sistema torna-se uma ferramenta de grande poder de otimizar o uso do recurso natural e prover alimento seguro para as populações.

Figura 4 – Mapa de situação atual e alerta da quantidade de forragem total disponível para criadores da Mongólia em 2018



Fonte: <http://www.mongolianews.net/index.php/map-products/mongolian-maps/>.

BASES DE DADOS PARA A CONSTRUÇÃO DE UM SISTEMA DE ALERTA PRECOCE

Produção de biomassa a partir do sensoriamento remoto

A base para construção dos sistemas de alerta precoce para rebanhos está na obtenção de dados de produção de biomassa. Os métodos convencionais de coleta de dados, apesar de precisos, apresentam uma série de limitações, como custo, alta demanda de mão de obra, dificuldades de acesso a determinadas áreas e elevado tempo para realização de análises, o que pode comprometer a obtenção de dados nos períodos

adequados, especialmente no semiárido, onde a época chuvosa é bastante curta. O desafio de desenvolver sistemas de alerta requer o acesso a outros conhecimentos complementares ao tradicional manejo de pastagens, sendo o sensoriamento remoto uma ferramenta muito potente e de alto potencial de resposta, trazendo agilidade e precisão ao processo de quantificação de biomassa.

As imagens de satélite de alta resolução atualmente têm sido disponibilizadas, inclusive de forma gratuita, para diversas aplicações (FORQUOR *et al.*, 2017), sendo uma ferramenta eficaz de estimar e monitorar a biomassa de diferentes tipos de vegetação. A interpretação do sensoriamento remoto da vegetação se dá por meio de processos de refletância do dossel.

O contraste da resposta da vegetação nos diferentes comprimentos de onda faz com que a vegetação da pastagem seja realçada em relação aos demais alvos, facilitando a sua identificação e monitoramento. Dessa forma, as informações coletadas por imagens de satélite podem contribuir para obtenção de dados de forma mais rápida e em regiões de difícil acesso. As principais plataformas de sensoriamento remoto incluem satélites, aviões, balões, helicópteros, e uma variedade de sensores, como sensores ópticos e de infravermelho próximo (ZHANG; KOVACS, 2012).

O sucesso do uso de sensoriamento remoto para avaliação da vegetação depende de muitos fatores, incluindo tipo de solo, estrutura da planta (cobertura de fração, índice de área foliar, etc.), água e nutrientes, disponibilidade, ciclo fenológico e práticas de cultivo (densidade de plantas, orientação de linha, etc.) (BÉGUÉ *et al.*, 2018). No caso da estimativa de biomassa, fundamental para o desenvolvimento de sistemas de alerta precoce, faz-se necessário que o processo de escolha das variáveis para desenvolvimento do modelo de crescimento considere os seguintes aspectos: (1) os dados do sensor óptico sofrem o problema de saturação de áreas florestais com alta densidade de biomassa; (2) variáveis espectrais são instáveis e influenciadas por fatores externos, como atmosfera, umidade do solo, fenologia e vigor, portanto, os dados de sensor óptico de alta qualidade dependem das condições

meteorológicas quando os satélites passam; e (3) faltam métodos adequados para identificar as variáveis mais apropriadas para a modelagem de estimativas de biomassa (LU *et al.*, 2014).

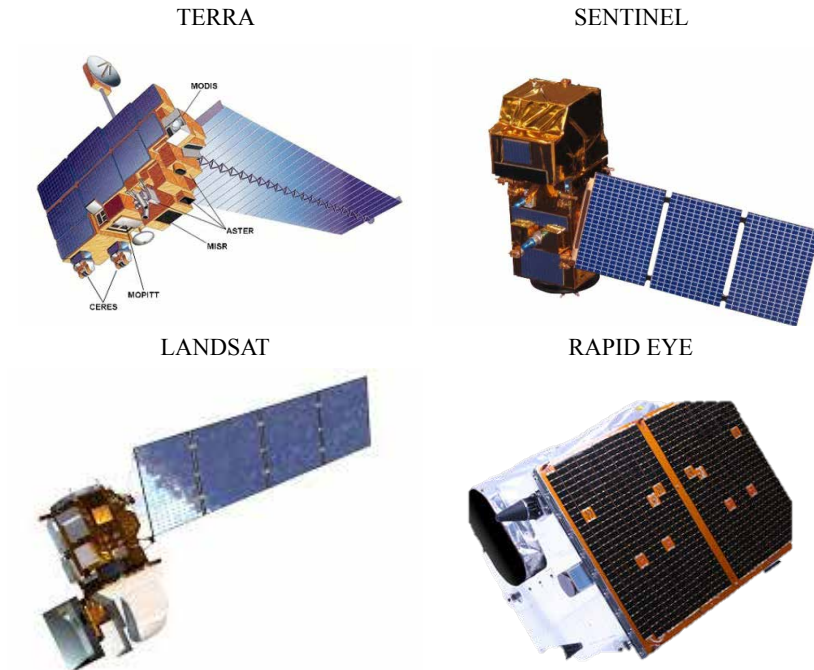
Desde a década de 1990 até os dias atuais, muitos avanços têm sido registrados na área do sensoriamento remoto, o que tem permitido aumento na precisão de captura de imagens para análise de vegetação. O lançamento do sensor Modis (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer), nas versões de resolução espacial de 250, 500 e 1000m, lançado a bordo do satélite Terra (Figura 1), em dezembro de 1999, e a bordo do satélite Aqua, em maio de 2002, é um exemplo disso. Trata-se do principal sensor do Earth Observing System (EOS – NASA), combinando características dos sensores AVHRR e do Landsat TM, ao mesmo tempo. Essa combinação traz importantes avanços como maior número de bandas, maior resolução espectral e consequentemente melhor posicionamento, reduzindo interferências atmosféricas e aumentando a sensibilidade para bandas nos espectros fotossinteticamente ativos, melhorando a estimativa da produção de biomassa. Algoritmos de fotossíntese e produtividade primária podem ser gerados a partir das imagens capturadas por esses sensores.

Outro satélite cujas imagens vêm sendo utilizadas em estudos de vegetações é o Sentinel (Figura 5). A missão Sentinel-2 foi projetada para fornecer dados multiespectrais de observação da Terra para uma ampla gama de aplicações de sensoriamento remoto, como mapeamento de uso da terra ou cobertura da terra, identificação de uso do solo, agricultura e monitoramento florestal, avaliação do vigor da vegetação, recuperação de parâmetros biofísicos da vegetação (por exemplo, conteúdo de clorofila, índice de área foliar e conteúdo de água foliar), monitoramento de água, monitoramento de riscos naturais e monitoramento de estresse hídrico (DU *et al.*, 2016). Imagens capturadas pelo Sentinel-2 combinadas com índices de vegetação têm sido úteis para quantificar cobertura vegetal em áreas de densidade variável de árvores para ambientes semiáridos (GODINHO; GUIOMAR; GIL, 2017).

Uma poderosa constelação de satélites comerciais chamada Rapid Eye (red-edge banda) tem trazido algumas vantagens em relação

a outros satélites disponíveis (Tabela 1), fornecimento de imagens de grandes áreas (mais de 77km) com resolução espacial de 5 m e resolução temporal de um dia, aumentando o sucesso na aquisição de imagens livres de nuvens. A ferramenta tem sido usada para avaliação de nitrogênio e biomassa em pastagens (RAMOELO *et al.*, 2012), sendo mais uma opção para os modeladores.

Figura 5 – Ilustração dos principais satélites que embarcam sensores utilizados na captura de imagens para estimativa de biomassa



Fontes: (NASA, 2018), Esa Sentinel on line (2018), Earth Observation Resourc (2018).

Tabela 1 – Principais características do Landsat, SPOT e Sentinel-2

CARACTERÍSTICAS	LANDSAT	SENTINEL-2	Rapid-Eye
Origem	Estados Unidos	União Europeia	Cazaquistão
Números em série	7 + 1*	4*	
Lançamentos	1972-2013	2015-2016	2008
Medida principal	Pushbroom	Pushbroom	Multispectral pushbroom
Cobertura da terra (dias)	16	05	01
Swath (km)	185	290	77
Bandas multispectrais	8 + 1 (pancromática)	13 (09 VNIR e 03 SWIR)	11 (incluindo NIR)
Resolução espacial (m)	30	10, 20, 60	5
Evolução	*Landsat9 em desenvolvimento (lançamento para 2020)	*Sentinel 2C e 2D desenvolvido m dezembro de 2015	

Fonte: elaborado pelos autores.

O custo das imagens de satélite e a dificuldade de acesso algumas vezes podem limitar o processo de estimativa de biomassa com uso de imagens de satélite. Por isso, outra opção tem sido recentemente utilizada. Estamos falando do uso de veículos aéreos não tripulados (VANTs) para coleta de imagens (Figura 6). Equipados com câmeras de alta resolução espacial e até câmeras hiperespectrais, essa ferramenta apresenta tipicamente maiores resoluções temporais (por exemplo, aquisições diárias) e maior resolução espacial (por exemplo, centímetros), de modo que existem muitos estudos examinando as condições das culturas, particularmente aquelas envolvendo o índice de área foliar (ZHANG; KOVACS, 2012). Existem diversos modelos a variável custo, sendo possível adquirir equipamentos a partir de R\$ 5.000. Modelos com rotores são os mais populares, porém com menor autonomia de voo (exemplo Phantom®). Existem modelos de asa fixa (exemplo: E-bee®)

que têm autonomia de fazer grandes áreas com uma única bateria. Softwares como o Dronedeploy®, PhotoScan®, Pix4D® e ArcGis® têm uma série de algoritmos capazes de processar as imagens de modo rápido e com alta precisão nas estimativas e gerar índices que traduzem as imagens em informações que podem ser disponibilizadas em forma de dados ou graficamente, permitindo rápido entendimento.

Figura 6 – Alguns exemplos de equipamentos VANTS para coleta de imagens aéreas de áreas de pastagens

PHANTON 4 – PRO(ROTORES)



EBEE – (ASA FIXA)



Fonte: (POLARPROFILTERS, 2018).

A premissa básica da aplicação do sensoriamento remoto na avaliação de vegetações é que as diferenças no crescimento da cultura e na condição do solo podem ser identificadas por meio de variações de respostas espectrais (WARREN; METTERNICHT, 2005). Isso acontece devido à vegetação representar o reflexo ou a resposta da biosfera da radiação emitida sobre a Terra (ZHANG *et al.*, 2003). À medida que ocorrem alterações morfológicas no dossel forrageiro, também ocorrem variações nas frações absorvidas, transmitidas e refletidas da radiação solar incidente, sendo que essas variações possibilitam o monitoramento da vegetação. Por esse princípio, é que os índices de vegetação foram criados e são amplamente utilizados para monitorar o desenvolvimento das culturas e geralmente usados como dados de entrada nos modelos para prever o rendimento (FIGUEIREDO *et al.*, 2016).

Existem vários índices de vegetação (IAF, SAVI, NDVI, etc.), sendo o mais conhecido e utilizado em estudos de ecossistemas pastoris o índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) (HERMAN-CE; SULIEMAN; MUSTAFA, 2016; HOTT *et al.*, 2016). Segundo Vrieling *et al.* (2011), o NDVI derivado de imagens de satélite de grande escala fornece observações numa escala de tempo curto, permitindo atualizações frequentes do estado da vegetação. Esse índice se baseia no princípio de que o comprimento de onda na banda do vermelho é quase totalmente absorvido por superfícies vegetais ricas em biomassa verde e fotossinteticamente ativa, enquanto que a banda do infravermelho é refletida (MYNENI *et al.*, 1995). Como a região do espectro eletromagnético correspondente à radiação fotossinteticamente ativa é utilizada pelas plantas nos processos fisiológicos de fotossíntese, existe uma grande relação do NDVI com o acúmulo de biomassa.

O cálculo do NDVI consiste na razão entre a diferença das refletâncias da banda do vermelho e infravermelho próximo, baseado na fórmula seguinte: $NDVI = (Refletância\ do\ infravermelho - Refletância\ do\ vermelho) / (Refletância\ do\ infravermelho + Refletância\ do\ vermelho)$ (TUCKER *et al.*, 2005). Então, a refletância na banda do vermelho tende a diminuir à medida que aumenta a quantidade de vegetação verde, e, ao mesmo tempo, as propriedades estruturais de um dossel se tornam mais densas, como o aumento do índice de área foliar, causam um aumento na refletância do infravermelho próximo (BECK *et al.*, 2006). Outra característica importante desse índice é a relação quase que linear com a interceptação da radiação fotossinteticamente ativa, sendo que a desta última pode ser um indicativo de produtividade (ATZBERGER, 2013).

Outro índice disponível é o Índice de Vegetação Ajustado por Solo (SAVI). Esse índice foi criado com o objetivo de descrever a dinâmica entre solo-vegetação em estudos de sensoriamento remoto (HA; OH; KIM, 2001). O SAVI baseia-se no comportamento antagônico da refletância da vegetação nas bandas do vermelho e do infravermelho (ANDRADE *et al.*, 2013). O ajuste (L) do índice é variável com o grau

de fechamento do dossel (variável de 0 a 1), o que permite uma melhora na interpretação das variáveis da vegetação.

O índice de área foliar (IAF) pode ser definido como a relação entre a área foliar de uma das faces das folhas e a área de solo ocupada pelas folhas (SBRISSIA; SILVA, 2008). Durante os primeiros estágios de crescimento, as folhas são o componente morfológico mais acumulado na biomassa de forragem, porém, à medida que aumenta o índice de área foliar, existe uma competição das plantas por luz, e estas alteram seu padrão de crescimento como meio de otimizar a captura de luz por meio do alongamento do colmo (ZHANG; KOVACS, 2012). Porém, para monitorar o estresse hídrico da vegetação, as abordagens somente baseadas em índices de vegetação geralmente não são suficientes (BALINT; MUCHIRI, 2013).

A combinação de índices parece ser mais interessante e precisa. Por exemplo, GU *et al.*, 2007), avaliando diferentes índices de vegetação em pastagens dos Estados Unidos através de uma série histórica de imagens de MODIS, utilizou o índice de vegetação pela diferença normalizada (NDVI), índice de água pela diferença normalizada (NDWI), e o índice de seca pela diferença normalizada (NDDI). Valores mais altos do NDDI indicam aumento da severidade da seca, o que demonstra que poderia ser usado como um indicador adicional para o monitoramento de secas em grandes áreas. Para uso do NDDI de forma mais ampla, faz-se necessário uso desse índice em outros tipos de pastagem (pastagens naturais ou mistas) com diferentes tipos de vegetação.

Informações climáticas através de redes de estações

Os primeiros modelos de alerta precoce desenvolvidos para a África consideraram os dados de precipitação originários de redes locais de estações meteorológicas. O primeiro modelo PHYGROW para esse ambiente gerou um estimador de precipitação (FRE) com tais dados. A partir de 2001, usando dados de entrada de velocidade e direção do vento, umidade relativa do ar e informações orográficas foram

criadas estimativas computacionais diárias para precipitação acumulada (HERMAN *et al.*, 1997).

O desenvolvimento do sistema de alerta precoce brasileiro considerará os dados de precipitação e de temperatura dos sítios ecológicos, obtidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME).

CONSTRUÇÃO DE SISTEMA DE ALERTA PRECOCE PARA O SEMIÁRIDO BRASILEIRO

Caracterização espacial

O primeiro passo para a caracterização espacial é a estratificação obter as séries históricas. A partir disso, faz-se a construção de mapas, agrupados por zonas de características climáticas semelhantes. Para a realização do agrupamento climático, a célula de grade de cada região foi identificada sobre a superfície climática continental, e os principais atributos climáticos foram consultados. É a construção do cluster de clima. Os atributos incluem as temperaturas máximas e mínimas, precipitação anual e evapotranspiração e a precipitação acumulada correspondendo ao início da estação de crescimento. Os resultados das análises de agrupamento de características climáticas têm a finalidade de definir os limites territoriais, ilustrados em forma de mapa, permitindo um mecanismo objetivo para assegurar que os locais de monitoramento estejam em ambiente que represente os limites estabelecidos e, com isso, pode-se otimizar a análise geostatística dos resultados do modelo.

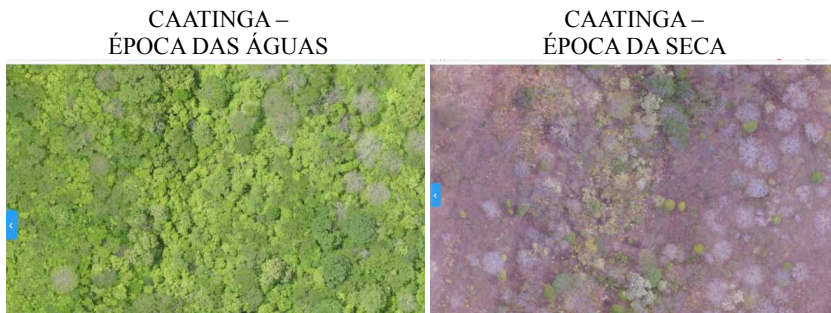
Estabelecimento dos locais de monitoramento

A escolha dos locais, no caso da África, primeiro ambiente onde o método foi aplicado, baseou-se em uma série de pressupostos, que iam desde aspectos de infraestrutura, até proximidade com ambientes mais favoráveis a políticas públicas e atuação de organizações

não governamentais, de modo que a ferramenta fosse usada por seus principais beneficiários: os pastores nômades. Alguns aspectos principais devem ser considerados: infraestrutura (estradas, mercado, água), localização da população rural, densidade do rebanho e redes locais de comercialização. No caso do semiárido brasileiro, alguns desses pressupostos se mantêm. Ambientes mais favoráveis à inovação têm maior potencial de dar resposta, aliados a ambientes cuja atividade pecuária seja de grande importância para o desenvolvimento local, como o sertão dos Inhamuns no Ceará e os Cariris Paraibanos.

O processo de monitoramento envolve a escolha do macroambiente e neste a seleção de uma a três áreas para visitas mensais e coleta de dados *in loco*. Esse monitoramento é de grande utilidade para caracterizar as áreas pastoris, fontes de água, número de animais, etc. para que a parametrização do modelo de produção de forragem possa considerar esses aspectos principais. No caso africano, vários transetos tiveram que ser instalados em diferentes áreas pela característica nômade das populações. Para o caso do semiárido brasileiro, um número representativamente menor está em uso, e áreas de exclusão são a fonte para quantificação dos acúmulos de biomassa. Basicamente o que existe são diferenças de biomassa nas áreas entre a época chuvosa e a época seca (Figura 7).

Figura 7 – Imagens aéreas captadas por Vant de área de monitoramento em área de Caatinga, no estado do Ceará, em duas épocas distintas do ano



Fonte: elaborado pelos autores.

Modelagem biofísica

A modelagem biofísica é a ferramenta para capturar as complexas relações existentes entre os diferentes componentes do sistema, nos locais-chave do monitoramento. Existe uma série de modelos de análise de ecossistemas disponíveis. Podem ser citados o SPUR, SAVANNA, EPIC e GRASSP. No entanto, considerando a diversidade de componentes florísticos da Caatinga e sua dinâmica, o modelo PHYGROW foi o que se mostrou mais alinhado ao objetivo perseguido pela equipe brasileira de trabalho na Caatinga.

No caso do sistema de alerta precoce que estamos desenvolvendo, o modelo simulador de crescimento de biomassa (PHYGROW) foi a ferramenta escolhida. O programa desenvolvido pela Texas A&M University é um modelo hidrológico para crescimento de plantas que utiliza múltiplas espécies de plantas, parâmetros de solo, de clima e de pastejo, para simular a produção diária das plantas e a dinâmica de água sob pressões de pastejo para um sítio ecológico específico ou uma comunidade de plantas desejável.

Os parâmetros necessários para o modelo PHYGROW incluem características físicas e hidrológicas do solo, potencial de competição entre espécies de plantas, preferência e demandas de forragem pelos pastejadores. Para isso, os seguintes atributos devem ser mensurados nos locais de monitoramento: cobertura basal de gramíneas ou de grupos de espécies, que pode ser obtida por diversos métodos; frequência de dicotiledôneas herbáceas por espécie ou grupo de espécies; profundidade e textura de cada camada de solo por tipo; declividade da área, grau de ocorrência de rochas e estimativa temporal da densidade de animais (por rebanho) na área.

Análise e validação dos modelos

O modelo PHYGROW necessita de dados de campo, coletados em diferentes locais de monitoramento, para a sua calibração e validação. Além disso, as simulações são conduzidas a partir de dados cli-

máticos com base em informações obtidas quase em tempo real, que fornecem representações das precipitações e da temperatura dos locais monitorados.

O PHYGROW fornece os seguintes resultados: produção diária de forragem em termos qualitativos e quantitativos. Mudanças na taxa de lotação e no balanço hídrico. Para cada local, é gerado um resultado diferente pela variação nas características de solo, de clima e de pasto. Para os resultados de biomassa e balanço hídrico, o programa calcula esses dados usando função *loop*, que simula os mecanismos naturais de *feedbacks* em função da interceptação da radiação, precipitação e da temperatura.

A dinâmica da comunidade de plantas progride a cada dia simulado influenciando a produção de forragem e o balanço hídrico. Informações sobre a senescência e as características de crescimento das plantas nativas levam em consideração um grupo de atributos coletados nessas plantas (ex.: IAF; taxa de *turnover* de folhas; serapilheira; sensibilidade a fotoperíodo; etc.). Para as espécies na África, a FAO dispõe de um catálogo bastante completo. No caso brasileiro, bancos de dados estruturados necessitam ser sistematizados para o fornecimento dessas informações.

Em relação às características de solo, há disponíveis muitos parâmetros que podem ser úteis na modelagem do Alerta brasileiro.

Disseminação das informações através da automação

Uma ferramenta de alerta precoce está focada no desenvolvimento de um ambiente computacional totalmente automatizado, que capta dados georreferenciados de clima, faz a ligação desses dados com os arquivos parametrizados do PHYGROW (solos, comunidades de plantas, taxas de lotação), gerando os arquivos de dados e arquivos gráficos para cada local monitorado. Essa base de dados é hospedada em páginas na internet.

Para geração de imagens de NDVI, o Brasil utilizará o satélite Landsat-8. O satélite Landsat-8 (L8) possui sensor de imagem The-

matic Mapper (TM) a bordo, que possui sete bandas espectrais, com resolução espacial de 30m (ALMEIDA *et al.*, 2014). A interpolação geoestatística utiliza a Co-krigagem por meio de correlação espacial entre a biomassa modelada e os valores de NDVI. A Co-krigagem é um método de interpolação geoestatística que calcula estimativas para pontos desconhecidos usando uma média linear ponderada das amostras disponíveis (ANGERER; BIZIMANA; ALEMAYEHU, 2013). As cores indicarão a condição da pastagem natural, relativa a cada local do mapa (Quadro 1), com uma frequência de criação de mapas de 30 dias.

Quadro 1 – Coloração dos mapas após a correlação entre os valores de NDVI obtidos das imagens de satélite e estimativa de biomassa através do PHYGROW

CONDIÇÃO DO PASTO	BIOMASSA ESTIMADA (kg ha ⁻¹)
MUITO BOA	> 5000
BOA	3000-4000
MÉDIA	1500-3000
BAIXA	1000-1500
ESCASSEZ	500-1000
SECA	100-500
SECA SEVERA	< 100

Fonte: Angerer, Bizimana e Alemayehu (2013).

As condições futuras de biomassa podem ser obtidas com uso de modelo autorregressivo (BOX; JENKINS; REINSEL, 1994), no qual as condições de biomassa do pasto são previstas por meio de séries temporais, com os valores de biomassa de forragem modelada para datas passadas e condições históricas de NDVI correspondentes, juntamente com estimativas atuais para prever a biomassa forrageira futura, com valores baseados em médias móveis de 30 dias (ALHAMAD; STUTH; VANNUCCI, 2007).

Associadas aos mapas de alerta precoce, serão abordadas práticas de manejo, que podem ser utilizadas na tomada de decisão em função da condição das pastagens, como a conservação de forragem em forma de silagem ou feno quando houver excesso de biomassa em comparação à demanda, ou venda de animais quando houver escassez de biomassa em comparação à demanda. A Embrapa Caprinos dispõe

de ferramenta de Centro de Inteligência (<https://www.embrapa.br/cim-inteligencia-e-mercado-de-caprinos-e-ovinos>) que será conectada ao sistema para fornecimento de informações de mercado e suporte para tomada de decisão dos produtores.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os benefícios que os sistemas de alerta precoce fornecem para populações rurais de países que os utilizam têm sido valiosos no processo de desenvolvimento dos sistemas pecuários em ambientes mais suscetíveis a desastres naturais como secas e invernos rigorosos.

O desenvolvimento de redes multidisciplinares de inovação permite o acesso a competências de notório saber em áreas extra domínio do campo do manejo de pastagens, permitindo o acesso a ferramentas tecnológicas de modelagem mais precisas e com maior poder de gerar impacto.

A disponibilização de ferramentas de alerta precoce por si só não é capaz de garantir o uso sustentável das pastagens naturais e também o desenvolvimento de uma pecuária competitiva no semiárido. É preciso associar essa tecnologia a programas governamentais e não governamentais, bem como diretamente ao mercado, especialmente o mercado de compra e venda de animais, funcionando como uma “bolsa de valores” para o negócio pecuário no semiárido.

Associadas ao sistema de alerta precoce, outras tecnologias como orçamento forrageiro, descarte orientado, uso de mistura múltipla, entre outros, devem fazer parte da estratégia de gestão da propriedade, para que haja opções viáveis de produção quando os preços dos animais estiverem em baixa no mercado.

REFERÊNCIAS

ALHAMAD, M. N.; STUTH, J.; VANNUCCI, M. Biophysical modelling and NDVI time series to project near-term forage supply: spectral analysis aided by wavelet denoising and ARIMA modeling. *International Journal of Remote Sensing*, v. 28, n. 11, p. 2513-2548, 2007.

ALMEIDA, A. Q. de; MELLO, A. A. de; NETO, A. L. D.; FERAZ, R. C. Relações empíricas entre características dendrométricas da Caatinga brasileira e dados TM Landsat 5. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 49, n. 4, p. 306-315, 2014.

ANDRADE, A. S. *et al.* Simulating tropical forage growth and biomass accumulation: an overview of model development and application. *Grass and Forage Science*, v. 71, n. 1, p. 54-65, 2016.

ANDRADE, A. S.; SANTOS, P. M.; PEZZOPANE, J. R. M.; ARAÚJO, L. C.; PEDREIRA, B. C.; PEDREIRA, C. G. S.; MARIN, F. R.; LARA, M. A. S. Simulating tropical forage growth and biomass accumulation: an overview of model development and application. *Grass and Forage Science*, v. 1, n. 1, p. 54-65, 2013.

ANGERER, J. P. *et al.* Forage monitoring technology to improve risk management decision making by herders in the Gobi region of Mongolia. *The 2nd International conference on Land cover /Land use study using Remote Sensing /GIS and the GOF-C-GOLD regional capacity building meeting in Mongolia*. 08-09th, June. Ulaanbaatar, Mongolia, 2006. p. 22-23.

ANGERER, J. P. *Examination of high resolution rainfall products and satellite greenness indices for estimating patch and landscape forage biomass*. Texas: Texas A&M University, 2008. 129 p. PhD Dissertation. Department of Ecosystem Science and Management. College Station, Texas, 2008.

ANGERER, J. P. Gobi forage livestock early warning system. *In: ANGERER, J. P. Conducting national feed assessments*. Rome/Italy: Food and Agriculture Organization, 2012. v. 15, p. 115-130. Disponível em: <http://www.fao.org/docrep/016/i3043e/i3043e.pdf>. Acesso em: 15 out. 2018.

ANGERER, J. P.; BIZIMANA, J-C.; ALEMAYEHU, S. Reducing risk in pastoral regions: the role of early warning and livestock information systems. *Revista Científica de Produção Animal*, Paraíba, v. 15, n. 1, p. 9-21, 2013.

ATZBERGER, C. Advances in remote sensing of agriculture: context description, existing operational monitoring systems and major information needs. *Remote Sensing*, v. 5, p. 949-981, 2013.

BALINT, Z.; MUCHIRI, P. *Personal communication*. FAO-Somalia (SWALIM), Nairobi, Kenya, January, 2013.

BECK, P. S. A.; ATZBERGER, C.; HØGDAC, K. A.; JOHANSEN, B.; SKIDMORE, A. K. Improved monitoring of vegetation dynamics at very high latitudes: a new method using MODIS NDVI. *Remote Sensing and Environment*, v. 100, p. 321-334, 2006.

BÉGUÉ, A.; ARVOR, D.; BELLON, B.; BETBEDER, J.; DE ABELLEYRA, D.; FERRAZ, R.; LEBOURGEOIS, V.; LELONG, C.; SIMÕES, M.; VERÓN, S. R. Remote sensing and cropping practices: a review. *Remote Sensing*, v. 10, p. 1-32, 2018.

BOX, G. E. P.; JENKINS, G. M.; REINSEL, G. *Time series analysis: forecasting and control*. 3rd. edition. Englewood: Prentice Hall, 1994.

DU, Y.; ZHANG, Y.; LING, F.; WANG, Q.; LI, W.; LI, X. Mapping from Sentinel-2 Imagery with Modified Normalized Difference Water Index at 10-M Spatial Resolution Produced by Sharpening the SWIR Band. *Remote Sensing*, v. 8, p. 1-19, 2016.

EARTH OBSERVATION RESOURCE. Disponível em: <https://www.usgs.gov/centers/eros>. Acesso em: 29 nov. 2018.

ESA SENTINEL ON LINE. Disponível em: <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/home>. Acesso em: 18 nov. 2018.

FERREIRA, L. G.; FERREIRA, N. C.; FERREIRA, M. E. Sensoriamento remoto da vegetação: evolução e estado-da-arte. *Acta Scientiarum. Biological Sciences*, v. 30, n. 4, p. 379-390, 2008.

FIGUEIREDO, G. K. D. A.; BRUNSELL, N. A.; HIGA, B. H.; ROCHA, J. V.; LAMPARELLI, R. A. C. Correlation maps to assess soybean yield from EVI data in Paraná State, Brazil. *Scientia Agricola*, v. 73, n. 5, p. 462-470, 2016.

FORQUOR, G. *et al.* Landsat-8 vs. Sentinel-2: examining the added value of sentinel-2's red-edge bands to land-use and land-cover mapping in Burkina Faso. *GIScience & Remote Sensing*, v. 55, p. 331-354, 2017.

GODINHO, S.; GUIOMAR, N.; GIL, A. Estimating tree canopy cover percentage in a mediterranean silvopastoral systems using Sentinel-2A imagery and the stochastic gradient boosting algorithm. *International Journal of Remote Sensing*, v. 39, n. 14, p. 4640-4662, 2017.

GU, Y.; BROWN, J. F.; VERDIN, J. P.; WARDLOW, B. A five-year analysis of MODIS NDVI and NDWI for grassland drought assessment over the central Great Plains of the United States. *Geophysical Research Letters*, v. 34, p. 1-6, 2007.

HA, K.; OH, H.; KIM, K. Inter – Annual and intra – Annual variabilities of NDVI, LAI and Ts estimated by AVHRR in Korea. Korea Journal of Estimated by AVHRR in Korea. *Korea Journal of Remote Sensing*, v. 2, p. 111-119, 2001.

HERMAN, A.; KUMAR, V.; ARKIN, P. A.; KOUSKY, J. V. Objectively determined 10-day African rainfall estimates created for famine early warning. *International Journal of Remote Sensing*, v. 18, n. 10, p. 2147-2159, 1997.

HERMANCE, J. F.; SULIEMAN, H. M.; MUSTAFA, A. G. Predicting intra-seasonal fluctuations of NDVI phenology from daily rainfall in the East Sahel: a simple linear reservoir model. *International Journal of Remote Sensing*, v. 37, n. 14, p. 3293-3321, 2016.

HILL, M. J. Vegetation index suites as indicators of vegetation state in grassland and savanna: an analysis with simulated SENTINEL 2 data for a north american transect. *Remote Sensing of Environment*, v. 137, p. 94-111, 2013.

HOTT, M. C.; CARVALHO, L. M. T.; ANTUNES, M. A. H.; SANTOS, P. A.; ARANTES, T. B.; RESENDE, J. C.; ROCHA, W. S. D. Vegetative growth of grasslands based on hyper-temporal NDVI data from the Modis sensor. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 51, p. 858-868, jul.

2016. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/pab/v51n7/1678-3921-pab-51-07-00858.pdf>. Acesso em: 22 nov. 2018.

JOHANSSON, T. B.; KELLY, H.; AMULYA, K. N.; REDDY, A. K. N.; WILLIAMS, R. H. Renewable fuels and electricity for a growing world economy: defining and achieving the potential. *Energy Studies Review*, v. 4, n. 3, p. 201-212, 1992.

KAITHO, R. J.; JAMA, A. A.; STUTH, J. W.; KARIUKI, G. Livestock early warning information resource in the Horn of Africa: forage and livestock marketing information analysis and forecasts. *Outlook on Agriculture*, v. 36, n. 4, p. 267-272, Dec. 2007.

LU, D.; CHEN, Q.; WANG, G.; LIU, L.; LI, G.; MORAN, E. A survey of remote sensing-based aboveground biomass estimation methods in forest ecosystems. *International Journal of Digital Earth*, v. 9, p. 63-105, 2014.

MALIBETAIL.NET. Livestock market information system. Disponível em: <http://swcarbon.tamu.edu/home.htm?action=getData&animalId=3>. Acesso em: 20 nov. 2018.

MONGOLIALEWS.NET. Mongolia livestock early warning system. Disponível em: <http://www.mongolialews.net/index.php/map-products/mongolian-maps/>. Acesso em: 20 nov. 2018.

MYNENI, R. B. *et al.* The interpretation of spectral vegetation indices. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, v. 33, n. 2, p. 481-486, 1995.

NASA. Disponível em: <https://www.nasa.gov/>. Acesso em: 10 nov. 2018.

POLARFILTERS. Disponível em: <https://www.polarfilters.com/>. Acesso em: 18 nov. 2018.

RAMOELO, A.; SKIDMORE, A. K.; CHO, M. A.; SCHLERF, M.; MATHIEU, R.; HEITKÖNIGD, I. M. A. Regional estimation of savanna grass nitrogen using the red-edge band of the spaceborne

RapidEye sensor. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, v. 19, p. 151-162, 2012.

SBRISSIA, A. F.; SILVA, S. C. Comparação de três métodos para estimativa do índice de área foliar em pastos de capim-marandu sob lotação contínua. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa/MG, v. 37, n. 2, p. 212-220, 2008.

STUTH, J. W.; SCHMITT, D.; ROWAN, R. C.; ANGERER, P.; ZANDER, K. *Phygrow Users Guide and Technical Documentation*. Texas: Texas A&M University, 2003.

STUTH, J. W.; ANGERER, J.; KAITHO, R.; JAMA, A.; MARAMBIL, R. Livestock early warning systems for Africa's rangelands. In: BOKEN, V. K.; CRACKNELL, A. P.; HEATHCOTE, R. L. *Monitoring and predicting agricultural drought: a global study*. New York: Oxford University Press, 2005. p. 283-294.

TUCKER, C. J.; PINZON, J. E.; BROWN, M. E.; SLAYBACK, D. A.; PAK, E. W.; MAHONEY, R. An extended AVHRR 8-km NDVI dataset compatible with MODIS and SPOT vegetation NDVI data. *International Journal of Remote Sensing*, v. 26, n. 20, p. 4485-4498, 2005.

VRIELING, A.; BEURS, K. M.; BROWN, M. E. Variability of African farming systems from phenological analysis of NDVI time series. *Climatic Change*, v. 109, p. 455-477, 2011.

WARREN, G.; METTERNICHT, G. Agricultural applications of high-resolution digital multispectral imagery: evaluating within-field spatial variability of canola (*Brassica napus*) in Western Australia. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, v. 71, p. 595-602, 2005.

ZHANG, X.; FRIEDL, M. A.; SCHAAF, C. B.; STRAHLER, A. H.; HODGES, J. C. F.; GAO, F.; REED, B. C.; HUETE, A. Monitoring vegetation phenology using MODIS. *Remote Sensing and Environment*, v. 84, p. 471-475, 2003.

ZHANG, C.; KOVACS, J. M. The application of small unmanned aerial systems for precision agriculture: a review. *Precision Agriculture*, v. 13, p. 69-712, 2012.

SENSORIAMENTO REMOTO APLICADO A PASTAGENS NATURAIS HETEROGÊNEAS

Maria Maiany Paiva Lima¹

Ellen da Costa Gomes²

Felipe Hermínio Meireles Nogueira³

Magno José Duarte Cândido⁴

Carlos Alexandre Gomes Costa⁵

RESUMO

O balanceamento adequado da oferta de forragem às demandas dos animais em distintas épocas do ano em pastagens naturais do Semiárido é uma necessidade para se obter resultados satisfatórios nos sistemas de produção animal a pasto. Para isso, fazem-se necessárias medições regulares da condição da pastagem, a partir da estimativa de produção de forragem e consequente disponibilidade de matéria seca para os animais, para auxiliar em decisões de manejo. A estimativa da quantidade de biomassa com uso de técnicas de sensoriamento remoto pode ser de grande importância nessa região, devido a suas grandes extensões de terra e alta variabilidade da vegetação (composição e estratos). As

¹ Discente do programa de Mestrado em Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Ceará.

² Discente do Programa de Doutorado Integrado em Zootecnia, Universidade Federal do Ceará.

³ Discente do Curso de Graduação em Agronomia, Universidade Federal do Ceará.

⁴ Professor do Departamento de Zootecnia, Universidade Federal do Ceará.

⁵ Professor do Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Ceará (costacag@gmail.com).

medições indiretas são boas alternativas para a medição de biomassa, pois implicam em menor dano ambiental, menor mão de obra, menor custo financeiro e possibilidade de trabalhar em grandes áreas e de difícil acesso. Elas podem ser feitas com o uso de imagens de satélite e o desenvolvimento de equações alométricas. Objetivou-se discorrer sobre a produção e estoque de biomassa com uso de sensoriamento remoto em condições de Caatinga.

Palavras-chave: Avaliação de pastagens. Ecossistemas de pastagens naturais. Medição de biomassa.

INTRODUÇÃO

O sensoriamento remoto vem sendo utilizado em diversas áreas, como ciência, técnica e ferramenta de auxílio às estimativas de diversos parâmetros bióticos e abióticos. O princípio básico do sensoriamento remoto refere-se à reflectância dos alvos. Duas definições clássicas de sensoriamento remoto foram elaboradas na década de noventa. Para Rees (1990), de forma bem simplificada, é a obtenção de informação sobre um determinado alvo sem contato direto com ele. E para Lillesand e Kiefer (2000), um conceito mais elaborado, trata-se da ciência e a arte de obter informação sobre um objeto (alvo) pela análise de dados adquiridos por um dispositivo (sensor) que não está em contato direto com o objeto sob investigação. Em síntese, os conceitos abordam uma relação entre uma fonte emissora de energia, um objeto ou alvo que recebe e interage com essa radiação e um sensor capaz de capturar essa interação.

A principal fonte emissora de radiação é o Sol. Entretanto, existem outras fontes de emissão de radiação eletromagnética, inclusive os sistemas que emitem e captam essa radiação. Os principais alvos estudados com uso do sensoriamento são água, solo e vegetação. Esses alvos se inter-relacionam e apresentam curva espectral distintas em algumas faixas do espectro eletromagnético.

O sensoriamento remoto aplicado a pastagens naturais heterogêneas amplia o foco no alvo vegetação e busca considerar suas características intrínsecas e suas peculiaridades do ambiente para se obter informações e análise sobre seu comportamento. Entre os biomas estudados com uso do sensoriamento remoto, o bioma Caatinga é um dos mais heterogêneos, com maior inter-relação com os outros alvos e também com a atmosfera que, muitas vezes, através das nuvens, impede a obtenção de dados remotos da vegetação. Para Silveira (2018), a caatinga, vegetação natural adaptada às condições do semiárido brasileiro, possui fitofisionomias variadas de difícil mapeamento, cuja distribuição é influenciada pelas características pluviométricas e pedológicas locais.

A estimativa da quantidade de biomassa com uso de técnicas de sensoriamento remoto pode ser de grande importância nessa região, devido a suas grandes extensões de terra e alta variabilidade na vegetação caatinga (composição e estratos). As medições diretas têm alto grau de precisão, mas envolvem amostragem destrutiva, consomem tempo e têm alto custo (APARICIO *et al.*, 2000). As medições indiretas são boas alternativas para a medição de biomassa, pois implicam menor dano ambiental, menor mão de obra, menor custo financeiro e possibilidade de trabalhar em grandes áreas e de difícil acesso. Elas podem ser feitas com o uso de imagens de satélite e o desenvolvimento de equações alométricas.

Portanto, objetivou-se discutir sobre a produção e estoque de biomassa com uso de sensoriamento remoto em condições de Caatinga.

BIOMASSA

A biomassa, termo introduzido inicialmente por Eugene Adam, é constituída pelo material produzido por todos os seres vivos (animais, vegetais, fungos e protistas) em seus diferentes processos, isto é, a matéria orgânica viva, desde quando fixa energia solar nas moléculas constituintes de suas células, passando por todas as etapas da cadeia alimentar, ou trófica (BRISTOTI; SILVA, 1993; JOHANSSON *et al.*, 1992; WEREKO-BROBBY; HAGEN, 1996).

A biomassa de forragem refere-se ao peso seco total de plantas por unidade de área de solo acima de um nível de referência definido, frequentemente o nível do solo, em um dado tempo (REIS; BERNARDES; SIQUEIRA, 2013). A produção de biomassa na Caatinga é bem diversificada, com muitas espécies forrageiras nos três estratos: herbáceo, arbustivo e arbóreo. Estudos mostraram que mais de 70% das espécies da Caatinga participam significativamente da dieta dos ruminantes domésticos. A variação da dieta muda conforme o período do ano. No período chuvoso, as gramíneas e dicotiledôneas herbáceas compõem cerca de 80% da dieta dos ruminantes. Conforme avança o período de transição para a época seca, aumenta a disponibilidade de folhas secas de árvores e arbustos (caducifólias), tornando essas espécies cada vez mais importantes na dieta (ARAÚJO FILHO, 1995).

De acordo com Golley, Mcginnis e Clements (1978), a estimativa da biomassa é um instrumento útil também na avaliação de ecossistemas quanto à sua conversão de energia e ciclagem de nutrientes, absorção e armazenagem de energia solar, possibilitando maiores conclusões para o seu manejo racional.

ESTIMATIVA DE BIOMASSA COM USO DO SENSORIAMENTO REMOTO

O balanceamento adequado da oferta de forragem às demandas dos animais em distintas épocas do ano em pastagens naturais do Semiárido é uma necessidade para se obter resultados satisfatórios nos sistemas de produção animal a pasto. Para isso, fazem-se necessárias medições regulares da condição da pastagem, a partir da estimativa de produção de forragem e conseqüente disponibilidade de matéria seca para os animais, para auxiliar em decisões de manejo que beneficiem a composição de espécies desejáveis, produção de forragem e conseqüente desenvolvimento da atividade pecuária (LI *et al.*, 2012).

Nas últimas décadas, observou-se um significativo avanço na compreensão dessa interação, permitindo a caracterização fisionômica e estimativa de parâmetros biofísicos em ecossistemas florestais (LE

TOAN *et al.*, 1992; DOBSON *et al.*, 1995; HOEKMAN; QUINHONES, 2000; SANTOS *et al.*, 2003; SAATCHI *et al.*, 2007a; NARVAES, 2010; SAATCHI *et al.*, 2011).

A estimativa da biomassa depende de sensores acoplados aos veículos espaciais dependendo do nível de aquisição dos dados, seja orbital, sub-orbital ou terrestre. Neste último, não se necessita de sensor transportado. A aquisição pode ser feita na escala laboratorial.

Na escala orbital, existem alguns sensores que vêm sendo amplamente utilizados na análise da dinâmica da vegetação e produção de biomassa. Podem-se citar:

– LANDSAT: O tempo de revisita do Landsat-8/OLI é de 16 dias, e suas imagens são compostas por 11 bandas. A primeira delas se posiciona em uma faixa de comprimento inferior ao azul, as bandas 2, 3 e 4 na faixa do visível, a banda 5 na região do NIR, as bandas 6, 7 e 9 na região do SWIR, as bandas 10 e 11 na faixa do TIR, e uma banda pancromática abrangendo a região visível (banda 8). Todas as bandas têm resolução espacial de 30m, com exceção das duas bandas termais (100m) e da banda pancromática (15 m). Para o estudo, utilizaram-se somente as bandas localizadas na região do visível, NIR e SWIR, com 30m de resolução espacial. Assim como para as imagens do Sentinel2, o complemento SCP foi usado para aplicar a correção atmosférica DOS1 (MORAN *et al.*, 1992);

– SENTINEL: Ambos os satélites da missão Sentinel-2 (2A e 2B) contam com o sensor MultiSpectralInstrument (MSI) com 13 bandas espectrais, de elevada qualidade geométrica e radiométrica, voltadas para o monitoramento terrestre (DRUSCH *et al.*, 2012). As bandas do Sentinel-2 cobrem as regiões espectrais do visível (VIS), do infravermelho próximo (NIR) e do infravermelho de ondas curtas (SWIR). Dispõe de quatro bandas (2, 3, 4 e 8) com resolução espacial de 10 metros (EUROPEAN SPACE AGENCY, 2012);

– RAPIDEYE: No início de 2009, o sistema alemão RapidEye se tornou o primeiro satélite multiespectral a obter imagens na faixa espectral denominada *red-edge*, centrada entre vermelho e o infravermelho próximo (BLACKBRIDGE, 2012). Posteriormente, foi segui-

do pelo satélite WorldView-2, lançado em 2010. O posicionamento da banda *red-edge* no espectro eletromagnético coincide com o aumento brusco de reflectância da vegetação verde na faixa de transição entre o vermelho e o infravermelho próximo (SCHUSTER; FÖRSTER; KLEINSCHMIT, 2012). No vermelho, a vegetação verde absorve a radiação eletromagnética incidente para realizar fotossíntese, enquanto, no infravermelho próximo, a estrutura celular da folha produz uma forte reflexão. Portanto, as variações, tanto no conteúdo de clorofila como na estrutura da folha, relacionadas com diferentes classes de vegetação, podem ser registradas mais apropriadamente por sensores que possuem bandas nessa faixa espectral (BLACKBRIDGE, 2012). Entretanto, em um recente estudo, Kross *et al.* (2015) afirmaram que índices de vegetação baseados na banda *red-edge* não trouxeram nenhuma contribuição significativa sobre os índices tradicionais na estimativa de IAF e biomassa de soja e milho. Esse fato indica que o desempenho não só da banda do *red-edge*, mas também de outras bandas espectrais do RapidEye, processadas ou não para índices de vegetação, pode ser dependente das características do alvo e do terreno;

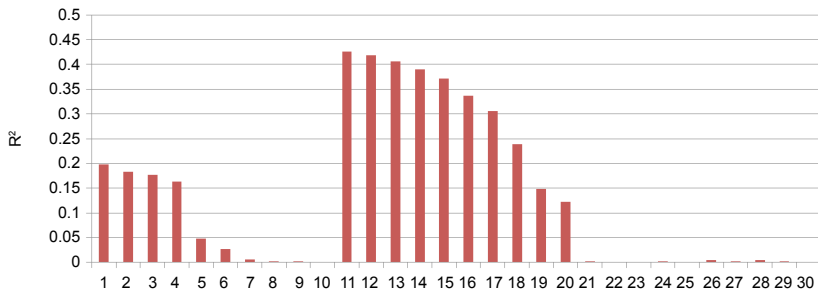
– ALOS PALSAR: Radar (*Radio Dtection and Ranging*) é um tipo de sensor ativo que opera na faixa de energia eletromagnética das micro-ondas. Entre as vantagens desse tipo de sensor, estão a independência em relação às condições da atmosfera (presença de nuvens, brumas, fumaças, poluição, etc.) e de iluminação solar, a alta resolução espacial e o tipo de interação com os alvos;

– LIDAR: Instrumentos baseados na tecnologia LiDAR (*Light Detection And Ranging*) têm criado uma nova forma de sensoriamento remoto. A tecnologia LiDAR se baseia na emissão de um pulso de laser em direção ao alvo, calculando-se o tempo que este pulso leva para atingir o alvo e retornar ao sensor. Assim, a distância sensor-alvo pode ser determinada (DUBAYAH *et al.*, 2000; LEFSKY *et al.*, 2002; GOETZ *et al.*, 2007). Essa característica tornou o LiDAR conhecido como “laser altimétrico” (DUBAYAH *et al.*, 2000).

RELAÇÃO ENTRE BIOMASSA MEDIDA *IN SITU* E ESTIMADA POR SENSORIAMENTO REMOTO

Para a geração de modelos empíricos de estimativa da produção de biomassa, é fundamental a identificação da banda espectral e o manejo ou a classe de vegetação que melhor a represente. O coeficiente de determinação não é o único, mas é um dos principais parâmetros estatísticos para validação de modelos estatísticos. É muito comum que um modelo apresente boa aplicabilidade para um manejo ou uma classe de vegetação específica. No Gráfico 1, podem-se observar três patamares distintos de coeficiente de determinação e trinta modelos de estimativa de biomassa. Os modelos de 1 a 10 utilizam relações das duas bandas espectrais associadas à produção de biomassa independentemente do manejo. Os modelos de 11 a 20 relacionam os dados obtidos no campo também com a relação de bandas espectrais duplas do Sentinel-2 em um tratamento com raleamento em faixa. Os modelos 21 a 30 foram analisados com a vegetação não manipulada. Observa-se patamar maior nos modelos com raleamento da Caatinga em faixa.

Gráfico 1 – Coeficiente de determinação de modelos relacionados com o uso e manejo da vegetação

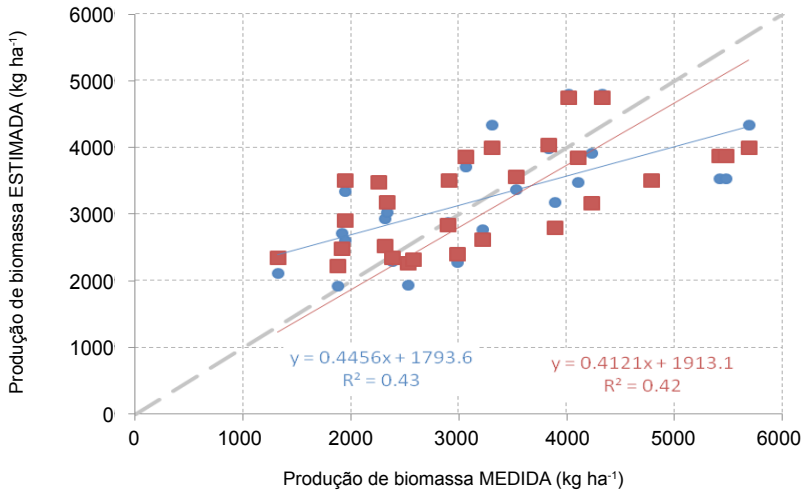


Fonte: elaborado pelo autor.

Dos vários modelos gerados, trabalhou-se sobre os dois que obtiveram melhor ajuste, sendo obtida a relação entre biomassa medida e estimada, como mostra o Gráfico 2. O coeficiente de determinação apre-

sentado na figura seguinte, deve-se principalmente à complexidade dos elementos vegetais da Caatinga, levando em consideração sua composição fitossociológica e influência entre os componentes da vegetação.

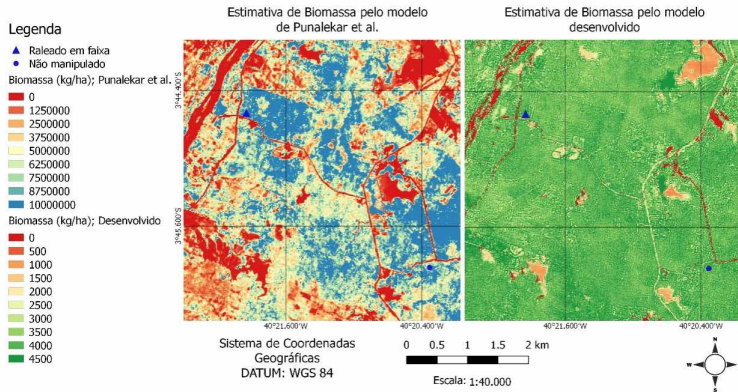
Gráfico 2 – Relação entre biomassa medida e estimada para os dois modelos mais ajustados



Fonte: elaborado pelo autor.

Devido à grande variabilidade sobre as condições ambientais e satélites utilizados, a obtenção de modelos generalistas para estimativa de biomassa torna-se bastante complexa. Por isso, torna-se relevante a avaliação a nível regional, levando em consideração as condições da vegetação local. Na Figura 1, é possível observar a variação sobre a resposta da produção de biomassa do modelo de Punalekar *et al.* (2018) e o proposto neste trabalho.

Figura 1 – Comparação entre a estimativa pelo modelo de Punalekar *et al.* (2018) e o modelo desenvolvido



Fonte: elaborada pelo autor.

No trabalho desenvolvido por Punalekar *et al.* (2018), é possível pontuar algumas limitações que contribuem para a inutilização do modelo à estimativa da biomassa do estrato herbáceo nas condições semiáridas. O experimento fez uso das imagens do orbital Sentinel-2 para avaliar pastagens cultivadas com espécies favoráveis para o clima temperado do sul da Inglaterra, diferenciando das pastagens naturais da Caatinga devido à existência da resposta espectral do componente arbóreo e à inexistência de espécies adaptadas às condições semiáridas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso do sensoriamento remoto na estimativa da biomassa é promissor. Entretanto, cinco aspectos principais devem ser levados em consideração: i) A maior preservação e heterogeneidade da classe de vegetação confere maior possibilidade de estimativas erradas na produção de biomassa; ii) A qualidade do dado obtido no campo pode causar impactos significativos na estimativa com uso de sensoriamento remoto; iii) Os modelos empíricos de estimativa da produção de biomassas

sa; iv) O uso de DRONES para coleta de dados de resposta espectral pode evitar um dos grandes problemas da aquisição de dados orbitais, a nebulosidade; v) O uso do sensoriamento remoto integrado a modelos de previsibilidade e alerta pode contribuir significativamente para tomadas de decisões importantes no manejo da pastagem e na garantia do estoque de forragem.

REFERÊNCIAS

AHAMED, T.; TIAN, L.; ZHANG, Y.; TING, K. C. A review of remote sensing methods for biomass feedstock production. *Biomassa and Bioenergy*, v. 35, n. 7, p. 2455-2469.

APARICIO, N. *et al.* Spectral vegetation indices as nondestructive tools for determining durum wheat yield. *Agronomy Journal*, v. 92, n. 1, p. 83-91, 2000.

ARAÚJO FILHO, J. A. *Manipulação da vegetação lenhosa da caatinga para fins pastoris*. Sobral: Embrapa-CNPC, 1995. 18 p. (Circular Técnica, n. 11).

BLACKBRIDGI. *The RapidEye red edge band*. Disponível em: http://blackbridge.com/rapideye/upload/Red_Edge_White_Paper.pdf. Acesso em: 5 jun. 2012.

BRISTOTI, A.; SILVA, J. L. S. *Diagnóstico da utilização e da oferta da biomassa vegetal no Rio Grande do Sul*. Porto Alegre: Núcleo de Energia/Promec/UFRGS, 1993.

DEERING, D. W. *Rangeland reflectance characteristics measured by aircraft and spacecraft sensors*. 1978. 338 p. (Ph.D. Dissertation) – Texas A&M University, Texas, College Station, 1978.

DOBSON, M. C. *et al.* Estimation of forest biophysical characteristics in Northern Michigan with SIR-C/X-SAR. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, v. 33, n. 4, p. 877-895, 1995.

DRUSCH, M. *et al.* Sentinel2: ESA's optical high-resolution mission

for GMES operational services. *Remote Sensing of Environment*, v. 120, n. sp-1322/2, p. 25-36, maio 2012.

DUBAYAH, R. O.; KNOX, R. G.; HOFTON, M. A.; BLAIR, J. B.; DRAKE, J. B. *Land surface characterization using lidar remote sensing*. In: HILL, M.; ASPINALL, R. (ed.). Spatial Information for Land Use Management. International Publishers Direct, Singapore, 2000.

EUROPEAN SPACE AGENCY. *Multispectral instrument (MSI) overview*. Disponível em: <https://earth.esa.int/web/sentinel/technical-guides/sentinel-2msi/msi-instrument>. Acesso em: 18 nov. 2018.

FEITOSA, R. C. *Estoque de carbono em floresta tropical sazonalmente seca no Nordeste do Brasil: uma comparação entre dois usos do solo*. 2017. 95 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2017.

GOETZ, S.; STEINBERG, D.; DUBAYAH, R.; BLAIR, B. Laser remote sensing of canopy habitat heterogeneity as a predictor of bird species richness in an eastern temperate forest, USA. *Remote Sensing of Environment*, v. 108, p. 254-263, 2007.

GOLLEY, F. B.; MCGINNIS, J. T.; CLEMENTS, R. G. Ciclagem de minerais em um ecossistema de floresta tropical úmida. São Paulo: Edusp, 1978. 256 p.

HOEKMAN, D. H.; QUIÑONES, M. J. Land cover type and biomass classification using AirSAR data for evaluation of monitoring scenarios in the Colombian Amazon. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, v. 38, n. 2, p. 685-696, 2000.

HUETE, A. R.; LIU, H. Q.; BATCHILY, K.; VAN LEEUWEN, W. A comparison of vegetation indices over a global set of TM images for EO-MODIS. *Remote Sensing of Environment*, v. 59, n. 3, p. 440-451, Mar. 1997.

JOHANSSON, T. B.; KELLY, H.; AMULYA, K. N.; REDDY, A. K. N.; WILLIAMS, R. H. Renewable Fuels and Electricity for a Growing World Economy: defining and achieving the potential. *Energy Studies Review*, v. 4, n. 3, p. 201-212, 1992.

KLASS, D. L. *Biomass for renewable energy, fuels, and chemicals*. San Diego: Academic Press, 1988. 651 p.

KROSS, A.; MCNAIRN, H.; LAPEN, D.; SUNOHARA, M.; CHAMPAGNE, C. Assessment of RapidEye vegetation indices for estimation of leaf area index and biomass in corn and soybean crops. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, v. 34, p. 235-248, 2015.

LEFSKY, M. A.; COHEN, W. B.; PARKER, G. G.; HARDING, D. Lidar remote sensing. *BioScience*, v. 52, n. 1, 2002.

LE TOAN, T.; BEAUDOIN, A.; RIOM, J.; GUYON, D. Relating forest biomass to SAR data. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, v. 30, n. 2, p. 403-411, 1992.

LI, Z. *et al.* Spatially locating soil classes within complex soil polygons-mapping soil capability for agriculture in Saskatchewan Canada. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, v. 152, n. 6, p. 59-67, 2012.

LILLESAND, T. M.; KIEFER, R. W. Remote sensing and image interpretation. 2nd. ed. New York: John Wiley & Sons, 2000. 721 p.

MORAN, M. S.; JACKSON, R. D.; SLATER, P. N.; TEILLET, P. M. Evaluation of simplified procedures for retrieval of land surface reflectance factors from satellite sensor output. *Remote Sensing of Environment*, v. 41, n. 2-3, p. 169-184, 1992.

NARVAES, I. S. *Avaliação de dados SAR polarimétricos para estimativa de biomassa em diferentes fitofisionomias de florestas tropicais*. 2010. 191 f. Tese (Doutorado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2010.

PEREZ, G. G. *Uso de imagens do Sentinel 2 na estimativa de parâmetros biofísicos da vegetação em áreas de Mata Atlântica*. 2018.

142 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos/SP, 2018.

PUNALEKAR, S. M. *et al.* Application of Sentinel-2A data for pasture biomass monitoring using a physically based radiative transfer model. *Remote Sensing of Environment*, v. 218, p. 207-220, Dec. 2018.

REIS, R. A.; BERNARDES, T. F.; SIQUEIRA, G. R. *Forragicultura: ciência, tecnologia e gestão dos recursos forrageiros*. Jaboticabal: M. de L. Brandel-ME, 2013.

REES, W. G. *Physical principles of remote sensing*. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 1990. 247 p.

ROUSE, J. W. *et al.* Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. In: FRADEN, S. C.; MARCANTI, E. P.; BECKER, M. A. (ed.). *Third ERTS-1 Symposium*, 1974. p. 10-14.

SAATCHI, S. S.; HOUGHTON, R. A.; ALVALA, R. C. S.; SOARES, J. V.; YU, Y. Distribution of aboveground live biomass in the Amazon basin. *Global Change Biology*, v.13, n. 4, p. 816-837, 2007.

SAATCHI, S.; MARLIER, M.; CHAZDON, R. L.; CLARK, D. B.; RUSSELL, A. E. Impact of spatial variability of tropical forest structure on radar estimation of aboveground biomass. *Remote Sensing of Environment*, v. 115, p. 2836-2849, 2011.

SANTOS, J. R.; FREITAS, C. C.; ARAUJO, L. S.; DUTRA, L. V.; MURA, J. C.; GAMA, F. F.; SOLER, L. S.; SANT'ANNA, S. J. S. Airborne P-band SAR applied to the aboveground biomass studies in the Brazilian tropical rainforest. *Remote Sensing of Environment*, v. 87, n. 4, p. 482-493, 2003.

SCHUSTER, C.; FÖRSTER, M.; KLEINSCHMIT, B. Testing the red edge channel for improving land-use classifications based on high-resolution multi-spectral satellite data. *International Journal of Remote Sensing*, v. 33, n. 17, p. 5583-5599, 2012.

SEAGER, S.; TURNER, E. L.; SCHAFER, J.; FORD, E. B. Vegetation's red edge: a possible spectroscopic biosignature of extraterrestrial plants. *Astrobiology*, v. 5, n. 3, p. 372-390, June 2005.

SILVEIRA, H. F. S. *Uso de dados do sensor MSI/Sentinel-2 e de LIDAR aerotransportado para mapeamento de fitofisionomias de caatinga e estudo das relações com atributos físico-químicos dos solos*. 2018. 136 f. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2018.

WEREKO-BROBBY, C. Y.; HAGEN, E. B. *Biomass conversion and technology*. England: John Wiley & Sons Ltd., 1996. 203 p. (UNESCO energy engineering series).

CONTRIBUTION OF BROWSE TO HERBIVORE NUTRITION IN SEMIARID RANGELANDS: INSIGHTS FROM WEST AFRICA

Luc Hippolyte Dossa¹

ABSTRACT

Worldwide, semiarid rangelands are undergoing rapid degradation due to climate change and variability, demographic pressure, and land conversion, coupled with increase in livestock populations. Major consequences in rangelands include, *inter alia*, modification in plant species composition, reduction in plant cover, and decrease in forage quantity and quality. These changes have a drastic effect on livestock production, the most dominant land use system in semiarid regions. Local livestock keepers have adopted herd mobility and use of browse species to cope with spatial and temporal feed scarcity and the disappearance of some key herbaceous species. Through a case study from the World's largest continuous band of semiarid rangeland, this paper provides a contribution to the body of knowledge on the importance and role of browse to domestic herbivore nutrition in the semiarid rangelands. Improving this role, and thereby increasing the resilience of pastoral systems in semiarid rangelands, requires a better knowledge of key species and of their spatio-temporal distribution.

Keywords: Domestic ruminants. Drylands. Feeding. Shrubs. Trees.

¹ Faculté des Sciences Agronomiques, Université d'Abomey-Calavi, Bénin (hippolyte.dossa@fsa.uac.bj; dolhip@yahoo.com).

INTRODUCTION

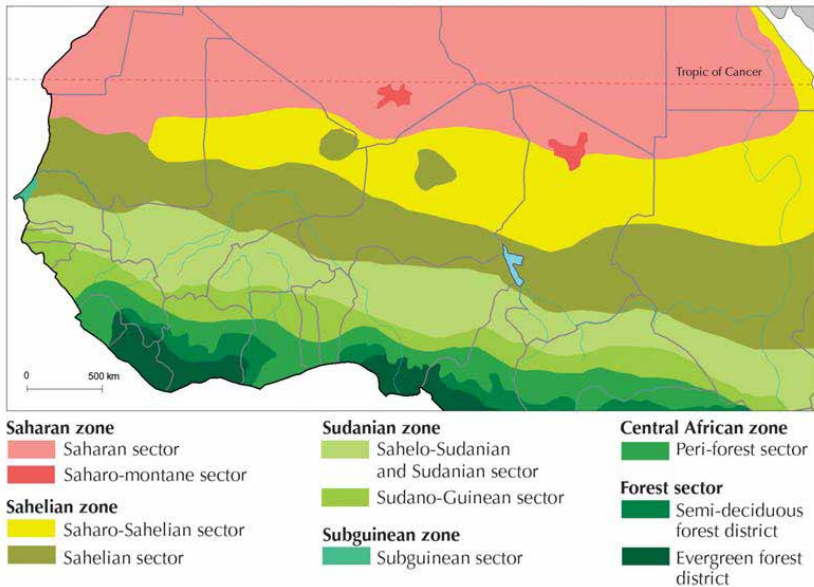
Semiarid regions are a subtype of drylands with a low, variable, erratic and insufficient or barely sufficient rainfall to cover the growth needs of the vegetation all year round (ROSENZWEIG; HILLEL, 2005; SIDAHMED, 2018). They have an aridity index (ratio of total annual precipitation to potential evapotranspiration), between 0.2 and 0.5 (LAL, 2004). They are found throughout the world (LUND, 2007) and cover together with arid regions more than one-third of the total land area of the world (DAVIES *et al.*, 2012; SHELEY, 2018) with a continuous increase in the area by desertification processes under climate change (HUANG *et al.*, 2016). They support one-third of the world's human population and provide habitat for one-third of the global plant and animal diversity (SHELEY, 2018).

Rangelands have been defined as lands carrying native (REEVES; MITCHELL, 2011) or natural or semi-natural vegetation (HOMEWOOD, 2004). They include grasslands, shrublands, and tundra. Though there are no reliable estimates of the world's rangeland areas, it is widely accepted that they support approximately 50% of the world's livestock (VAN OUDENHOVEN *et al.*, 2015; SHELEY, 2018); livestock being the most important source of income and livelihoods for millions of people worldwide (THORNTON, 2010). According to Lund (2007), rangelands provide 70% of the feed for domestic herbivores in many parts of the world. They predominate in drylands (arid and semi-arid lands) where pastoral systems are the main livestock-based systems.

Semiarid rangelands are the native vegetation in semiarid lands (REEVES; MITCHELL, 2011). Though strikingly patterned and forming regular stripes on hillsides and irregular mosaics on flat ground (KLAUSMEIER, 1999), they consist predominately of grasses, grasslike plants, forbs, or shrubs (LUND, 2007). The world's largest continuous semiarid rangeland and most exposed to climatic and anthropogenic changes extends from the Atlantic Ocean to the Indian Ocean south to the Sahara desert (PANTHOU *et al.*, 2018). The West African part of this large semiarid rangeland, also called semiarid West African semiarid tropics

(MATLON, 1987), includes all of Senegal, the Gambia, Burkina Faso; major southern portions of Mauritania, Mali, and Niger; and the northern portions of Ivory-Coast, Ghana, Togo, Benin and Nigeria. It is the zone between the Sahara and the Sudanian zone (Figure 1) and encompasses the Sahelian and the Sahelo-Sudanian rangelands. However, recent and accurate estimates of West African semiarid rangelands are lacking (LIPPER; DUTILLY-DIANE; MCCARTHY, 2010).

Figure 1 – Climatic zones in Tropical Africa



Source: (ARBONNIER, 2004).

The Sahelian semi-arid rangelands receive 250 to 500 mm of annual rainfall with great variability in amount and timing (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION, 2006). The vegetation is generally characterized by wooded grasslands mixed with shrubs. The native grasses are essentially annual and from the genera *Aristida* and *Cenchrus* whereas

the woody perennial plants are dominated by the genus *Acacia* followed by *Balanites* and *Ziziphus* (LE HOUEROU, 1980).

Annual rainfall varies from 500 to 900 in the Sahelo-Sudanian (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION, 2006). This zone is characterized by a wooded savannas vegetation dominated by trees and shrubs from the *Combretaceae* family (LE HOUEROU, 1980). According to Hernandez *et al.* (2015), these tree and shrubs function as “resource islands” within the savanna ecosystems.

Through a case study from the West African semiarid region, this paper provides a contribution to the body of knowledge on the importance and contribution of browse to domestic herbivore nutrition in the semiarid rangelands worldwide.

HERBIVOROUS LIVESTOCK PRODUCTION IN THE SEMIARID WEST AFRICAN REGION: POTENTIAL-CONSTRAINTS- OPPORTUNITIES

The extensive production of herbivorous livestock is one of the most important land use activities in the drylands of West Africa and an important economic activity that provides food (milk and meat), non-food services (manure, animal traction, transport, hides and skins, haulage, collection and marketing of livestock and animal products and byproducts, etc.), and cash income (HERRERO *et al.*, 2014; TURNER; MCPEAK; AYANTUNDE, 2014). It thus plays a substantial role in food security and poverty alleviation, as pastoralists, who have livestock as their main assets, form a large portion of the poor people in the West African region (MORTIMORE *et al.*, 2009; SIDAHMED, 2018).

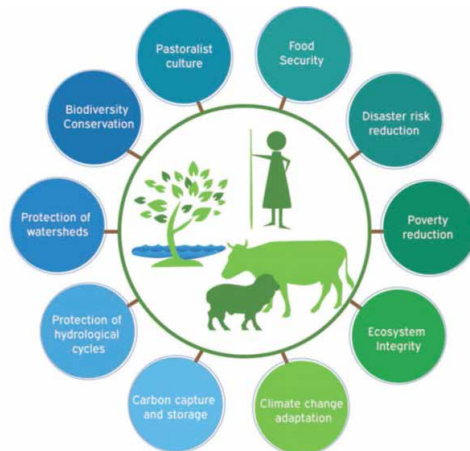
Its contribution to the national agricultural gross domestic product ranges from less than 10% in countries at the south of the Sahelo-sudanian zone to around 30 to 50% in most countries located in the Sahelian zone (LY; FALL; OKIKE, 2010). The population of livestock in West Africa was estimated in 2016 to about 73.7 M cattle, over 350 M sheep and goats, and 4.6 M camels (FAOSTAT, 2018). More than two-third of these herbivore population are found in the semiarid regions of

the concerned West African countries where they are raised in pastoral systems, the dominant livestock-based systems in semi-arid rangelands.

Moreover, the economic importance of pastoral husbandry should not be limited to its contribution to the national gross domestic product since various related activities are developed around this sector (transport, haulage, collection and marketing of livestock and animal products and byproducts, etc.) which are important sources of employment and income for people in drylands (MARTIN *et al.*, 2016) and also for thousands of people in urban areas. This sector is said to provide employment to about 50% of the economically active West African population in 2008 (SWAC-OECD/ECOWAS, 2008).

Beyond its economic relevance, well-managed pastoral production contributes substantially to food security and sustainable land use while maintaining landscape - level ecosystem services as illustrated in Figure 2. Cattle are considered critical for sustainable agriculture in Africa as the main source of manure and draught power for crop production (AYANTUNDE *et al.*, 2018).

Figure 2 – The various advantages of pastoralism



Source: (MCGAHEY *et al.*, 2014).

Pastoralism relies on the vegetation of rangelands and other natural resources, and in return, herds' seasonal movements facilitate the rehabilitation of these rangelands during the year and contribute to maintaining grazed ecosystems through soil fertility, carbon sequestration in the soil (LIPPER; DUTILLY-DIANE; MCCARTHY, 2010; DABASSO *et al.*, 2014), water and nutrients regulation and biodiversity conservation (NOTENBAERT *et al.*, 2012), and regulation of parasites and diseases (NIAMIR-FULLER, 1999).

West Africa is the most rapidly urbanizing region of the world (UNITED NATIONS DEPARTMENT OF ECONOMIC AND SOCIAL AFFAIRS, 2015). This rapid urbanization, associated with increases in per capita incomes and changes in lifestyles are the main drivers of the regional growth in demand for livestock products (HOLLINGER; STAATZ, 2015). This rising demand, expected to double by 2050, offers good opportunities for the local production (ZHOU; STAATZ, 2016).

However this local livestock production faces many constraints, the most important being the inadequate nutrition due to marked year round variation in availability and quality of feed resources (ZOUGMORÉ *et al.*, 2016). In both Sahelian and Sahelo-Sudanian zones, the nutrition of livestock is almost exclusively based on the exploitation of the natural pastures from semi-arid rangelands. But the productivity of these rangelands is subjected to high spatial and temporal variation due to variable rainfall (HIERNAUX *et al.*, 2009; MIEHE *et al.*, 2010). Moving from the Sahelian to the Sahelo-Sudanian zone, the total biomass increases, but the protein content of the fully grown plants, thus the quality of the rangeland, decreases (BREMAN; DE WIT, 1983; RITTNER; REED, 1992). Furthermore, these rangelands have been undergoing substantial degradation during the last decades, mainly due to increasing human population, encroaching of crop cultivation onto better pastures, overgrazing, desertification (WEZEL; RATH, 2002; HART, 2008; LIPPER; DUTILLY-DIANE; MCCARTHY, 2010) and increase in livestock number (ALKEMADE *et al.*, 2013; OUÉDRAOGO *et al.*, 2017). The conversion of rangelands to other land uses will likely accelerate in future decades as land scarcity

increases (LAMBIN; MEYFROIDT, 2011). To cope with the reduction in the primary productivity of the rangelands, livestock keepers in the semiarid region of West Africa have adopted several strategies including herd mobility (TURNER; MCPEAK; AYANTUNDE, 2014; TURNER *et al.*, 2016) and relying on feed resources other than grasslands, such as crop residues (POWELL *et al.*, 2004) and browse (ZAMPALIGRÉ; DOSSA; SCHLECHT, 2013; OUÉDRAOGO *et al.*, 2017).

CONTRIBUTION OF BROWSE TO HERBIVORE NUTRITION

Browse is defined by Rutherford (1979) as a plant material (leaves, twigs, flowers, fruits and pods) from a woody species (shrubs and trees) that is potentially edible to a set of animals. For Turner and Belesky (2010), it is the leaf and twig growth of shrubs, woody vines, trees, cacti, and other non-herbaceous plants. The flora of tropical Africa contains a minimum number of 7927 woody species, including 3013 trees, 3158 shrubs and 1756 liana (SOSEF *et al.*, 2017). According to Wickens (1980), at least 75% are browsed by livestock and wildlife to a greater or lesser extent. A number of them is also used by rural families for different livelihoods purposes including food, firewood, protection against erosion, enhancement of soil fertility, medicinal and veterinary uses (HAGLUND *et al.*, 2011; ZAMPALIGRÉ; DOSSA; SCHLECHT, 2013; SINARE; GORDON, 2015; MUDZENGI *et al.*, 2017; OUÉDRAOGO *et al.*, 2017). The integration of woody perennials within croplands is also a widespread practice in Semi-arid West Africa (BAYALA *et al.*, 2014; BAYALA *et al.*, 2015).

Local knowledge on key browse species used in herbivores

For decades, the screening of browse species and evaluation of biomass production with the aim to improve fodder availability in semiarid regions has focused on few improved species such as *Leucaena leucocephala* and *Gliricidia sepium*, for which planting material and information are available from international sources

(ROOTHAERT; FRANZEL, 2001). Worldwide, there is now a growing body of publications recognizing the importance of the local knowledge of pastoralists and farmers in screening indigenous fodder trees and shrubs which are well appreciated by their livestock (BAYER, 1990; ROOTHAERT; FRANZEL, 2001; OKOLI *et al.*, 2003; JIMÉNEZ-FERRER *et al.*, 2007; MEKOYA *et al.*, 2008; ZAMPALIGRÉ; DOSSA; SCHLECHT, 2013; BALEHEGN; EIK; TESFAY, 2015; NUNES *et al.*, 2015; NUNES *et al.*, 2016; BRUSCHI *et al.*, 2017; GENG *et al.*, 2017; HARUN *et al.*, 2017; MUDZENGI *et al.*, 2017).

According to Le Houerou (1980), there are several hundred species of trees and shrubs browsed by domestic livestock and wild herbivores in Africa. However, recent published studies eliciting the number of indigenous trees and shrubs species browsed by domestic ruminants in the West African semi-arid region are scanty. In Burkina-Faso, Zampaligré, Dossa and Schlecht (2013) reported an increase in the use of browse species in the last two decades and listed 75 woody species distributed across 24 botanical families. The pastoralists' most preferred families were *Mimosoideae*, *Combretaceae* and *Caesalpinaceae*. In the same country, Ouédraogo-Koné, Kaboré-Zoungrana and Ledin (2008) reported up to 24 species. Generally, local people preferences for browse are driven by their availability and resistance to drought (SANON; KABORÉ-ZOUNGRANA; LEDIN, 2007) but also by their nutritive importance, palatability and cultural values for livestock feeding (NAAH; GUUROH, 2017).

Availability

The indigenous browse plants of the semiarid West African region are very heterogeneous and phenologically diversified, some being deciduous others being persistent or semi-persistent (DE BIE *et al.*, 1998; DEVINEAU, 1999). The foliage of the deciduous plants appears at the end of the dry season or at the beginning of the rains, when there is a feed shortage, whereas the young leaves of plants with persistent foliage, usually emerge during the cold dry season, just before the

period of feed scarcity (HIERNAUX *et al.*, 1994). The flowering and fruiting periods also vary greatly from one species to another (DE BIE *et al.*, 1998; DEVINEAU, 1999). At any time of the year, the browse plants can therefore provide some edible forage for domestic ruminants in this region.

The variability of phenological phases coupled with the diversity of browse species favors the availability of edible forage at any time of the year for domestic herbivore in the semiarid West Africa region and stress the fundamental role of browse in animal feeding in this zone (SANON; KABORÉ-ZOUNGRANA; LEDIN, 2007).

Nutritive value

The nutritive value of browse depends on their nutrient contents, ruminal and post-ruminal digestibility, and on the presence of secondary compounds limiting nutrient use (RITTNER; REED, 1992; MAKKAR; BLÜMMEL; BECKER, 1995; ATHANASIADOU; KYRIAZAKIS, 2004). There are many reports on the chemical composition of number of browse species from West Africasemiarid region (RITTNER; REED, 1992; BREMAN; KESSLER, 1995; ASCHFALK *et al.*, 2000; SANON; KABORÉ-ZOUNGRANA; LEDIN, 2008; NJIDDA; NASIRU, 2010; ZAMPALIGRÉ; DOSSA; SCHLECHT, 2013). The results show that browse are very heterogeneous plant groups. They generally have medium to high crude protein contents depending on the part of the plant and on the browse species, high protein degradability, and low contents of acid detergent lignin and of secondary compounds (total phenols, condensed tannins). For example, Zampaligré, Dossa and Schlecht (2013) provided values ranging from 72 to 130 g kg⁻¹ dry matter (DM) for the pods or fruits and from 100 to 245 g kg⁻¹ DM for the foliage of browse species selected by domestic ruminants in the semi-arid zones of Burkina Faso. Breman and Kessler (1995) obtained values ranging between 100 and 206 g kg⁻¹ DM in foliage from different browse species. Sanon, Kaboré-Zoungrana and Ledin (2008) also reported similar values for three browse species.

These results showed that most browse species from the semiarid region of West Africa have good nutrients. Their protein content are above the minimum level of 60-80 g kg⁻¹DM required in the diet for efficient ruminal fermentation (VAN SOEST, 1994). Hence, they represent important sources of high quality feeds and supplements for herbivores grazing on semiarid rangelands. But studies reporting the effects of the presence of browse in ruminants' diets on their productivity in semi-arid region of West Africa are scanty.

Potential uses and limitations

The large potential of browse plants to provide edible and nutrient-rich forage to herbivorous animals in the semiarid rangelands of West Africa is related to their high nutritive values and availability at any time of the year. Yet, a serious limitation of their use is the presence of anti-nutritive and toxic compounds which negatively affect their palatability, the availability and digestibility of nutrients, feed intake, and animal performances (MIN; SOLAIMAN, 2018; VANDERMEULEN, 2018).

Common anti-nutritional factors include non-protein amino acids (mimosine and indospecine), glycosides (cyanogens and saponins) and polyphenolic compounds (lignin and tannin). Among these factors, the polyphenolic compounds, and more specifically tannins appear to be the major constraint (TOPPS, 1992). However, tannins have both beneficial (i.e. anthelmintic) and adverse effects depending upon their nature and the amount consumed by the animal (WAGHORN, 2008; ALONSO-DIAZ *et al.*, 2010; PILUZZA; SULAS; BULLITTA, 2014; GERLACH *et al.*, 2018). Min *et al.* (2003) recommended to 50-55 g kg⁻¹ DM the maximum level of condensed tannins in ruminant' diets. Hence, browse species from the West African semi-arid rangelands, because of their low to moderate concentrations of condensed tannins (ZAMPALIGRÉ; DOSSA; SCHLECHT, 2013), have potential benefits for enhancing the sustainability of livestock-based livelihood systems in the region. However, as pointed out by Topps (1992), these species need

to be evaluated by in-vivo techniques because of the complex effects of phenolic compounds on ruminant physiology and nutrition.

FUTURE PERSPECTIVES AND CHALLENGES

Indigenous browse species, because they have the ability to persist during droughts and tend to be available year round, will undoubtedly have increasing importance in the nutrition of domestic herbivores and could make a major contribution to the sustainability of livestock-based livelihoods in these semiarid rangelands. However, in addition to their role as fodder, numerous browse species have been excessively used for other purposes, including firewood, fencing materials, food, human and veterinary medicines (SINARE; GORDON, 2015).

While knowledge on the local browse species, on their biomass productivity and on their spatio-temporal distribution is insufficient, their aforementioned multiple uses associated with their main harvesting methods (cutting, pruning, bark removal and root extraction), disappearance of some key species and lack of appropriate rangeland management and regeneration policies represent serious threats to their survival (OUÉDRAOGO *et al.*, 2017) and challenge their use for sustaining pastoral livestock production in these semiarid rangelands (MUDZENGI *et al.*, 2017).

REFERENCES

ALKEMADE, R. *et al.* Assessing the impacts of livestock production on biodiversity in rangeland ecosystems. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 110, n. 52, p. 20900-20905, 2013.

ALONSO-DÍAZ, M. A. *et al.* Tannins in tropical tree fodders fed to small ruminants: a friendly foe? *Small Ruminant Research*, v. 89, p. 164-173, 2010.

ARBONNIER, M. *Trees, shrubs, and lianas of West African dry zones*. Paris, France: Cirad, 2004

ASCHFALK, A. *et al.* Acceptance and digestibility of some selected browse feeds with varying tannin content as supplements in sheep nutrition in West Africa. *Journal of Veterinary Medicine*, v. 47, n. 9, p. 513-24, Nov. 2000.

ATHANASIADOU, S.; KYRIAZAKIS, I. Plant secondary metabolites: antiparasitic effects and their role in ruminant production systems. *Proceedings of the Nutrition Society*, v. 63, n. 4, p. 631-639, 2004.

AYANTUNDE, A. A. *et al.* Role of herbivores in sustainable agriculture in Sub-Saharan Africa. *Animal*, p. 1-11, 2018.

BALEHEGN, M.; EIK, L. O.; TESFAY, Y. There is more in fodder trees than their nutritional values: local valuation of indigenous fodder trees and shrubs by pastoral and agrarian communities in northern Ethiopia. *Forests, Trees and Livelihoods*, v. 24, n. 2, p. 112-127, 2015.

BAYALA, J. *et al.* Advances in knowledge of processes in soil-tree-crop interactions in parkland systems in the West African Sahel: a review. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, v. 205, p. 25-35, 2015.

BAYALA, J. *et al.* Parklands for buffering climate risk and sustaining agricultural production in the Sahel of West Africa. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, v. 6, p. 28-34, Feb. 2014.

BAYER, W. Use of native browse by Fulani cattle in central Nigeria. *Agroforestry Systems*, v. 12, n. 3, p. 217-228, 1990.

BREMAN H.; KESSLER, J. *Woody plants in aero-ecosystems of semi-arid regions*. Berlin: Springer-Verlag, 1995.

BREMAN, H.; DE WIT, C. T. Rangeland productivity and exploitation in the Sahel. *Science*, v. 221, n. 4618, p. 1341-1347, 1983.

BRUSCHI, P. *et al.* Traditional knowledge on ethno-veterinary and fodder plants in South Angola: an ethnobotanic field survey in Mopane woodlands in Bibala, Namibe province. *J. Agric. Environ. Int. Dev.*, v. 111, n. 1, p. 105-121, 2017.

DABASSO, B. H.; TADDESE, Z.; HOAG, D. Carbon stocks in semi-arid pastoral ecosystems of northern Kenya. *Pastoralism*, v. 4, n. 1, p. 5, 2014.

DAVIES, J. *et al.* *Conserving dryland biodiversity*. Nairobi: International Union for the Conservation of Nature, 2012

DE BIE, S. *et al.* Woody plant phenology in the West Africa savanna. *Journal of Biogeography*, v. 25, p. 883-900, 1998.

DEVINEAU, J. L. Seasonal rhythms and phenological plasticity of savanna woody species in a fallow farming system (South-west Burkina Faso). *Ecology*, v. 15, p. 497-513, 1999.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION – FAO. *Livestock's long shadow: environmental issues and options*. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization, 2006. 319 p.

FAOSTAT. FAO Statistical Database, 2018.

GENG, Y. *et al.* Prioritizing fodder species based on traditional knowledge: a case study of mithun (*Bos frontalis*) in Dulongjiang area, Yunnan Province, Southwest China. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, v. 13, n. 1, p. 24, May. 2017.

GERLACH, K. *et al.* Effect of condensed tannins in rations of lactating dairy cows on production variables and nitrogen use efficiency. *Animal*, v. 12, n. 9, p. 1-9, Sept. 2018.

HAGLUND, E. *et al.* Dry land tree management for improved household livelihoods: farmer managed natural regeneration in Niger. *J. Environ. Manage.*, v. 92, n. 7, p. 1696-1705, July. 2011.

HART, R. H. Land-use history on the short grass steppe. In: LAUENROTH, W. K.; BURKE, I. C. (ed.). *Ecology of the shortgrass steppe: a long-term perspective*. New York: Oxford University Press, 2008.

HARUN, N. *et al.* Ethnobotanical studies of fodder grass resources for ruminant animals, based on the traditional knowledge of indigenous communities in Central Punjab Pakistan. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, v. 13, n. 1, p. 56, 2017.

HERNANDEZ, R. R. *et al.* The native shrub, *Piliostigma reticulatum*, as an ecological “resource island” for mango trees in the Sahel. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, v. 204, p. 51-61, Feb. 2015.

HERRERO, M. *et al.* *African Livestock Futures: realizing the potential of livestock for food security, poverty reduction and the environment in Sub-Saharan Africa*. Office of the Special Representative of the UN Secretary General for Food Security and Nutrition and the United Nations System Influenza Coordination (UNSIIC), Geneva, Switzerland, 2014. 118 p.

HIERNAUX, P. *et al.* Trends in productivity of crops, fallow and rangelands in Southwest Niger: impact of land use, management and variable rainfall. *Journal of Hydrology*, v. 375, n. 1, p. 65-77, Aug. 2009.

HOLLINGER, F.; STAATZ, J. M. *Agricultural growth in West Africa: market and policy drivers*. FAO, African Development Bank, ECOWAS. Pobranopaździernik, 2015.

HOMEWOOD, K. M. Policy, environment and development in African rangelands. *Environmental Science & Policy*, v. 7, n. 3, p. 125-143, 2004.

HUANG, J. *et al.* Global semi-arid climate change over last 60 years. *Climate Dynamics*, v. 46, n. 3-4, p. 1131-1150, Feb. 2016.

JIMÉNEZ-FERRER, J. G. *et al.* Livestock, nutritive value and local knowledge of fodder trees in fragment landscapes in Chiapas, Mexico. *Interciencia*, v. 32, n. 4, p. 274, Apr. 2007.

KLAUSMEIER, C. A. Regular and irregular patterns in semiarid vegetation. *Science*, v. 284, n. 5421, p. 1826-1828, 1999.

LAL, R. Soil carbon sequestration to mitigate climate change. *Geoderma*, v. 123, n. 1-2, p. 1-22, 2004.

LAMBIN, E. F.; MEYFROIDT, P. Global land use change, economic globalization, and the looming land scarcity. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 108, p. 3465-72, 2011.

LE HOUEROU, H. N. The rangelands of the Sahel. *Journal of Range Management*, p. 41-46, 1980.

LIPPER, L.; DUTILLY-DIANE, C.; MCCARTHY, N. Supplying carbon sequestration from West African rangelands: opportunities and barriers. *Rangeland Ecology & Management*, v. 63, n. 1, p. 155-166, Jan. 2010.

LUND, H. G. Accounting for the world's rangelands. *Rangelands*, v. 29, n. 1, p. 3-10, 2007.

LY, C.; FALL, A.; OKIKE, I. West Africa: the livestock sector in need of regional strategies. In: GERBER, P. *et al.* (ed.). *Livestock in a changing landscape: experience and regional perspectives*. Washington, DC: Island Press, 2010. v. 2, 189 p.

MCGAHEY, D. *et al.* *Pastoralisme et économie verte – un lien naturel?* Nairobi, Kenya: PNUE & UICN, 2014.

MAKKAR, H. P.; BLÜMMEL, M.; BECKER, K. In vitro effects of and interactions between tannins and saponins and fate of tannins in the rumen. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v. 69, n. 4, p. 481-493, 1995.

MARTIN, R. *et al.* Livelihood security in face of drought-assessing the vulnerability of pastoral households. *Environmental Modelling & Software*, v. 75, p. 414-423, 2016.

MATLON, P. The West African semi-arid tropics. In: MELLOR, J. W.; DELGADO, C. L.; BLACKIE, M. J. (ed.). *Accelerating food production in Sub Saharan Africa*. Baltimore, Maryland: Johns Hopkins University Press, 1987.

MEKOYA, A. S. *et al.* Multipurpose fodder trees in the Ethiopian highlands: farmers' preference and relationship of indigenous knowledge of feed value with laboratory indicators. *Agricultural Systems*, v. 96, n. 1-3, p. 184-194, 2008.

MIEHE, S. *et al.* Long-term degradation of Sahelian rangeland detected by 27 years of field study in Senegal. *Journal of Applied Ecology*, v. 47, n. 3, p. 692-700, Apr. 2010.

MIN, B. R. *et al.* The effect of condensed tannins on the nutrition and health of ruminants fed fresh temperate forages: a review. *Animal Feed Science and Technology*, v. 106, n. 1-4, p. 3-19, Apr. 2003.

MIN, B. R.; SOLAIMAN, S. Comparative aspects of plant tannins on digestive physiology, nutrition and microbial community changes in sheep and goats: a review. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, v. 102, n. 5, p. 1181-1193, 2018.

MORTIMORE, M. *et al.* *Dryland opportunities: a new paradigm for people, ecosystems and development*. Nairobi, Kenya: IUCN, Gland, Switzerland; IIED, London, UK and UNDP/DDC, 2009.

MUDZENGI, C. P. *et al.* Screening key browse species in a semi-arid rangeland. *Cogent Food & Agriculture*, v. 3, n. 1, 2017.

NAAH, J. B. S.; GUUROH, R. T. Factors influencing local ecological knowledge of forage resources: ethnobotanical evidence from West Africa's savannas. *J. Environ. Manage.*, v. 188, p. 297-307, 2017.

NIAMIR-FULLER, M. *Managing mobility in African rangelands: the legitimization of transhumance*. Rome: FAO, 1999.

NJIDDA, A. A.; NASIRU A. In vitro gas production and dry matter digestibility of tannin-containing forages of semi-arid region of North-Eastern Nigeria. *Pakistan Journal of Nutrition*, v. 9, n. 1, p. 60-66, 2010.

NOTENBAERT, A. M. O. *et al.* Policies in support of pastoralism and biodiversity in the heterogeneous drylands of East Africa. *Pastoralism: research, policy and practice*, v. 2, n. 1, p. 14, 2012.

NUNES, A. T. *et al.* Plants used to feed ruminants in semi-arid Brazil: a study of nutritional composition guided by local ecological knowledge. *Journal of Arid Environments*, v. 135, p. 96-103, 2016.

NUNES, A. T. *et al.* Local knowledge about fodder plants in the semi-arid region of Northeastern Brazil. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, v. 11, n. 1, p. 12, Feb. 2015.

OKOLI, I. C. *et al.* A survey of the diversity of plants utilized for small ruminant feeding in South-Eastern Nigeria. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, v. 96, p. 147-154, June. 2003.

OUÉDRAOGO, P. *et al.* Uses and vulnerability of ligneous species exploited by local population of northern Burkina Faso in their adaptation strategies to changing environments. *Agriculture & Food Security*, v. 6, p. 1-15, 2017.

OUÉDRAOGO-KONÉ, S.; KABORÉ-ZOUNGRANA, C. Y.; LEDIN, I. Important characteristics of some browse species in an agrosilvopastoral system in West Africa. *Agroforestry Systems*, v. 74, n. 2, p. 213-221, 2008.

PANTHOU, G. *et al.* Rainfall intensification in tropical semi-arid regions: the sahelian case. *Environmental Research Letters*, v. 13, n. 6, May 2018.

PILUZZA, G.; SULAS, L.; BULLITTA, S. Tannins in forage plants and their role in animal husbandry and environmental sustainability: a review. *Grass Forage Science*, v. 69, p. 32-48, 2014.

POWELL, J. M.; PEARSON, R. A.; HIERNAUX, P. H. Crop-livestock interactions in the West African drylands. *Agronomy Journal*, v. 96, n. 2, p. 469-483, 2004.

REEVES, M. C.; MITCHELL J. E. Extent of coterminous US rangelands: quantifying implications of differing agency perspectives. *Rangeland Ecology and Management*, v. 64, p. 1-12, 2011.

RITTNER, U.; REED J. D. Phenolics and in-vitro degradability of protein and fibre in West African browse. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v. 58, n. 1, p. 21-28, 1992.

ROOTHAERT, R. L.; FRANZEL, S. Farmers' preferences and use of local fodder trees and shrubs in Kenya. *Agroforestry Systems*, v. 52, n. 3, p. 239-252, 2001.

ROSENZWEIG, C.; HILLEL, D. Climate change, agriculture, and sustainability. In: LAL, R. *et al.* (ed.). *Climate change and global food security*. Boca Raton, Florida: Taylor and Francis, 2005.

RUTHERFORD, M. C. Plant-based techniques for determining available browse and browse utilization: a review. *The Botanical Review*, v. 45, n. 2, p. 203-228, 1979.

SANON, H. O.; KABORÉ-ZOUNGRANA, C.; LEDIN, I. Edible biomass production from some important browse species in the Sahelian zone of West Africa. *Journal of Arid Environments*, v. 71, n. 4, p. 376-392, 2007.

SANON, H. O.; KABORÉ-ZOUNGRANA, C.; LEDIN, I. Nutritive value and voluntary feed intake by goats of three browse fodder species in the Sahelian zone of West Africa. *Animal Feed Science and Technology*, v. 144, n. 1-2, p. 97-110, 2008.

SHELEY, R. Editor's Choice for Rangeland Ecology & Management. *Rangeland*, v. 40, n. 1, p. 34-36, 2018.

SIDAHMED, A. E. Recent trends in drylands and future scope for advancement. In: GAUR, M. K.; SQUIRES, V. R. (ed.). *Climate variability impacts on land use and livelihoods in drylands*, 2018. p. 21-57.

SINARE, H.; GORDON, L. J. Ecosystem services from woody vegetation on agricultural lands in Sudano-Sahelian West Africa. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, v. 200, p. 186-199, 2015.

SOSEF, M. S. *et al.* Exploring the floristic diversity of tropical Africa. *BMC Biology*, v. 15, n. 1, p. 15, 2017.

SWAC-OECD/ECOWAS. *Livestock and regional markets in the Sahel and West Africa: potentials and challenges*, Sahel and West Africa Club/OECD. Paris, France, 2008. 127 p.

THORNTON, P. K. Livestock production: recent trends, future prospects. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, v. 365, n. 1554, p. 2853-2867, 2010.

TOPPS, J. H. Potential, composition and use of legume shrubs and trees as fodders for livestock in the tropics. *The Journal of Agricultural Science*, v. 118, n. 1, p. 1-8, 1992.

TURNER, K. E.; BELESKY, D. P. Terminology revisited: effective communications for the agricultural community. *Journal of Extension*, v. 48, p. 2, 2010.

TURNER, M. D. *et al.* Variation in vegetation cover and livestock mobility needs in Sahelian West Africa. *Journal of Land Use Science*, v. 11, n. 1, p.76-95, 2016.

TURNER, M. D.; MCPEAK, J. G.; AYANTUNDE, A. The role of livestock mobility in the livelihood strategies of rural peoples in semi-arid West Africa. *Human Ecology*, v. 42, n. 2, p. 231-247, 2014.

UNITED NATIONS DEPARTMENT OF ECONOMIC AND SOCIAL AFFAIRS. Population Division. *World Urbanization Prospects: the 2014 revision*. New York: United Nations, 2015.

VAN OUDENHOVEN, A. P. *et al.* Effects of different management regimes on soil erosion and surface runoff in semi-arid to sub-humid rangelands. *Journal of Arid Environments*, v. 121, p. 100-111, Oct. 2015.

VAN SOEST, P. J. *Nutritional ecology of the ruminant*. 2nd ed. Cornell Univ. Press, Ithaca, NY, 1994.

VANDERMEULEN, S.; RAMÍREZ-RESTREPO, C. A.; BECKERS, Y. Agroforestry for ruminants: a review of trees and shrubs as fodder in silvopastoral temperate and tropical production systems. *Animal Production Science*, v. 58, n. 5, p. 767-777, 2018.

WAGHORN, G. Beneficial and detrimental effects of dietary condensed tannins for sustainable sheep and goat production - progress and challenges. *Animal Feed Science and Technology*, v. 147, p. 116-139, 2008.

WEZEL, A.; RATH, T. Resource conservation strategies in agroecosystems of semi-arid West Africa. *Journal of Arid Environments*, v. 51, n. 3, p. 383-400, 2002.

WICKENS, G. E. Alternative uses of browse species. *In: LEHOUÉROU, H. N. (ed.). Browse in Africa: the current state of knowledge*. Ethiopia: ILCA, Addis Ababa, 1980. 27 p.

ZAMPALIGRÉ, N.; DOSSA, L. H.; SCHLECHT, E. Contribution of browse to ruminant nutrition across three agro-ecological zones of Burkina Faso. *Journal of Arid Environments*, v. 95, p. 55-64, 2013.

ZHOU, Y.; STAATZ, J. Projected demand and supply for various foods in West Africa: implications for investments and food policy. *Food Policy*, v. 61, p. 198-212, 2016.

ZOUGMORÉ, R. *et al.* Toward climate-smart agriculture in West Africa: a review of climate change impacts, adaptation strategies and policy developments for the livestock, fishery and crop production sectors. *Agriculture & Food Security*, v. 5, n. 1, p. 26, 2016.

GRAZING HERBIVORES DIET MONITORING BY PORTABLE NIRS

Douglas Ray Tolleson¹

ABSTRACT

Advances in portable near infrared spectroscopy (NIRS) have allowed the technology to be applied in remote areas, both in the field and in mobile laboratories. Smaller instruments are typically less expensive than bench-top spectrometers and have thus also provided for easier application in developing countries or new research programs. Portable applications have accomplished similar predictive calibrations as compared to standard instruments. The Grazingland Animal Nutrition Laboratory has explored the use of NIRS for monitoring the nutritional status of grazing animals in a variety of environments around the world. Portability and miniaturization will allow integration with other remote sensing platforms and expand the use of NIRS to large scale landscape nutritional monitoring as well as small scale individual animal applications.

Keywords: Animal nutrition. Near infrared spectroscopy. Portability. Remote sensing.

INTRODUCTION

Since the pioneering work of Karl Norris and colleagues brought near infrared spectroscopy (NIRS) to the forefront of non-invasive and non-destructive analytical techniques in the 1970's and 80's, the application of NIRS has grown significantly. Widely used in the fields

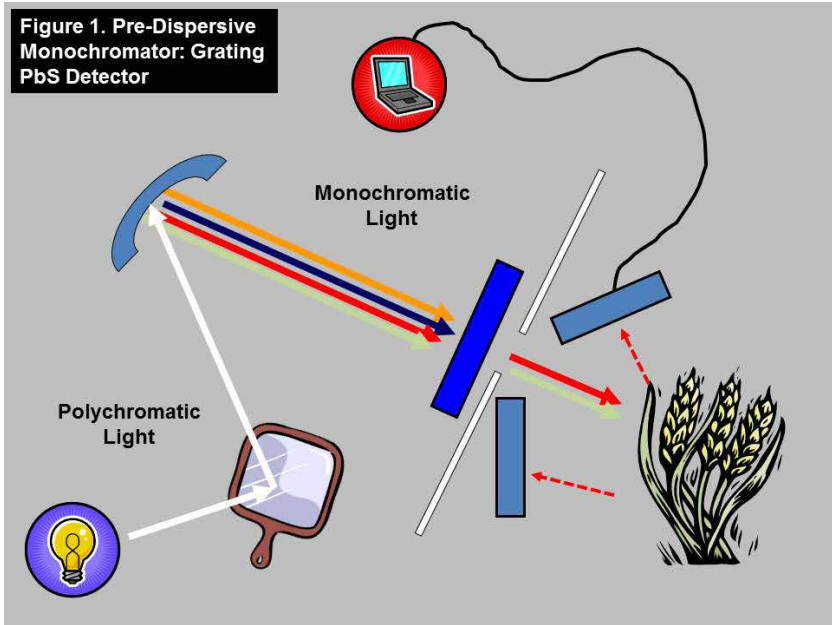
of agriculture (ROBERTS; STUTH; FLINN, 2004), pharmaceuticals (BURNS; CIURCZAK, 2008), and medicine (FERRARI; NORRIS; SOWA, 2012), NIRS combines physics, math, and engineering to advance our understanding of chemistry and biology. In agriculture, the technique was originally applied to determine constituents such as moisture, protein, and fiber in grains and forages. Range animal nutritionists then applied NIRS for the prediction of animal dietary characteristics by scanning feces. In “traditional” NIRS calibrations, spectral and reference chemistry values are obtained from the same sample. In fecal near infrared spectroscopy (FNIRS) calibrations, as the term is most often applied, reference chemistry is performed on the diet material and a spectrum is obtained on feces which result from the animal consuming that particular diet. Predictions of diet attributes such as composition, crude protein, or digestibility obtained via FNIRS can then be used to inform nutritional balance or other grazing management decisions (WHITE *et al.*, 2010; TOLLESON; SCHAFER, 2014). Commercial application of the FNIRS technique in the US and Australia currently involves collecting a composite fecal sample from a herd or flock and sending it to a central laboratory for analysis. Though typically faster than “wet chemistry”, this process may still take days to obtain results. Depending on timing and how rapidly plant phenology, grazing rotations, or animal nutritional requirements may change, forage nutritional information could be irrelevant by the time results are reported. The next logical step in applying the NIRS technique to acquire information about the diet of grazing animals is thus to analyze forage and or feces with portable instruments in the field, in real time.

PORTABLE NEAR INFRARED SPECTROSCOPY

Near infrared spectrometers can be classified into 2 general types based on the point at which polychromatic light is dispersed relative to interacting with a sample during the spectra collection process. Pre-dispersive instruments are those which disperse polychromatic light and then reflect multiple monochromatic bands

onto the sample. Light is then reflected or absorbed by the sample and the reflected bands are detected and recorded (Figure 1).

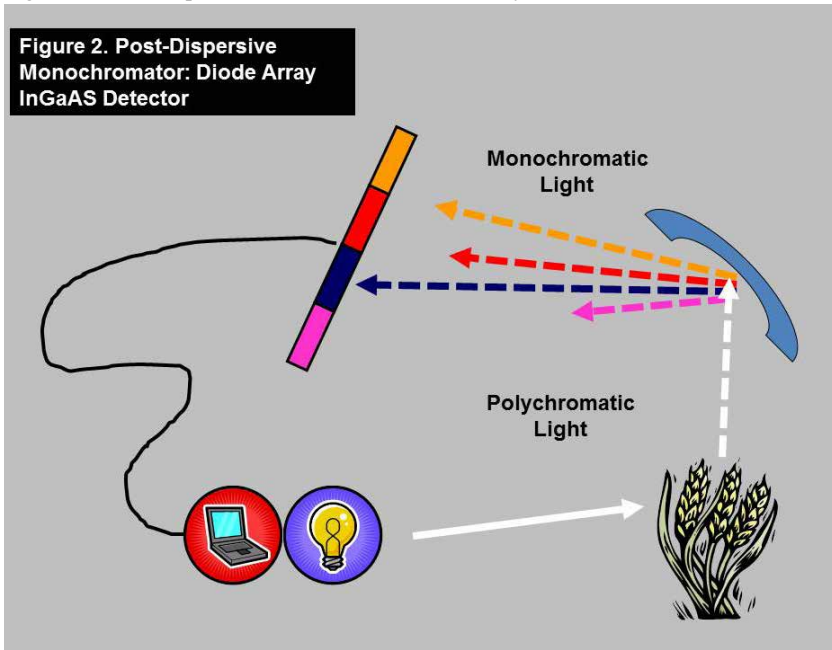
Figure 1 – Pré-dispersive monochromator: grating PbS Detector



Source: prepared by the author.

Conversely, post-dispersive instruments project polychromatic light onto a sample and the subsequently reflected light is dispersed by a grating into monochromatic bands which are recorded by an array of wavelength specific detectors (Figure 2). Post-dispersive instruments have fewer moving parts and so lend themselves to smaller sizes and thus portability. This portability allows the researcher or practitioner to “bring the lab to the sample” (Figure 3).

Figure 2 – Post-disparate monochromator: diode array InGaAS detector



Source: prepared by the author.

Figure 3 – Bring the lab to the sample



Source: prepared by the author.

PRACTICAL AND RESEARCH APPLICATIONS IN GRAZING ANIMAL NUTRITION

Real time assessments of soil, forage, or animal attributes could greatly influence decision making for livestock producers. Current standard analytical techniques provide accurate information about the chemical composition of a substance but may require considerable time before an answer is obtained. As previously described, in rapidly changing rangeland conditions, the analysis may not represent actual conditions by the time information is received. Portable NIRS could be one method of acquiring real time decision support information.

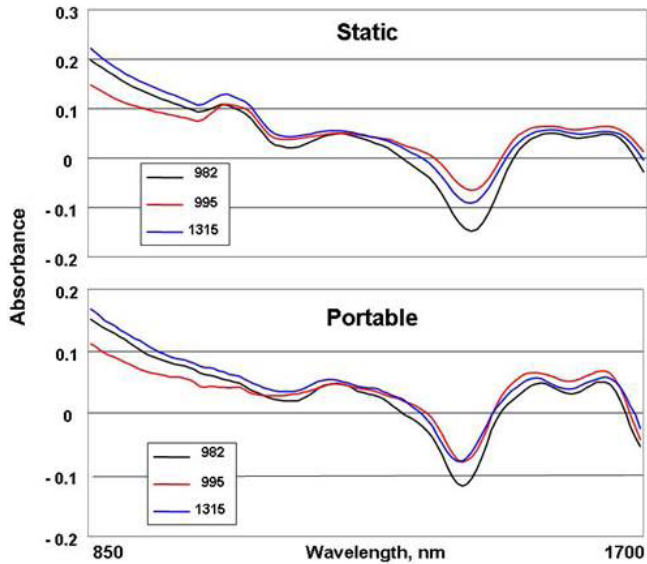
At Texas A&M University's Grazingland Animal Nutrition Laboratory, we began to experiment with portable near infrared spectrometers in the early 2000's (Figure 4). Once deciding to use the Ocean Optics NIR512[®], we conducted a preliminary analysis (TOLLESON; STUTH, 2005) to compare spectra obtained on a set of sheep (*Ovisaries*) diet reference method: fecal spectra (D:F) pairs from the work of Li *et al.* (2007). Our objective was to determine if we could re-create existing FNIRS diet quality calibrations on a portable instrument. We randomly selected a subset (n = 42) of D:F pairs from the original 78 and obtained spectra on the portable spectrometer. Spectra obtained on both instruments were visibly similar (Figure 5) and calibration statistics were comparable (crude protein: RSQ = 0.96, SE calibration = 0.97; digestible organic matter: RSQ = 0.92, SE calibration = 0.84 versus Li *et al.* in which the respective values were 0.95; 1.08 and 0.80; 1.51). Subsequently, several experiments were conducted to evaluate mobile/portable NIRS instruments in a variety of either remote laboratory or field applications.

Figure 4 – Early exploration with portable NIRS at the Texas A&M University Grazingland Animal Nutrition Laboratory



Source: prepared by the author.

Figure 5 – Comparison of fecal NIR spectra from Sheep. Obtained on bench-top and portable instruments



Source: adapted from Tolleson and Stuth (2005).

Our first attempt to apply portable NIRS in the field was a pilot study conducted at the Texas A&M Sonora Research Station in 2005-2006 (TOLLESON; STUTH, 2006). We used portable NIRS to obtain chemical constituent information on free-ranging goat (*Capra hircus*) feces as well as on sideoatsgrama (*Bouteloua curtipendula*) plant tissue. One objective of this study was to determine the ability of portable NIRS to obtain consistent spectra under field conditions, and to discern treatment differences. In Trial 1, 3 scans of 3 individual pellets from 6 separate pellet groups (3 adult, 3 juvenile) were utilized. Coefficient of variation for 850, 1050, 1250, 1450, and 1650nm, log 1/R spectra ranged from 7.9 to 18.5 % in adults and from 2.7 to 59.5 % in juveniles. Similar values for 1st derivative spectra were 2.9 to 15.6 % and 1.1 to 12.5 % respectively. Absorbance (log 1/R) was greater ($P < 0.02$) in adults versus juveniles. In Trial 2, spectra were obtained on 20 separate *Bouteloua curtipendula* plants, 10 within a plot burned in February 2003 and 10 in an immediately adjacent unburned plot. Absorbance was greater ($P < 0.03$) in previously burned versus unburned plant material at 850nm, and tended to be higher at 1050 ($P = 0.11$) and 1650 ($P = 0.16$) nm. In these trials, portable NIRS yielded results comparable to static bench-top NIRS and we determined the instrument could be used in field conditions typically encountered in our work.

Our next step was to apply portable NIRS to determine dietary crude protein (CP) in forage fed to Mongolian livestock (TOLLESON *et al.*, 2008). If successful, the adoption of less expensive portable instruments should facilitate extension of the mobile laboratory concept into remote areas and developing countries. Diet CP: fecal spectra calibration pairs ($n = 63$) were created during 7-day feeding trials with mature (60 ± 2.0 kg) sheep ($n = 7$). Diets consisted of hays and locally harvested forages in the Ulaanbaatar area. Near infrared spectra (800 to 1700 nm) were obtained on day 7 fecal samples. Calibration results for portable NIRS predicted diet CP were: $RSQ = 0.54$, SE calibration = 2.74. Although the regression was significant ($P < 0.01$), the RSQ and SE were not yet acceptable by our evaluation standards. This work reported only the results of one D:F pair study, and represented the

first use of portable NIRS technology for this purpose. More D:F pair trials using rangeland forages for diets and spectra collected on portable instruments need to be developed in order to more thoroughly evaluate this technique.

One application of portable NIRS technology in animal nutrition would be to transport the laboratory to locations away from a university or other central headquarters on a regularly scheduled route. In a collaborative effort between US and Brazilian scientists, a mobile NIRS field laboratory was evaluated at a remote location in the Trans-Pecos region of Texas (PRINCE *et al.*, 2013). Our objective was to evaluate the performance of CP and neutral detergent fiber (NDF) calibrations developed under mobile field laboratory conditions on a Perten 7200® diode array NIRS instrument. Thirty two samples from a variety of grass, shrub, succulent, and forb species were collected on an extensive (~70,000ha) commercial cattle ranch in spring of 2012 and subjected to NIRS and reference chemistry procedures. The NIRS instrument, drying oven, and sample grinder were transported to the ranch and operated in a concrete-floored metal shop building to simulate a traveling laboratory operation. Spectra (950 to 1650nm) were collected at the ranch on all samples after drying at 60°C overnight and grinding to 1 mm. Association of Official Analytical Chemists – AOAC procedures were used to quantify CP and NDF at a Texas A&M University facility. Mean and SE for percent CP and NDF in the calibration set were 8.55 ± 1.08 and 55.77 ± 2.07 respectively. The CP calibration resulted in an RSQ of 0.91 and SE of cross validation of 1.79. Similar calibration performance statistics for NDF were 0.91 and 3.47 respectively. Both forage quality constituents were predicted accurately enough to inform nutritional management of grazing animals. Larger calibration sets encompassing greater spatial and temporal variation should help improve NIRS performance in mobile laboratories. Portable or mobile NIRS instruments and associated support equipment appear to be hardy enough for shipping to remote locations and the logistics of transporting this equipment is doable. Mobile NIRS laboratories provide a lower

cost entry into the analytical technique and could be utilized to inform animal nutrition decisions in remote regions.

Wildlife management can also benefit from portable NIRS technology. As an add-on to the study of responses of desert bighorn sheep to removal of water sources (CAIN *et al.*, 2008), we evaluated common range plants collected from Arizona desert habitats based on known use by and importance in the diet of bighorn sheep (KAVA; TOLLESON, 2011). The objective of this study was to develop NIRS calibrations for forage quality in desert bighorn sheep (*Oviscanadensismexicana*) and to further test the mobile laboratory concept. We used 576 plant samples collected between 2002 and 2005. Spectra (325 to 2500nm) were obtained on an Analytical Spectral Devices, Inc. FieldSpec® 3 Spectroradiometer, specifically designed for field environment remote sensing. Forage quality was determined by traditional wet chemistry techniques for CP, acid detergent fiber (ADF) and NDF. The RSQ and SE of cross validation were 0.64; 5.43; 0.73, 5.43; and 0.73, 5.43 for CP, ADF, and NDF respectively. Validation simple RSQ and SE of validation were 0.411, 0.79; 0.58, 14.57; and 0.58, 19.78 for CP, ADF, and NDF respectively. Crude protein calibration results were less than expected. The inclusion of trees, shrubs, and succulents along with the grasses and forbs may have had adverse affects on calibration performance. Fiber calibrations were deemed useful for initial forage quality determinations in a field lab setting. Further calibration development separated by plant type, i.e. grasses, shrubs, forbs, trees, and succulents may be necessary for accurate in-field predictions.

OTHER APPLICATIONS

Portable NIRS technology can be used in a variety of other applications in addition to the study and management of grazing animal nutrition. For instance, Malley *et al.* (2005) successfully predicted composition (e.g. C, N, S, K and pH) of beef feedlot manure during composting. Our laboratory has used portable NIRS to classify mohair fiber characteristics in live goats (PRINCE *et al.*, 2008). Spectra (850-1750nm) were collected

on two different dates from mixed age Angora goats in southwest Texas prior to shearing. Spectra obtained were then regressed against average fiber diameter values of the shorn fleece. Fiber diameter groups were < 25 microns, 25-34 microns, and > 34 microns. Using portable NIRS on live animals, we were able successfully identify approximately 80% of samples into their appropriate fiber diameter group.

There are also potential applications for portable NIRS in the field of forensic science. As a proxy to test the technique for human use, Teel *et al.* (unpublished data) scanned decaying carcasses of feral pigs (*Sus scrofa*) and found that different tissues (i.e. skin, muscle, bone) respond to ambient conditions differently during decomposition. Tolleson and Schafer (2015) used portable NIRS to monitor changes in cattle skin after hot-iron branding of calves in Arizona. We were able to discriminate between banded and unbranded tissue as well as between brands of progressive ages. We have continued this work (TOLLESON *et al.*, unpublished data) on yearling cattle in Texas with similar results.

FUTURE PERSPECTIVES AND CHALLENGES

In closing, there is still much innovation to accomplish with portable NIRS. As other remote sensing techniques and platforms develop, NIR sensors will continue to be deployed to non-invasively collect biochemical information from a variety of substances. There is thus an opportunity to expand “wet chemistry” into the field for real time measurements, and to provide a more temporally-spatially rich “ground-truthed” datasets to calibrate other remote sensing methods. Future research needs include further development of miniature instruments that can be used to monitor animals in real time. As with bench-top applications for grazing animal nutrition, there is a need to co-develop portable FNIRS calibrations for multiple herbivore species (including wildlife) at the same time as the collection of animal performance data from the same types of forages used in the NIRS calibration/validation process. Additionally, there is a need to use livestock as surrogate species to develop wildlife diet quality or

composition calibrations, especially when considering threatened and endangered species, or when studying dangerous animals. There is also a need to apply chemometrics to explore what we can learn from the NIR spectra independent of pairing with reference methods. There is often more information in a spectrum than in a test tube from a given lab analysis. Portable NIRS technology has proven to be a useful tool in the study and management of grazing animals, continued research and application will lead to improvement in the technique.

REFERENCES

BURNS, D. A.; CIURCZAK, E. W. Handbook of Near-Infrared Analysis. 3rd. ed. Boca Raton, FL: CRC Press, 2008.

CAIN, J. W. III. *et al.* Responses of desert bighorn sheep to removal of water sources. *Wildlife Monographs*, v. 171, p. 1-32, 2008.

FERRARI, M.; NORRIS, K. H.; SOWA, M. G. Medical near infrared spectroscopy 35 years after the discovery. *Journal of Near Infrared Spectroscopy*, v. 20, p. 7-9, 2012.

KAVA, J. A.; TOLLESON, D. R. Determination of forage quality in bighorn sheep via near infrared spectroscopy. *Proceedings: Society for Range Management annual meetings*, Billings, MT, 2011.

LI, H. *et al.* Fecal near infrared reflectance spectroscopy to predict dietary protein and digestibility of sheep. *Small Ruminant Research*, v. 68, p. 263-268, 2007.

MALLEY, D. F. *et al.* Compositional analysis of cattle manure during composting using a field-portable near-infrared spectrometer. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, v. 36, p. 455-475, 2005.

ROBERTS, C. A.; STUTH, J.; FLINN, P. Analysis of forages and feedstuffs. In: ROBERTS, C. A.; WORKMAN JÚNIOR, J.; REEVES III, J. B. (ed.). *Near infrared spectroscopy in agriculture*. Madison, Wisconsin, USA: American Society of Agronomy: Crop Science Society of America: Soil Science Society of America, 2004. p. 231-268.

TOLLESON, D. R.; SCHAFER, D. W. Application of fecal near infrared spectroscopy and nutritional balance software to monitor diet quality and body condition in beef cows grazing Arizona rangeland. *Journal of Animal Science*, v. 92, p. 349-358, 2014.

TOLLESON, D. R.; SCHAFER, D. W. Short and long-term forensic evaluation of cattle brand burn scar healing. *Proceedings of the Western Section American Society of Animal Science*, v. 66, p. 253-257, 2015.

PRINCE, S. D. *et al.* Prediction of rangeland forage quality via near infrared spectroscopy in a mobile field laboratory. *Proceedings: Society for Range Management annual meetings*, Oklahoma City, 2013.

PRINCE, S. *et al.* Evaluation of average fiber diameter of mohair fleeces prior to shearing using a field-portable Near-infrared Reflectance Spectroscopy instrument. *Journal of Animal Science*, v. 86, suppl. II, p. 31, 2008.

TOLLESON, D. *et al.* Prediction of diet quality in Mongolian livestock with portable near infrared spectroscopy of feces. *Proceedings: International Grassland and Rangeland Congress*, Hohot, China, 2008.

TOLLESON, D. R.; STUTH, J. W. Near infrared reflectance spectroscopy of fresh feces and plant tissue under field conditions. *Proceedings: Society for Range Management meetings*, Vancouver, BC, 2006.

TOLLESON, D. R.; STUTH, J. W. Near infrared spectroscopy of feces to predict diet quality in grazing animals: Development of a portable system. *Proceedings: XX International Grassland Congress*, Dublin, Ireland, 2005.

WHITE, I. A. *et al.* Sampling requirements for predicting cattle diet quality using faecal near-infrared reflectance spectroscopy (F.NIRS) in heterogeneous tropical rangeland pastures. *The Rangeland Journal*, v. 32, n. 4, p. 435-441, 2010.

APPROACHES TO EVALUATE DEGENERATION STAGE OF SEMIARID RANGELANDS BY QUANTITATIVE ANALYSIS

CHEN Ji-Shan¹

ABSTRACT

The plant community characteristics were measured with quadrat samples in Songnen meadow steppe. The vegetation and soil data were used to divide the quantitative stage of degradation with systematic cluster analysis. The results showed as follows: (1) The degradation of meadow steppe can be divided into three stages: light degradation, moderate degradation and heavy degradation according to vegetation, and two stages: a little of light degradation and heavy degradation according to soil data; (2) Plant community and soil changed as the grazing pressure increased, but the vegetation change is quicker than that of the soil; (3) All the degradation stages are located in one range site. Therefore, the degradation is mainly caused by the grazing disturbance.

Keywords: Cluster. Range site. Degeneration grade. Alertness threshold.

¹ Institute of Pratacultural Science, Heilongjiang Academy of Agricultural Science, Harbin, 150086; China Agricultural Universty, Beijing, 100000. (cjshlj@163.com).

INTRODUCTION

In recent years, the research on ecosystem health has become the focus of attention at home and abroad (CONSTANZA *et al.*, 1997; REN; WU; PENG, 2000; XIAO; OUYANG; NIU, 2003; LU; LI, 2004). Among them, ecosystem health evaluation, as a cross-scientific practice, not only includes multiple scales of ecological indicators such as system synthesis level, colony level, population level, and individual level to reflect the complexity of the ecosystem; It also includes physical and chemical indicators, as well as socio-economic and human health indicators, reflecting the quality and sustainability of ecosystem services provided by ecosystems to human society (XIAO; OUYANG; NIU, 2003). The study of grassland ecosystem health is still in the initial stage in China, and the health evaluation of grassland ecosystem is also in the groping stage (REN; WU; PENG, 2000). There are many methods for the study of grassland degradation, but there are many articles on the study of grasslands with pastoral pressure gradients in China, and most of them use the head number of grazing livestock as an indicator of pastoral pressure gradients (ZHANG; HAN; LI, 2002). There is also the use of vegetation characteristics to explain the use of grasslands by determining the gradient or artificially selecting a grazing pressure gradient or degradation gradient based on the characteristics of the building group and dominant species in the plant community and the characteristics of the plant community (TONG, 2000; FU; WANG; WU, 2002). However, for the more common free-grazing family pastures in China, degradation gradients or grazing pressure gradients are very difficult to determine. Mathematical methods, especially cluster analysis methods, have been widely used in the study of grassland degradation succession. Such as principal component analysis method (PCA), group average method (RA), pole sorting method (PO), fuzzy clustering analysis system clustering method and so on. Clustering analysis is also used in the division of grassland succession. However, these studies are all based on vegetation indicators and do not involve changes in grassland soil indicators. This study attempts to start from

the point of view of grassland health in a small scale with the same climatic characteristics. Using systematic clustering methods through vegetation and soil indicators (SPSS version 15.0, Inc., Chicago, IL, USA). To determine which methods are used to improve grassland condition and provide reference for the study of grassland ecosystem sustainable utilization.

NATURAL PROFILE OF THE RESEARCH AREA

Researches were conducted in *Leymuschinensis* meadow of Suihua Experiment Station of National Grass Industry from 2010 to 2013. The research area locates at Yuanda Village, Lanxi County of Heilongjiang Province (E125°28'24", N 46°32'17"), with continental monsoon climate, annual rainfall of 469.7 mm and annual mean temperature of 2.9 °C. The annual accumulated temperature of such research area ≥ 10 °C, the active accumulated temperature is 2760°C; the annual average sunshine duration is 2713h, the annual first-frost date is Sep. 23rd, annual mean latest-frost date is May 15th, frost-free period is 130d, and annual frozen period is 183d. The soil in research area were in three levels of salinization (low, medium, and high salinization), with total salt content varying within 0.157%~0.318%, and pH value varying from 8.12 to 10.08. The horizontal zonal soil mainly consisted of light chernozem soil and salinized meadow soil. The community was mainly meadow steppe where species were abundant including *Leymuschinensis* (constructive species), *Lathyrusquinquenervius*, *Hemarthria sibirica*, *Carexduriuscula*, *Phragmitescommunis*, etc. The research communities were all set in clipping pasture which was free from grazing influence, and annually clipped once at end of October.

RESEARCH METHODS

Sampling method

At the end of July 2014, three parallel sample bands were set up in the direction of the studied grassland from the residential area as a starting point. The distance between the sample bands was 50m. Make the information contained in the sample band represent the entire grassland as much as possible. Then make the plant sample square in parallel according to the three sample bands. Each sample band has one sample point every 50m, and the latitude and longitude of the sample point are recorded. 80 sample points are set for each sample band. There are a total of 240 sample points in the three sample bands, and 5 samples of 20 cm × 50 cm are randomly set around each sample point. A total of 400 samples are set in each sample band. The purpose is to use a large number of samples. To represent as much information as possible, excluding spatial heterogeneity within short distances. In-sample determination of coverage, diversity and above-ground biomass of all plant species, The coverage is based on the number of plants (bundles) that appear in the projection cover, multiple degrees in the sample, and the weight of the ground biomass cut in the bag after drying in a drying oven at 65°C. Sampling was completed within 7d, During the sampling period, the weather conditions were basically the same, and the pasture did not reach the most prosperous period, so the growth of pasture did not change much. In addition, each sample band is responsible for the entire sampling process of the sample band by the relevant professionals. The purpose is to eliminate as much as possible man-made errors. The average data of 80 after the average of 240 samples is obtained, and the overall advantage ratio is calculated. In August 2014, soil samples were taken based on the classification of vegetation degradation levels, and three sampling points were randomly set up on each sample band according to each level of vegetation degradation series. Each point takes soil samples on two levels of 0 to 10 cm and 10 to 20 cm. Each sampling point is randomly taken 5 times with a earth drill, and the layer

is mixed. Finally, the soil sample with the same degradation gradient is stratified and mixed together. That is, there are 3 layers including 0 to 10 cm, 10 to 20 cm layers of soil samples on each degradation gradient as duplicates, a total of 6 soil samples. After the soil sample is dried indoors, soil chemical properties were analyzed including soil organic matter, total nitrogen, total phosphorus, total potassium, available phosphorus and available potassium.

Method of measurement

Calculate the comprehensive superiority ratio of each plant species and calculate the formula as follows: Comprehensive superiority ratio = (cover ratio + density ratio + dry weight ratio)/3 × 100% (LI, 2000). Using SPSS analysis software, clustering method is used to analyze the merged data. In this paper, 80 sample points are analyzed, and the comprehensive advantage ratio of 7 plants is analyzed. Among them, a1 indicates the nearest starting point to the settlement; a2 represents a distance of 50m from the starting point; a3 represents a distance of 100m from the starting point, and so on, a80 is a distance of 4,000m from the starting point; The combined advantages of the seven plants selected are relatively large. Therefore, the comprehensive advantage ratio of the seven plants is taken as the characteristic factor of the cluster analysis, and the comprehensive advantage ratio of all plant species is used as the characteristic factor clustering. The similarities and differences of clustering results in two cases. Soil index measurement methods all use conventional methods (BAO, 2000), that is soil total nitrogen adopts the Kaiselding method; the soil phosphorus was reduced by H₂SO₄-NaOH, and the anticolorimetric method was used. Soil full potassium uses NaOH flame photometry; Potassium dichromate volumetric method was used for soil organic matter. Soil available phosphorus 0.5 mol L⁻¹ NaHCO₃ leaching, Molybdenum anticolorimetric method; Soil available potassium uses 1 mol L⁻¹ NH₄Ac leaching, flame photometric method. Finally, clustering analysis method is used for these six indicators.

Method of division of grassland utilization units

Although the clustering of vegetation and soil indicators is very regular, there are many factors that cause differences, such as climate, topography, vegetation type, soil matrix, soil type, grazing behavior, etc. Therefore, The differences in vegetation and soil in the present study are not necessarily due to grazing, and in order to determine this problem, standard soil profiles are measured and profiles described within degraded gradients divided by vegetation. According to the principles and standards for the division of grassland utilization units (ABOUGUENDIA, 1990), determine whether the grassland degradation series in this study is the same grassland use unit. Due to differences in natural factors such as climate, topography, vegetation and soil, This study is based on the division of grassland utilization units because it may directly cause differences in the clustering index of grassland degradation level, not because of grazing.

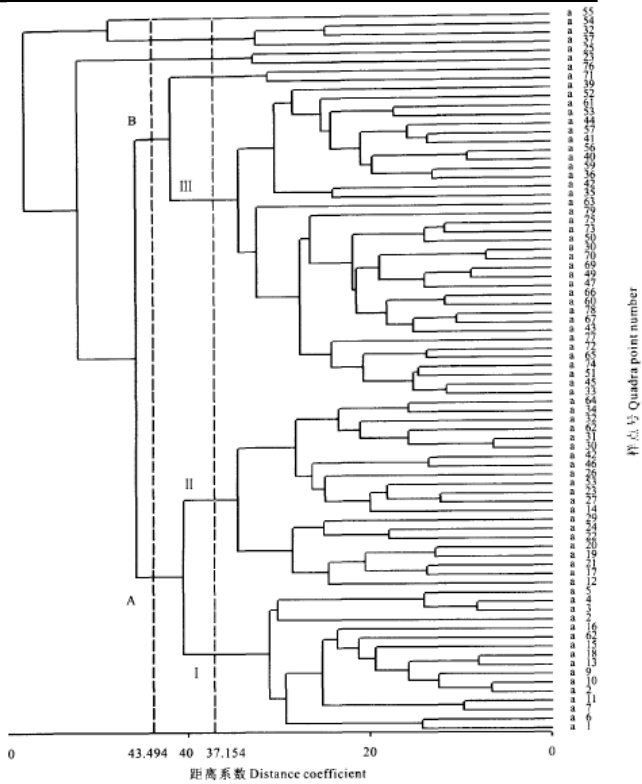
RESULTS AND ANALYSIS

Analysis of grassland vegetation degradation in Songnen Meadows

Cluster of indicators based on the comprehensive advantage ratio of the seven main plants in the research area according to Demirmen proposed the determination principle of the class (WANG; LI, 1991). To find out the two adjacent points with a large jump coefficient, take the average value of the distance coefficient of the two adjacent points as the dividing threshold, and combine with the actual situation of the grassland in the wild, the grassland can be divided into 3 categories. When the distance coefficient is 37.154, it can be divided into 3 categories (Figure 1 is represented by I, II, and

III, respectively), ie: a1 to a18 are grouped into 1 category; a19 to a34 are grouped into 1 category; a35 to a80 are grouped into 1 category, that is, from the starting point of the settlement to 900m is the first category; From 900m to 1,700m is the second category; From 1,700m to 4,000m, it is category III. There is a certain difference in the order of the categories belonging to certain sampling points and the overall classification categories, of which a68 is grouped into category I. a12, a14, a17, a46, a48, a58, a62, a64 are grouped in category II and a33 is grouped in category III, indicating that there are a number of sampling points embedded in categories I and III grasslands in category II. a23, a25, a37, a38, a54, a55, a71, a76 are not in the three categories of classification, but the common feature of these points is that their advantages and disadvantages are relatively large. These sample points distributed on the second and third types of grasslands may be due to differences in some microtopography or grazing selection factors. However, most of the sample points are classified in accordance with the clustering results. The classification of grassland degradation gradients is based on the degradation of natural grasslands in Songnen Plain. The principle of standard division (INNER MONGOLIA MUNICIPALITY DISTRICT STANDARD, 1999) to determine, the three types of grassland degradation indicators divided by sample point clustering are as follows: The yield (dry weight) of the original dominant plant species Baikal and Sheepgrass in the grassland accounted for 19.75% and 9.29% of the total production in the first type of grassland, respectively; In the second group of grasslands, 26.17% and 25.24% of total production respectively; In the third category of grassland accounted for 47.57% and 28.90% of total production respectively. According to the degradation criteria, the first type of grassland is severely degraded grassland; The second category is moderately degraded grassland; The third category is slightly degraded grassland.

Figure 1 – The dendrogram of cluster analysis by summed dominance ratio with seven main species. A, B, I, II, III, indicated the mark of different distance coefficient



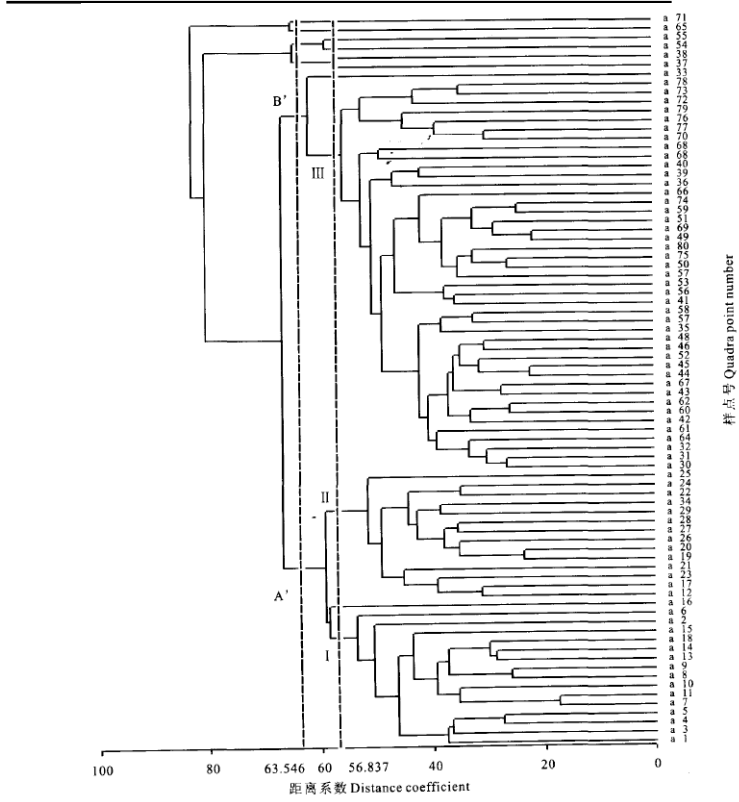
Source: prepared by the author.

Cluster of indicators based on the comprehensive advantage ratio of all plant species

The results of clustering are shown in Figure 2. When using all plant species for clustering, when the distance coefficient is 56.837, it can be clearly grouped into three categories (in Figure

2, the categories are represented by I, II, and III). The clustering results are basically the same as those above. This shows that the use of all plant species clustering methods is less effective. However, the total amount of information involved and the mosaic of the sample points are reduced, which means that the taxonomic relationship of the sample points is more determined when using all plant species as indicator clusters. However, from a general point of view, the clustering results are basically consistent with the previous clustering results using 7 major plants as indicators. At the same time, it is found that it is the same by using 7 major plant clustering (Figure 1) or all plant species clustering (Figure 2). If the distance coefficient spans a slightly smaller threshold, that is, the clustering threshold is 43.494 and 63.546, respectively, the grassland can be divided into 2 categories (Figure 1, Figure 2 with A, B, A, and B respectively). Among them, the heavily degraded grassland that has been named and the moderately degraded grassland are merged into one category, while the slightly degraded grassland is still one category. There are still individual splines in the cluster that are not classified into the two major categories, but do not affect the clustering results. When changing the threshold of the cluster, severely degraded grassland and moderately degraded grassland were first merged into Category 1, which shows that the degree of degradation of moderately degraded grassland is getting closer and closer to that of severely degraded grassland. If the grazing intensity continues to decrease or increase, the moderately degraded grassland will inevitably become severely degraded grassland.

Figure 2 – The dendrogram of cluster analysis by summed dominance ratio with all species. A', B', I, II, III, indicated the mark of different distance coefficient



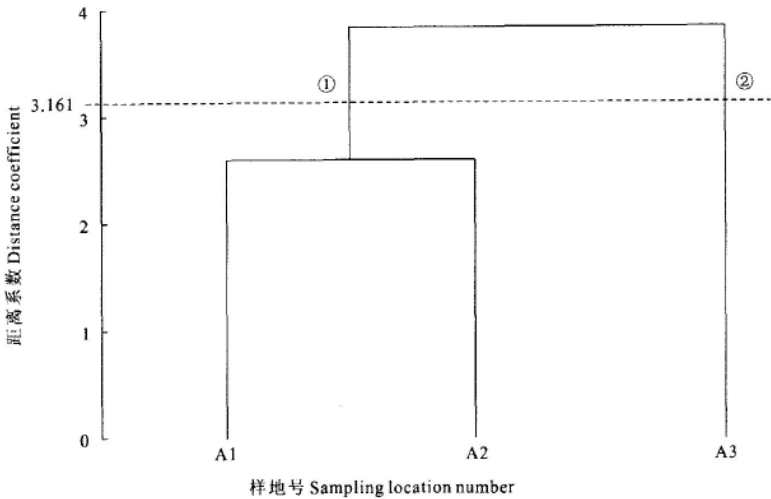
Source: prepared by the author.

Soil degradation analysis

As can be seen from Figure 3, the clustering results of 6 indicators of soil 0 to 20 cm in grassland with different vegetation degradation gradients are divided into 2 categories, that is, slightly degraded grassland and moderately degraded grassland are grouped into 1 category. While

heavily degraded grasslands are grouped into one category alone. While the vegetation status of moderately degraded grasslands is worse than that of slightly degraded grasslands, the soil nutrients of moderately degraded grasslands are very similar to that of slightly degraded grasslands. The relatively good soil nutrient status is the basis for the restoration of grassland vegetation. The vegetation has undergone more obvious degradation, but the soil characteristics have not undergone significant degradation. This is a transitional area for grassland degradation and a warning area for grassland degradation. The grassland in this area has the possibility of rapid recovery. But if soil degradation is also evident, recovery will become more difficult. Under the influence of overgrazing of grassland, the vegetation was first eaten by livestock, and the soil was also trampled. However, the vegetation condition of grassland was good and bad.

Figure 3 – The dendrogram of cluster analysis of soil data with the three degeneration vegetation type. A1, A2, A3 indicated the light, moderate and heavy degeneration grassland, 1, 2 indicated the mark of cluster



Source: prepared by the author.

In particular, the condition of the surface roots and plant litter directly determines the extent of soil damage caused by trampling and wind, water, etc. If soil conditions have deteriorated, grassland vegetation will also deteriorate due to the deterioration of soil nutrients, water, temperature, microbial activity, etc. However, if the rain is abundant during the growing season, then there will be a large number of plants that will grow for one or two years. At the same time, perennials can also grow better. As the plants wither, their dead branches and litter will become the source of soil nutrients, while also maintaining soil moisture and temperature, but when the composition of the grass plant species changes significantly, That is, when the native vegetation is greatly reduced, the dominant species changes, and the grassland degenerates significantly, then the role of the annual and biennial plants can not resist the strong winds and droughts in the spring of the following year. Therefore, the degradation of vegetation is far from sufficient to be judged solely by changes in its biomass, and changes in plant species and soil are also important, especially changes in soil. Therefore, The influence of various factors should be taken into account to determine the grade of grassland degradation.

Identification of grassland utilization units

The division of grassland utilization units is based on the principles and criteria for the division of grassland utilization units. It is also necessary to compare vegetation characteristics and terrain characteristics to further determine the division of grassland utilization units. The characteristics of soil, vegetation and topography are shown in table 1. Table 1 shows that the grasslands with three different degradation gradients have the same group species, dominant species, and main companion species, and the altitude is also relatively close. They are considered to belong to the same terrain, that is, wave-shaped high plains; The soil types are all dark chestnut calcium, and the soil pH is also relatively close. Although the heavily degraded grassland is alkaline, this may be due to grazing. The humus layer below the

soil profile of each degradation gradient is alkaline. Therefore, three degraded gradient grassland soils are similar. In addition, three degraded gradient grasslands are continuous natural entities and have small spatial scales, so the climate characteristics are the same; Except for grazing disturbance, the grass of this degraded series did not experience the effects of fire and reclamation. Through the observation of grazing processes, the feeding path of livestock is a round-trip process from severely degraded to slightly degraded sites. Therefore, the relative consistency of soil, topography, etc. shown that the grassland in this research area is the same grassland utilization unit, The difference in grassland vegetation is precisely caused by grazing. In conclusion, the degradation series is the real manifestation of grassland degradation caused by grazing, not the difference caused by other natural factors.

Table 1 – The characteristics of soil, vegetation and landform for three degeneration grades

样地 Sampling location	土壤特征 Soil characteristics		海拔高度 Elevation (m)	植被特征 Vegetation characteristics		
	土壤类型 Soil type	pH Soil depth (0-10 cm)		建群种 Constructive species	重要值 Important value (%)	综合优势比 Summed dominance ratio (%)
轻度退化 Light degenerate	暗栗钙土 Dark chestnut soil	6.51	768	贝加尔针茅 <i>S. baicalensis</i>	77.56	78.44
				羊草 <i>L. chinensis</i>	79.37	74.83
中度退化 Moderate degenerate	暗栗钙土 Dark chestnut soil	6.75	766	贝加尔针茅 <i>S. baicalensis</i>	45.53	68.19
				羊草 <i>L. chinensis</i>	64.68	77.82
重度退化 Heavy degenerate	暗栗钙土 Dark chestnut soil	7.94	762	贝加尔针茅 <i>S. baicalensis</i>	39.35	63.29
				羊草 <i>L. chinensis</i>	30.12	43.69

Source: prepared by the author.

FINAL CONSIDERATIONS

The grassland is divided into three degradation gradients according to the vegetation specimen study area, That is, the specific boundaries of the three categories of 3 grasslands of mild degraded grassland, moderately degraded grassland, and severely degraded grassland are: Light degraded grassland is a starting point closest to the settlement to a distance of 900m from this starting point; Moderately degraded

grasslands are grasslands between 900m and 1,700m from the starting point; The heavily degraded grassland is between 1,700m and 4000m from the starting point.

According to the soil specimen study area grassland soil is divided into 2 categories, slightly degraded grassland and moderately degraded grassland are grouped into 1 category, and severely degraded grassland is 1 category. The soil of severely degraded grassland has undergone significant degradation. 3) The vegetation of moderately degraded grasslands has been degraded and the soil has not been significantly degraded, so that moderately degraded grasslands have been designated as transitional or warning areas, through the study of the ecological health indicators in this region, we can further determine the index system for quantifying the health of grassland ecosystems. Whether it is the application of vegetation index clustering or the application of soil index clustering, if the clustering method chosen is different, then, the clustering results may also be different, so a suitable clustering method should be chosen.

REFERENCES

- BAO, S. *Soil agrochemical analysis*. Beijing: China Agricultural Press. 2000.
- ABOUGUENDIA, Z. M. *Range plan development*. New Pasture and Grazing Technologies Project, 1990. p. 26-32.
- COSTANZA, R. *et al.* The value of the worlds ecosystem services and natural capital. *Nature*, v. 387, p. 253-260, 1997.
- FU, H.; WANG, Y.; WU, C. Effects of grazing on soil physical and chemical properties of alxa desert grassland. *Journal of Desert Research*, v. 22, n. 4, p. 339-343, 2002. (in Chinese).
- INNER MONGOLIA MUNICIPALITY DISTRICT STANDARD. The degenerate standard of natural grassland in Inner Mongolia. *Grassland of Inner Mongolia*, v. 2, p. 61- 62, 1999. (in Chinese).

- LI, B. *Ecology*. Beijing: Higher Education Press, 2000. p. 108-112.
- LU, F.; LI, Z. Assessment indexes of ecosystem health, model and application in arid area. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica*, v. 24, n. 3, p. 538-541, 2004.
- REN, H.; WU, J.; PENG, S. Evaluation and monitoring of ecosystem health. *Tropical Geography*, v. 20, n. 4, p. 310- 316, 2000. (in Chinese).
- SUN, H.; ZHOU, H.; WANG P. Progress on grassland degenerated succession. *Grassland of China*, v. 1, p. 51- 56, 1999. (in Chinese).
- SPSS version 15.0, Inc., Chicago, IL, USA.
- TONG, C. The study on the grassland degradation index. *Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Neimongol*, v. 31, n. 5, p. 508-512, 2000. (in Chinese).
- WANG, R.; LI, J. Division on successional stages of *Leymus chinensis* grassland communities for grazing by cluster method. *Acta Ecologica Sinica*, v. 11, n. 4, p. 367- 371, 1991. (in Chinese).
- WEI, S.; LIU, X.; GE, X. The resource characteristic of meadow steppe in Hulunbeier of China. *Pratacultural Science*, v. 11, n. 2, p. 5- 6, 1994. (in Chinese).
- XIAO, F.; OUYANG, H.; NIU, H. The logistic relation of correlative concept on ecosystem health. *Journal of Ecology*, v. 22, n. 2, p. 56-59, 2003. (in Chinese).
- YANG, L.; HAN, M. Division on degenerate successional stages of main grassland communities for grazing in the Songnen plain of China. *Acta Agrestia Sinica*, v. 4, n. 4, p. 281- 286, 1996. (in Chinese).
- ZHANG, Y.; HAN, J.; LI, Z. A study of the effects of different grazing intensities on soil physical properties. *Acta Agrestia Sinica*, v. 10, n. 1, p. 74-78, 2002. (in Chinese).

SIMULATING PLANT GROWTH AND SELECTIVE GRAZING BY HERBIVORES USING THE PHYGROW MODEL ON RANGELANDS

Jay Peter Angerer¹

ABSTRACT

The use of simulation models has increased during the last 50 years with increased computing capacity, storage, networking and analytical capacity. For agriculture, simulation modeling of crops was the original focus, but since then, the number of rangeland models has increased and many of these were derived from, or have components from, crop models. Rangeland models have focused on biomass production, hydrological impacts, and grazing simulations. However, many of the rangeland models lack capabilities for selective grazing by livestock; therefore, simulations may not be able to evaluate grazing by mixed species or to account properly for available forage by different kinds and classes of livestock. The Phytomass Growth Simulator (PHYGROW) simulation model was developed to address some of the limitations with selective grazing. At its core, the PHYGROW model is a light use efficiency model that simulates plant growth without limitations caused by water stress, temperature stress or grazing. The model calculates water stress based on the dynamics of available soil water and temperature stress is calculated based on deviation from optimal temperatures for plant growth. The water stress and temperature stress calculations are

¹ Texas A&MAgriLife Research, Temple Texas USA (jangerer@tamu.edu).

used to discount plant growth based on the degree of these stresses. The selective grazing algorithm interacts with the plant growth and stress components to remove biomass due to selective grazing by different kinds/classes of livestock based on their specific preferences for different plant species. For simulations comparing plant biomass to that from field data collection, the model has generally performed well. In Mongolia, an evaluation of model performance had a good correspondence between model simulated herbaceous biomass and that collected in the field ($r^2 = 0.76$). In evaluations of selective grazing, simulations showed that biomass availability of preferred, desirable, and undesirable forages varied seasonally and yearly. Future work with the PHYGROW model will improve components for evaluating animal performance and linking outputs into analytical dashboards to improve risk management decision making. The increased availability and resolution of climate and remote sensing data will improve simulations at the farm and ranch level, thus improving risk management and land management decision making.

Keywords: Biomass production. Decision making. Modeling. Range lands. Risk.

INTRODUCTION

During the last 5 decades, computing capacity, data transfer and storage, and data networks have increased at an almost exponential pace and have improved communication, analytical capacity, and availability of data worldwide. It is hard to believe that the computing capacity that people now carry in our pockets (smartphones) is more powerful than many of the desktop personal computers that scientist relied on more than 30 years ago. These improvements in computing and information technology have made the use of simulation modeling more attractive for examining processes, alternative designs and strategies, and linkages in systems.

For agricultural simulation modeling, efforts began during the 1960's and 1970's with the development of soil water balance,

photosynthesis, and crop growth models (JONES *et al.*, 2017). In the 1970's and 80's, development of crop simulation models continued to increase with models being developed for individual crops (e.g. cotton), decision support, and integrated management (JONES *et al.*, 2017). Given the success in using crop simulation models, scientist and modelers in the late 1970's and early 1980's began adapting crops simulation models to simulate plant growth and water balance on rangelands. One of the first multipurpose simulation models developed for rangelands was the Ekalaka Rangeland Hydrology and Yield Model (ERHYM-II) (WIGHT; NEFF, 1983; WIGHT; SKILES, 1987), which had its origins derived from a crop model developed for wheat. The model required daily climate inputs of precipitation, solar radiation, and temperature and tracked daily soil water content, potential evapotranspiration and actual evapotranspiration. Biomass was estimated from the relationship between actual-to-potential evapotranspiration and potential biomass yield where yield is maximized when actual-to-potential evapotranspiration is 1 (water non-limiting conditions) (WIGHT; NEFF, 1983). In the years that followed, many rangeland simulation models have been developed with each having differing levels of complexity and many are designed to not only simulate biomass production, but to examine other aspects such as hydrology, erosion, livestock production, and/or economics in an integrated, interacting framework. This framework allows users to examine ecosystem processes, services, and management alternatives, and to predict response to differing alternatives (WIGHT; SKILES, 1987; BOURAOUI; WOLFE, 1990; CARLSON; THUROW, 1996; DERNER *et al.*, 2012). Summaries of the history and capabilities of various rangeland simulation models are found in reviews by (HANSON *et al.*, 1999; ANGERER, 2012b; DERNER *et al.*, 2012).

One of the limitations identified in the simulation models that had been previously developed for rangelands was the lack of capabilities for preferential grazing by herbivores. Herbivores eat forage selectively, in that they prefer certain parts of plant species, certain species within plant communities, and certain plant communities

that occur in a pasture or landscape (STUTH, 1991). Although grazing was a component of the models, in most cases plants species were not grazed dynamically according to the herbivore's preferences for the plant parts or plant species as they varied through the growing seasons. Therefore, differences in grazing of plants species that might occur between browsers and grazers were not captured, as well as the overlaps in preferences that could occur with mixed herbivore grazing (e.g., cattle, goats, and wildlife grazing the same pasture).

In 1990, work began on the Phytomass Growth Simulator (PHYGROW) model. One of the main efforts in developing the PHYGROW model was to improve capabilities to simulate the dynamics between plant growth and selective grazing by herbivores. The model's original computation algorithms are a mixture of formulas and model components adapted from other crop and rangeland models such as Chemicals, Runoff, and Erosion from Agricultural Management Systems (CREAMS) (KNISEL; FOSTER, 1981), Environmental Policy Integrated Climate (EPIC) (WILLIAMS; DYKE; JONES, 1983), Water Erosion Prediction Project (WEPP) Flanagan and Nearing (1995), Simulation of Production and Utilization of Rangelands (SPUR) (WIGHT; SKILES, 1987), CENTURY (PARTON; STEWART; COLE, 1988), and ERHYM-II. Algorithms were also added that dealt with biological relationships derived from grass tiller level research and the dietary selection research that formed the basis of the selective grazing module (STUTH *et al.*, 2003). The aim of this paper is to provide an overview of the plant growth and selective grazing components of the PHYGROW model, some results on the model performance and to provide information on how the model has been, and is currently being used. Planned future improvements to the model and integration with other models and decision support systems will be discussed.

THE PHYGROW MODEL

The PHYGROW model simulates a soil water balance, multi species/functional group plant growth, and livestock grazing on a

daily time step (STUTH *et al.*, 2003). The model provides unique capabilities for simulating growth of multiple plant species that are subjected to selective grazing by multiple kinds of livestock/herbivores. The model is designed to be integrated with a wide variety of weather and vegetation databases, and can simulate grazing under differing management systems and stocking rates. The model engine is written in the C++ programming language, and uses an object-oriented design, thus allowing high efficiency in the incorporation of new scientific relationships, when necessary. The model can be run as stand-alone or can be run in an automated, distributed computing environment. A web interface, PHYWEB 2.0, has been developed to allow users to parameterize the model, conduct calibrations and verification of the model outputs for monitoring sites, and to provide access to the relational database that contains model parameters, climate data, and model outputs. PHYGROW is a point model (one dimension) that contains four integrated sub-models: soils, plant growth, grazing, and climate. Each of these sub-models are described below.

Soil Sub-model

The soil sub-model in PHYGROW is characterized by both soil surface/landscape parameters and soil physical characteristics, by depth, in order to provide the necessary parameters for simulating components of the hydrologic cycle and the water balance including infiltration, runoff, soil water storage, percolation, and deep drainage. The PHYGROW model can accommodate an unlimited number of soil layers to define differences in soil texture, saturated hydraulic conductivity, water holding capacity, and coarse fragments for the soil at the site being simulated.

Soil surface/landscape parameters include slope, surface water storage, SCS curve numbers and bottom type (Table 1). Slope is defined as the number of meters of rise or fall in each 30 meters of land and is expressed in percent. This parameter influences both infiltration and runoff in the model. The surface water storage parameter defines the

average depth to which water will pond in surface depressions on the soil during rainfall events when the soil is completely saturated. It influences water infiltration by allowing more water to infiltrate into the soil from the depressions and not become runoff. The maximum and minimum SCS curve numbers also influence infiltration and runoff in the model. The maximum and minimum define the range of the curve number that can be possible given a soil group, land cover type, and condition class (USDA, 1986). Generally the higher the curve number, the larger amount of water that will be partitioned into runoff during excessive rainfall events.

Table 1 – Soil parameters required for the soil sub-model in PHYGROW

Surface/Landscape Parameters		Soil Layer Components
Surface Water Storage		Layer Depth
Surface Slope		Rock Factor
Max SCS Condition Curve Number		Saturated Hydraulic Conductivity
Min SCS Condition Curve Number		Bulk Density
Bottom type		Volumetric Water Content at 0 Bar
		Volumetric Water Content at -1/3 Bar
		Volumetric Water Content at -15 Bar
		Dry Bulk Density

Source: prepared by the author.

Soil layer parameters relate to the soil physical and hydrologic properties that influence the infiltration and storage of water, soil cracking, and water percolation. These parameters include the soil layer depth, rock factor, saturated hydraulic conductivity, wet bulk density, dry bulk density, volumetric water content at 0 bars, volumetric water content at -1/3 bar, and volumetric water content

(Table 2). The layer depth represents the thickness of a layer or soil horizon in cm that generally have different physical characteristics than the layer above or below it. The rock factor represents the volume of rock fragments (unattached pieces of rock 2 mm in diameter or larger) that are present in the soil layer. It is a ratio of the volume of rock fragments to the total volume of the layer. This parameter directly influences the soil water holding capacity and therefore, plant available water. The saturated hydraulic conductivity parameter defines the soil water flow rate (flux density) to the hydraulic gradient, thus providing a measure of the ease of water movement in soil (USDA, 1993). It is the reciprocal of the resistance of the soil to water movement and is a function of size distribution of pores. Larger pores with greater continuity have higher saturated conductivity than soils with smaller pores and less continuity (USDA, 1993). The bulk density parameter are ratios of the mass of the soil particles to the volume of soil. Wet (or moist) bulk density is calculated as the dry weight mass divided by the volume of soil at field capacity (-1/3 bar) (USDA, 1993). Dry bulk density is the dry weight mass divided by the volume of the soil when it is dry. In PHYGROW, the bulk densities are components of the calculation of water holding capacity and influence soil crack volume. The volumetric water at 0, -1/3 and -15 bars parameters provide the basis for the volume of water that can be held at given degrees of wetness for a given soil in the simulation. Volumetric water content at 0 bars represents the volume of water when the soil is at saturation (i.e. all pore spaces are full with rocks removed). Volumetric water content at 1/3 bar is the water content of the soil when the water is held in the soil at -1/3 bar of tension, also known as field capacity. Field capacity is defined as the volume of water remaining in a soil 2 or 3 days after having been wetted and after free drainage is negligible. Volumetric Water Content at -15 Bar is a measure of the soil water content when the water is held in the soil at -15 bars of tension, and is also known as permanent wilting point. Permanent wilting point is defined as the water content of a soil at

which indicator plants, growing in that soil, will wilt and fail to recover when placed in a humid chamber. In PHYGROW, the volumetric water content parameters provide a basis for defining the degree of dryness of the soil after transpiration, evaporation, and percolation losses are accounted for and are used in the calculations to define water stress.

Plant Sub-model

PHYGROW, at its core, is a light use efficiency model (MONTIETH, 1972; MONTIETH, 1977) that simulates plant growth under water non-limiting (optimal) conditions. The model then discounts the optimal plant growth based on the amount of water stress, temperature stress, and livestock grazing demand that are driven by the climate variables and model parameters. The plant sub-model parameters can be grouped into two sets of parameters with the first set being devoted to describing the plant community composition of the site being simulated and the second set to the parameters that are unique to the individual plant species/functional groups that occupy the site.

Plant community composition parameters include initial standing crop, percent of maximum expression, and site nutrient factor (Table 2). The initial standing crop represents the above ground biomass for the plant species being parameterized on the starting day of the model run. The percent of maximum expression parameter provides an estimate of the proportionality of the species in question relative to the other species in the plant community on a percentage basis. Field estimates of percent basal cover for grasses, frequency of forbs, and relative canopy cover of shrubs and trees are used to parameterize the plant community for the percent of maximum expression parameter. The site nutrient factor is a scalar variable to increase or decrease yield based on fertility differences between plant communities on similar soils.

Table 2 – Plant community and species parameters for the plant sub-model in PHYGROW

Plant Community Parameters	Heat/Cold Unit Parameters
Plant Species/Functional Group	Total Heat Units at Seed Set
Initial Standing Crop	Total Heat Units at Death
Relative Yield	Cold Unit Accumulation to Frozen Leaf Damage
Site Nutrient Factor	
Plant Species Growth Parameters	Species Parameters influencing Hydrology
LAI (Leaf Area Index)	Stem Area Index
Dry Matter:Radiation ratio	Leaf Water Storage Capacity
Suppression Temperature	Stem Water Storage Capacity
Base Temperature	Fraction of Water Transferred from Leaf to Stem
Optimum Temperature	Leaf Litter Water Storage Capacity
Species Rooting Depth	Stem Litter Water Store Capacity
Species Canopy Height	Contribution to Range Site Hydrologic Condition
Maximum Above Ground Biomass	
Leaf:Above Ground Biomass Ratio	
Biomass Pool Transfer Parameters	Plant Species Dimension Parameter
Leaf Turnover	Canopy Base Diameter
Leaf Green to Dead Rate	Canopy Crown Diameter
Leaf Green to Dead Rate During Dormancy	Height at Canopy Start
Stem Turnover	Height at Beginning of Canopy Curvature
Max Leaf Litter Decomposition Rate	
Max Stem Litter Decomposition Rate	

Source: prepared by the author.

The species-specific parameters for plant growth can be classified into five groups: 1) Biomass growth; 2) Biomass pool transfer; 3) Heat/Cold Unit Parameters; 4) Plant species characteristics influencing hydrology; and 5) Plant species dimensions. Each of these categories are discussed below.

For each species, the biomass growth parameters define key variables that influence the amount and growth rate of plant biomass (Table 2). The first of these, leaf area index, is ratio of the total area of all leaves (green and standing dead) to the area of ground covered by the leaves of the plant. It is an important structural property of a plant canopy because it defines the number of equivalent layers of leaves the vegetation displays relative to a unit ground area, thus defining the photosynthetic area (green leaf area index), as well as water interception area of the species being simulated. The dry matter to radiation ratio (or radiation use efficiency) defines the efficiency to which the plant converts radiation into biomass (MONTIETH, 1977), and when combined with the green leaf area index in the model, it provides a basis for calculating biomass production given optimal conditions (no temperature, water, or grazing stress). Temperature stress is mediated by the base, optimum, and suppression temperature parameters in the model.

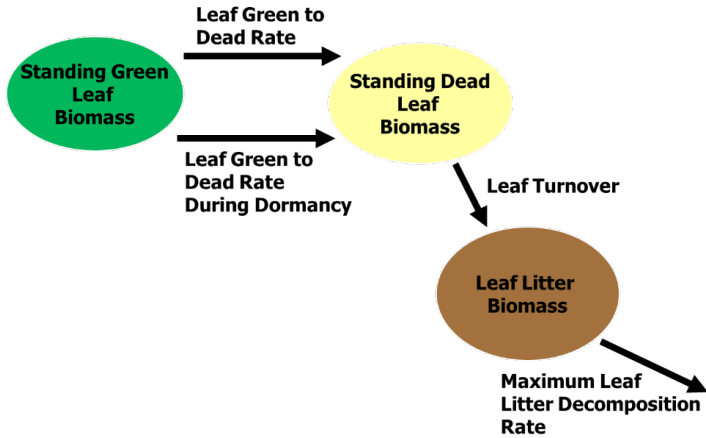
The base temperature is the minimum temperature in which plants will begin growing after cold and freezing temperatures. The optimum temperature indicates the temperature at which growth will be maximized. The suppression temperature is the maximum temperature that a plant can produce biomass, and beyond which growth generally ceases. Temperature stress in PHYGROW follows a Poisson distribution from 0 to 1 where 0 means no growth would occur (at or near the base and suppression temperatures) and a 1 means a full complement of growth (optimal temperature) can occur on the day where stress is being calculated in the model.

The species height and root depth set the dimensions for maximum height of the plant and the maximum depth of water extraction from the roots. The maximum height also influences how solar radiation is partitioned with taller plant's leaf area index having greater chance of

receiving solar radiation. The maximum aboveground biomass and the leaf:above ground biomass ratio establishes the maximum amount of biomass (both wood and leaf) for a species on the site being simulated under optimal growth conditions and the ratio of leaf biomass to total above ground biomass (kg leaf kg total biomass), respectively. The leaf: aboveground biomass parameters allow differentiation of the biomass into wood and leaf in order to simulate wood accumulation in trees and shrubs.

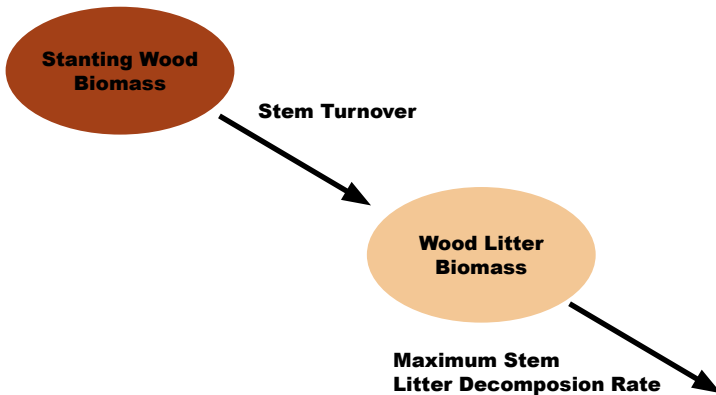
The biomass pool transfer parameters provide the proportional rates of the amount of biomass that can transfer from the standing green biomass to standing dead biomass and then on to litter biomass (Figure 1). The leaf green to dead rate defines the rate of green leaf turnover to the standing dead pool (Figure 1). The leaf green to dead rate during dormancy defines the rate of leaf turnover from the green standing crop pool to the standing dead pool at the time when there is no growth due to temperature or moisture stress (defined here as dormant growth). Leaf turnover is the rate of transfer from standing dead biomass to litter. In grasses, this rate is less than that of deciduous shrubs whose leaves tend to fall immediately to the litter layer after transferring from green to dead. The maximum leaf litter decomposition parameter sets the maximum rate of transfer of biomass from the litter pool to the soil (Figure 1). This rate of transfer is influenced by both temperature and soil moisture in the model. For the woody biomass from trees and shrubs, the rates of transfers between the standing wood and wood litter biomass are driven by the stem turnover parameter (Figure 2). Losses of biomass from the woody litter pool are governed by the maximum stem litter decomposition parameter, which like the leaf litter decomposition, is influenced by temperature and soil moisture.

Figure 1 – Biomass pools and transfer parameters for plant leaf material in the PHYGROW model



Source: prepared by the author

Figure 2 – Woody biomass pools and transfer parameters in the PHYGROW model



Source: prepared by the author

The remaining plant species-specific parameter grouping of heat/cold units, plant characteristics influencing hydrology, and plant species dimension parameters (Table 2) are not very sensitive in the modeling framework for affecting plant biomass and selective grazing. It is recommended in most situations to leave the values for these parameters at their defaults for simulations examining biomass relationships and selective grazing. The reader is referred to the PHYGROW user's guide (STUTH *et al.*, 2003) for additional information on these parameters.

Grazing Sub-model

The grazing sub-model within PHYGROW was designed to incorporate information on the general grazing management practices being implemented or planned for the site/pasture, and the herbivore species that will be grazing the site/pasture being simulated. Each simulation would represent the management of a single paddock or pasture and the management parameters define when animals move in and out of the pasture, along with the stocking rules for the pasture (Table 3). Parameters are also defined for the herbivore grazers with regard to their forage demand ($\text{kg hd}^{-1}\text{day}^{-1}$) and their preferences for eating the plant biomass at the site being simulated (Table 3).

The management parameters define decision making and the general rules for how the site being simulated would be grazed (Table 3). First, the planning horizon parameter for the grazing activity is defined, with the planning horizon parameter that specifies the number of days in a planning cycle for the de-stock/restock rules at the site. This is typically 365 days, or one year, meaning the de-stocking and restocking decisions are made based on a one-year cycle. Next, the decision days are defined which represent days when animals move in or out of the pasture and the stocking rate for the period between the decision days. Generally, one can have as many decision days as there are in the number of days in the planning horizon. For each decision day, a minimum and maximum stocking rate (hdha^{-1} for the period between decision days) are defined. In addition, a stocking rate increment is defined. This

represents an increment or decrement in stocking rate that could occur when changing between decision days if available forage is above or below average, respectively. The increment or decremented stocking rate cannot exceed the maximum and minimum stocking rate defined. The decision days, maximum stocking rate, minimum stocking rate, and stocking rate increment provide the capabilities for PHYGROW to automatically decrease or increase the stocking rate in the simulation based on forage conditions. For each grazing animal defined in the simulation, forage demand ($\text{kg ha}^{-1}\text{day}^{-1}$) must be defined. Forage demand in the model represents the total amount of forage dry matter that the specified grazer can eat if forage is available. Forage demand can be varied throughout the planning horizon and there can be as many forage demand values as there are days in the planning horizon.

Table 3 – Grazing Management and Plant Biomass Preference Parameters for the grazing sub-model in PHYGROW

Grazing Management Parameters	Plant Biomass Preference
Grazing animal (species kind, class)	CYGRp = Current Year's Leaf Growth during rapid growth
Planning Horizon	CYGDc = Current Year's Leaf Growth during declining growth
Decision Day	CYGD _r = Current Year's Leaf Growth during dormancy [no growth]
Minimum Stocking Rate	CYGD _d = Current Year's Leaf Growth during death
Maximum Stocking Rate	WRp = Wood during Rapid Growth
Stocking Rate Increment	WDc = Wood during declining growth
Forage demand (Intake of dry matter)	WDr = Wood during dormancy
	WDd = Dead Wood
	CYGLi = Current Year's Leaf Litter
	WLi = Wood Litter

Source: prepared by the author.

In order to allow for selective grazing in PHYGROW, the grazing animal's preferences for different plant species components (leaves, wood, litter) are defined according to phenological stage of the plant species (QUIRK; STUTH, 1995). Plant species or functional group preferences by the grazer are defined as follows:

- Preferred (P) – A preferred assignment is made to a plant species component that a particular grazer is consuming when the percentage of that species component in the animal's diet is greater than its percentage in the field (on a relative weight basis). Animals “seek out” these species.
- Desirable (D) – A desirable assignment is made for plant species components that are selected based on the associated composition of preferred and undesirable species components. Animals “accept” these species components by increasing consumption as composition of undesirable species components increases and decreasing consumption as composition of preferred species components increases. It would represent a species that the animal would eat, but not actively seek out.
- Undesirable (U) – assigned to a plant species component when the percentage of that species component in the diet of the animal is less than its percentage in the field (on a relative weight basis) regardless of standing crop. Animals “avoid” these species when possible.
- Non-Consumed (N) – A plant species component classified as non-consumed is not recognized as a food item by the grazing animal or is a non-cognitive species. It can represent forage that is out of reach by the animal (e.g. above the browse line) or a species that will not be eaten under any circumstance.

These preferences are used to describe a specific grazer's preference for the following growth stages/parts of the plants:

- Current Year's Growth – Rapid Growth: A preference code (P, D, U, N) is assigned for each grazer as it applies to the growth periods of the plant species being simulated where green current year's growth (leaves and green stems) is higher than the senescence rate (leaf turnover) of current year's growth.
- Current Year's Growth – Declining Growth: A preference code (P, D, U, N) is assigned for each grazer as it applies to the growth periods of the plant species being simulated where green current year's growth is less than the senescence rate of current year's growth.
- Current Year's Growth Dormancy: A preference code (P, D, U, N) is assigned for each grazer as it applies to the growth periods of a plant species being simulated where current year's green standing crop is greater than zero but growth rate is equal to zero, e.g. standing green material but no growth. This generally represent plants in water or temperature stress in the model.
- Current Year's Growth – Dead: A preference code (P, D, U, N) is assigned for each grazer as it applies to the growth periods of the plant species being simulated where current year's growth is in the standing dead pool.
- Wood – Rapid Growth: A preference code (P, D, U, N) is assigned for each grazer as it applies to the growth periods of the plant species being simulated where live wood growth rate is higher than the senescence rate of wood.
- Wood – Declining Growth: A preference code (P, D, U, N) is assigned for each grazer as it applies to the growth periods of the plant species being simulated where live wood growth rate is lower than the senescence rate of wood.
- Wood – Dormancy: A preference code (P, D, U, N) is assigned for each grazer as it applies to the growth periods of a plant species being simulated where live wood growth is zero. This generally represent plants in water or temperature stress in the model.

- Wood – Dead : A preference code (P, D, U, N) is assigned for each grazer as it applies to the growth periods of a plant species being simulated where wood growth is in the standing dead pool.
- Current Year's Growth – Litter: A preference code (P, D, U, N) is assigned for each grazer as it applies to the litter from current year's growth. Normally, this applies to areas where consumption of litter by grazing animals occurs during extended dry periods (e.g., the Caatinga of Brazil).
- Wood – Litter: A preference code (P, D, U, N) is assigned for each grazer as it applies to the woody stem litter.

The PHYGROW model calculates the forage demand for each of the grazers on each day of the simulation and updates the forage amounts in each of the preference classes. Based on the availability, the forage is allocated to meet the demand by the grazer with preferred forages consumed first, followed by desirable and undesirable. The forage amounts in each preference class are updated with each daily iteration of the model for growth of biomass and loss of biomass due to turnover or grazing demand.

Climate Sub-model

The climate sub-model serves to provide the driving variable for the simulation. The variables in this sub-model include year, day, maximum and minimum temperature, precipitation and solar radiation (Table 4). Climate data used are generally acquired from weather station datasets or from interpolated maps that have been derived from weather station data. Remote sensing sources of climate data can also be used. For example, the livestock early warning system in East Africa uses a rainfall dataset (RFE2) that is derived from satellite data and weather station gauge data to provide daily estimates of rainfall for the continent of Africa (NOVELLA; THIAW, 2013). The Climate Data Guide at

The National Center for Atmospheric Research is an excellent source for finding and review climate data that may be useful for simulation modeling, especially in rangeland areas where station data is usually scarce (<https://climatedataguide.ucar.edu/>).

Table 4 – Parameters needed for climate inputs into the PHYGROW model

Climate Parameters	
Year	Maximum Temperature
Julian Day	Precipitation
Minimum Temperature	Solar Radiation

Source: prepared by the author.

PHYGROW MODEL PERFORMANCE

Biomass Estimation

The PHYGROW model has been used on rangelands throughout the world. When calibrated, it performs well in predicting forage biomass for livestock. Since 1999, it serves as the primary simulation model in the livestock early warning systems (LEWS) (STUTH *et al.*, 2003; STUTH *et al.*, 2005; ANGERER, 2012a; ANGERER; BIZIMANA; ALEMAYEHU, 2013) that have been implemented in major livestock producing regions of East Africa, Mongolia, Afghanistan and portions of the USA. These systems use near real-time climate to assist in predicting available forage standing crop, and to monitor forage conditions compared to historical, maximums, minimums, and averages (ANGERER, 2012a).

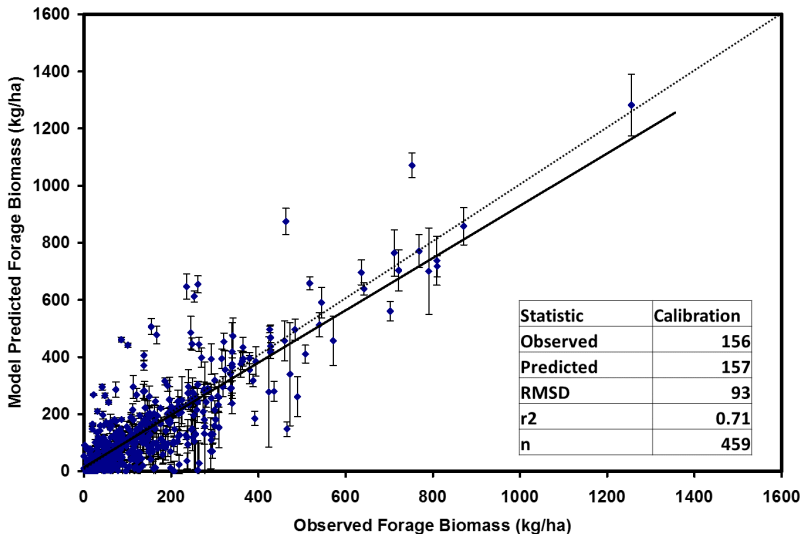
The livestock early warning system in Mongolia is a nationwide system. When the system was initiated, studies were established to collect biomass data to calibrate and verify the PHYGROW simulation model outputs. To illustrate the performance of the PHYGROW model, the results of the calibration and model verification on Mongolian rangelands are presented here. To gather field information to parameterize the PHYGROW simulations, line

transects were established on 243 monitoring sites rangeland areas in southern Mongolia. At each site, data were collected parameterize the plant community proportions and species attributes needed for the plant sub-model. Soil parameters were determined from soils data gathered either on site or from national soil survey data. Grazing parameters were derived from interviews with local herders or district level census counts of livestock. Climate data to drive the model was acquired from the National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). To gather the data needed for model calibration and verification, herbaceous biomass was measured at each transect at the time of transect establishment and at least twice more during the two years after transect establishment. At each transect, 10 quadrats were sample for herbaceous biomass (grass and forbs) by clipping to a 1-cm stubble height. If shrubs were located within the quadrat and they were palatable to livestock, the current year's growth was clipped from the plant. The samples were oven-dried and averaged to provide the observed biomass weights for calibration and verification. For more information on the data collection and methods, please see (ANGERER, 2012a).

For the Mongolia sites, the model generally performed well under both calibration and verification. Across all sites and collection dates for calibration, the PHYGROW model predictions of forage biomass averaged 157 kg ha^{-1} which was 1 kg ha^{-1} greater than the average biomass measured across all sites. Linear regression analysis revealed a good correspondence between the observed and simulated biomass (Figure 3) with an r^2 of 0.71 indicating that 71% of the variability in observed biomass was explained by the simulation predictions. For model verification, the number of predicted and observed data pairs across all sites was less compared to calibration due to short study period (Figure 4). However, the comparisons indicted that the PHYGROW had a tendency to underestimate forage biomass across sites by about 14%. Performance measures indicated that the model performed reasonably well under verification. Linear regression analysis

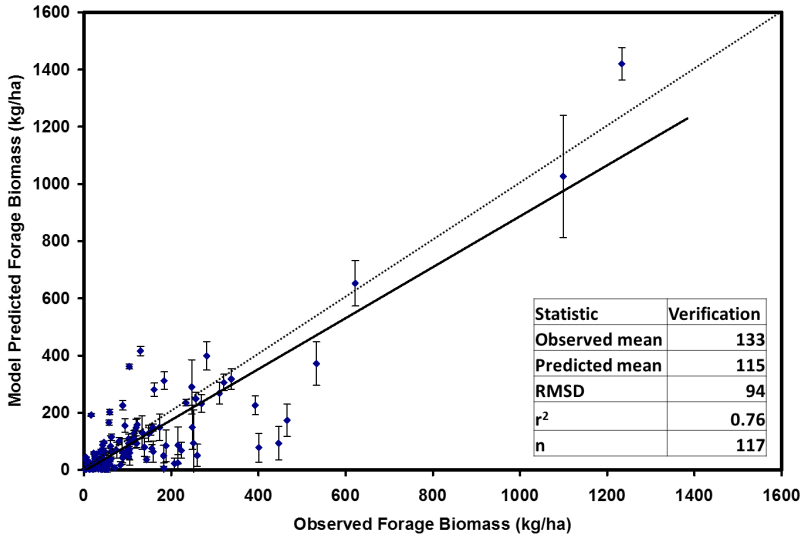
indicated a good correspondence between the PHYGROW predicted biomass and the observed data ($r^2 = 0.76$) (Figure 4). These results indicate that the model was generally reliable for predicting biomass for livestock early warning situations.

Figure 3 – Comparison of observed vs. predicted herbaceous biomass by the PHYGROW simulation model under calibration of the model for sites in the southern region of Mongolia. Observed, predicted, root mean squared difference (RMSD), regression r^2 , and sample size statistics are given for the comparison



Source: prepared by the author.

Figure 4 – Comparison of observed vs. predicted herbaceous biomass by the PHYGROW simulation model under verification of the model for sites in the southern region of Mongolia. Observed, predicted, root mean squared difference (RMSD), regression r², and sample size are provided for comparison



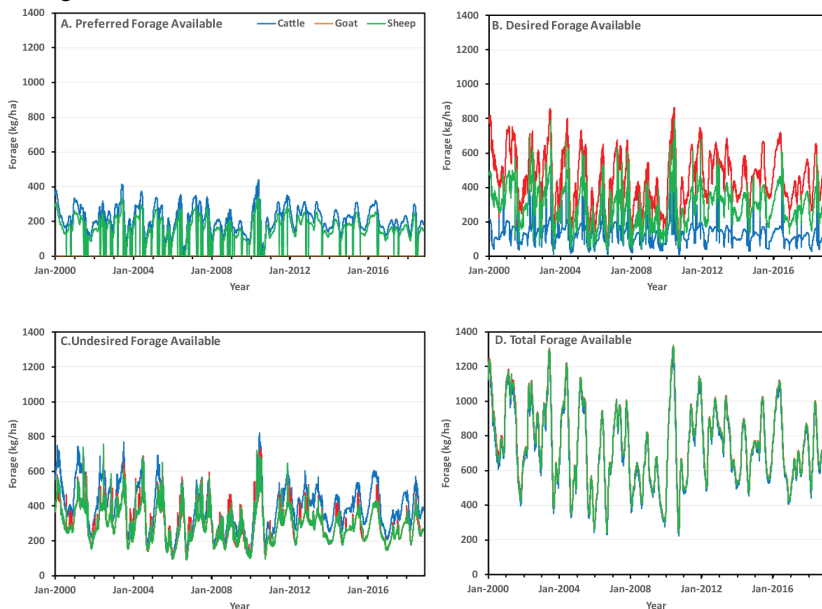
Source: prepared by the author.

Selective Grazing

The selective grazing algorithms in PHYGROW were developed from studies using fistulated animals where plant species proportions in the diets were compared to that of the plant species biomass available in the plant community. As discussed above in the model description, the proportions of plant species in the diet compared to the plant community provide an indication of species preference for the vegetation biomass. Figure 5 presents selective grazing output from a PHYGROW simulation at a site near Laikipia, in central Kenya. This site was grazed by cattle, sheep, and goats. Forage demand at this site averaged 5 kg⁻¹ hd⁻¹ day for cattle, and 1 kg⁻¹ hd⁻¹ day each for sheep and goats. The differences in preferred, desirable, and undesirable forages varied

among animals and over time (Figure 5 A-D). For the preferred forage, sheep appear to deplete the available forage and the preferred forage for sheep goes through a cycle of depletion and recovery where preferred forage drops to 0 kg ha⁻¹ and then recovers to the 200 to 300 kg range then is depleted again (Figure 5 A). The preferred forage for goats stays near 0 for the time series, indicating a lack of preferred forage and/or continued depletion of preferred forage by goats. However, for the same time series, desirable forage is highest for goats compared to sheep and cattle (Figure 5 B). The amount of undesirable forage available is similar among the grazers; however, the amount available for each grazer varies over time with goats having more during some periods and cattle having more during others (Figure 5 C). The total forage available was similar among grazers over time (Figure 5 D). However, as can be seen in Figures 5 A – C, the amount of preferred, desirable and undesirable plant species comprising the total forage available varies greatly across livestock grazers.

Figure 5 – The differences in preferred, desirable, and undesirable forages varied among animals and over time



Source: prepared by the author.

FUTURE PERSPECTIVES AND CHALLENGES

The future is bright for the field of simulation modeling for agriculture purposes. Continued increases in computing capacity, data storage, and cloud infrastructure for storage and data sharing will continue to improve capacity for doing large-scale simulation modeling efforts to improve early warning, decision support systems, and impact assessments. One area where improvements are already being made that will have future implications are low cost, cloud enabled weather stations. In most rangeland areas of the world, weather stations are sparse, so the ability for rangeland stakeholders to be able to collect local climate data and the data made available via the internet, will allow simulation models to provide information at the farm or pasture level and reduce uncertainty.

For the PHYGROW model, future improvements will focus on expanding the grazing sub-model to incorporate livestock nutrition components or to build linkages to a livestock nutritional balance model. This will allow prediction of livestock production outputs such as weight gains/losses, and to evaluate how changes in grazing management could influence livestock production with regard to live weight, milk production, and supplemental feeding strategies. Another area of improvements will be the development of a Forage Forecasting/Nutritional Analytics Decision-Support Tool. This will be a web based tool that will allow an integration of the near real-time forage quantity assessments by PHYGROW, forage forecasting using statistical and climate forecasts, inclusion of remote sensing and drought index data streaming, along with livestock market information to allow producers to examine risk and evaluate potential tradeoffs associated with drought and variable climate. The system will employ a dashboard approach where information will be synthesized into easy to interpret text and graphs to assist producers in decision making while having capabilities for producers to dig deeper into the data if they desire. The synthesis and data integration feature is seen as a critical component for reducing the time it currently takes producers to accumulate data from various sources in order to make management and strategic decisions in the face of drought or changing conditions.

One of the greatest challenges that we will face in the future with simulation modeling and decision support tool development will be evaluating the vast amounts of data that will be available. With the advances being made with unmanned aerial systems (UAS), higher resolution satellite imagery, and internet-based sensor technology, a large amount of data can be made available for specific locations. The challenge will be the investments in time, infrastructure, and learning about these data streams to make them useful in a simulation modeling setting. However, moving from a relatively data poor environment for rangeland modeling to a data rich environment will be a worthwhile challenge for improving management and decision making on these lands.

REFERENCES

- ANGERER, J. P. Gobi forage livestock early warning system. *In: COUGHENOUR, M. B.; MAKKAR, H. P. S. (ed.). Conducting national feed assessments*. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization, 2012a. v. 15, p. 115-130.
- ANGERER, J. P. Technologies, tools and methodologies for forage evaluation in grasslands and rangelands. *In: COUGHENOUR, M. B.; MAKKAR, H. P. S. (ed.). Conducting national feed assessments*. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization, 2012b. v. 15, p. 165-200.
- ANGERER, J. P.; BIZIMANA, J-C.; ALEMAYEHU, S. Reducing risk in pastoral regions: the role of early warning and livestock information systems. *Revista Científica de Produção Animal*, Paraíba, v. 15, n. 1, p. 9-21, 2013.
- BOURAOUI, F.; WOLFE, M. L. Application of hydrologic models to rangelands. *Journal of Hydrology*, v. 121, n. 1-4, p. 173-191, 1990.
- CARLSON, D.H.; THUROW, T. L. Comprehensive evaluation of the improved SPUR model (SPUR-91). *Ecological Modelling*, v. 85, n. 2-3, p. 229-240, 1996.

DERNER, J. D. *et al.* Opportunities for increasing utility of models for rangeland management. *Rangeland Ecology & Management*, v. 65, n. 6, p. 623-631, 2012.

FLANAGAN, D. C.; NEARING, M. A. *WEPP technical documentation*. National Soil Erosion Research Lab. West Lafayette, IN, 1995. 284 p.

HANSON, C. L. *et al.* Simulation models and management of rangeland ecosystems: past, present, and future. *Rangelands*, p. 32-38, 1999.

JONES, J. W. *et al.* Brief history of agricultural systems modeling. *Agricultural Systems*, v. 155, p. 240-254, 2017.

KNISEL, W.; FOSTER, G. *CREAMS [Chemicals, runoff, and erosion from agricultural management systems]: a system for evaluating best management practices*. 1981.

MONTIETH, J. L. Solar radiation and productivity in tropical ecosystems. *Applied Ecology*, v. 9, p. 747-766, 1972.

MONTIETH, J. L. Climate and efficiency of crop production in Britian. *Philosophical Transacation of the Royal Society of London, Series B*, v. 281, p. 277-294, 1977.

NOVELLA, N. S.; THIAW, W. M. African rainfall climatology version 2 for famine early warning systems. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, v. 52, n. 3, p. 588-606, 2013.

PARTON, W. J.; STEWART, J. W.; COLE, C.V. Dynamics of C, N, P and S in grassland soils: a model. *Biogeochemistry*, v. 5, n. 1, p. 109-131, 1988.

QUIRK, M. F.; STUTH, J. W. Preference-based algorithms for predicting herbivore diet composition. *Ann Zootech*, v. 44, p. 110, 1995.

STUTH, J. *et al.* The livestock early warning system (LEWS): blending technology and the human dimension to support grazing decisions. *Arid Lands Newsletter* 2003. Disponível em: <http://cals.arizona.edu/OALS/ALN/aln53/stuth.html>. Acesso em: 10 jan. 2006.

STUTH, J. W. Foraging behavior. *In*: HEITSCHMIDT, R. K.; STUTH, J. W. (ed.). *Grazing management: an ecological perspective* Portland, Oregon: Timber Press, 1991. p. 259-272.

STUTH, J. W. *et al.* Livestock early warning system for Africa rangelands. *In*: BOKEN, V. K.; CRACKNELL, A. P.; HEATHCOTE, R. L. (ed.). *Monitoring and predicting agricultural drought: a global study*. New York: Oxford University Press, 2005. cap. 22, p. 472.

STUTH, J. W. *et al.* Phygrow user's guide and technical documentation. College Station, TX, usa, 2003. Disponível em: http://cnrit.tamu.edu/physite/PHYGROW_userguide.pdf. Acesso em: 1 June 2007.

USDA. *Urban hydrology for small watersheds*. 1986. p. 2-6.

USDA. *Soil Survey Manual. Soil Conservation Service. US Department of Agriculture Handbook 18*. US Government Printing Office Washington, DC, 1993.

WIGHT, J. R.; NEFF, E. L. *Soil-vegetation-hydrology studies; volume 2, a user manual for ERHYM: The Ekalaka Rangeland Hydrology and Yield Model*. U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service, 1983. 38 p.

WIGHT, J. R.; SKILES, J. W. *SPUR: Simulation and production and utilization of rangelands. Documentation and User's Guide*. United States Department of Agriculture, Agricultural Research Service, 1987. 372 p.

WILLIAMS, J.; DYKE, P.; JONES, C. EPIC-A model for assessing the effects of erosion on soil productivity. *Developments in Environmental Modelling*, v. 5, p. 553-572, 1983.

USO DE PROGRAMAS COMPUTACIONAIS PARA AJUDAR NA TOMADA DE DECISÕES

Márcio André Stefanelli Lara¹
Daniel da Cunha²
Sergio Domingos Simão²
Saulo Teixeira Rodrigues de Almeida³
Davi Filipe Fonseca Borges³
Higor Pinheiro Bello³
Lucas Ferreira Penteado³
Rodrigo Junior Prezotti Paiva³
Leonardo Bolelli Faleiros³
Ana Lea Armond Carvalho³
André Pereira Pierangeli³

RESUMO

Sistemas de produção animal com base no uso de pastagens conduzidas racionalmente tornam mais competitiva a atividade. Nesse modelo, o aumento da margem lucrativa ocorre com a redução de custos de produção aliado ao aumento da produtividade animal. No entanto, para as diferentes regiões do Brasil, é difícil traçar estratégias de uso do recurso forrageiro em função da falta de informação sobre os sistemas de produção e exploração do recurso vegetal. Quando técnicos e fazendeiros utilizam índices zootécnicos para analisar a estrutura do sistema de produção, estes criam padrões que podem ser comparados com

¹ Professor Adjunto do Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Lavras (marciolara@dzo.ufla.br).

² Aluno de Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Lavras.

³ Alunos de Graduação em Agronomia e Zootecnia, Universidade Federal de Lavras.

números publicados na literatura. Dessa forma, eles serão capazes de detectar problemas, apontar vantagens e fazer progresso na propriedade. Quando não existem termos de comparação, há dificuldade em estabelecer julgamento apropriado do sistema, tornando muito mais complicado propor mudanças nos conceitos estabelecidos tradicionalmente. Conhecer o perfil produtivo de estabelecimentos rurais e quais são as barreiras observadas por eles ao se produzir forragem é essencial para o manejo correto do sistema, reduzindo os riscos ambientais, econômicos e sociais. Para entender mais profundamente o dinamismo desses sistemas, é necessário o uso de ferramentas que auxiliem os pesquisadores na interpretação dos resultados quando fatores ambientais e de manejo são adicionados ao processo. Dentre essas ferramentas, destaca-se o uso de modelos de simulação, que permitem descrever o funcionamento de um sistema produtivo e inter-relacionar seus componentes. Modelos Mecanicistas como APSIM e CROPGRO têm sido parametrizados para simular o crescimento de gramíneas forrageiras tropicais com resultados acurados, trazendo novos desafios para pesquisadores e técnicos. No entanto, o uso dessas ferramentas pode ser limitante devido a sua complexidade de estruturação e interface com o usuário. Portanto é possível usar outros modelos de estrutura menos complexa, mas que possuam eficiência em construir cenários de produção a partir de poucos dados desde que parametrizadas de acordo com os princípios básicos de crescimento das plantas, como o uso de planilhas em Excel.

Palavras-chave: Modelagem. Planejamento. Produção vegetal.

Introdução

Sistemas de produção animal com base no uso de pastagens conduzidas racionalmente podem ser atrativas financeiramente quando comparadas às outras atividades agrícolas. A competitividade da pecuária se dá com o aumento da lucratividade do sistema que ocorre de duas formas: 1 – com a redução de custos de produção e 2 – por meio do aumento da produtividade animal. Nesse contexto, muitos fatores

estão associados como preço, balança comercial, oferta e procura etc. No entanto, um dos fatores mais importantes do processo produtivo de plantas forrageiras em pastagens é desconsiderado na maioria dos sistemas de produção.

O ambiente de produção é um dos fatores mais importantes que deve ser considerado para aumentar a relação Renda Bruta/Custo de Produção. A diversidade de ambientes torna o gerenciamento da produção de forragem inacurado. O gerenciamento da produção de forragem é considerado um dos fatores mais limitantes para a pecuária extensiva. Isso se dá pela dificuldade de projetar decisões em virtude de um fenômeno chamado “estacionalidade de produção” apresentado pelas gramíneas forrageiras perenes. Segundo Pedreira, Nussio e Silva (1998), as respostas biológicas que influenciam a adaptação, sobrevivência e crescimento de animais e plantas são funções diretas dos efeitos das variáveis físicas do ambiente (e.g., temperatura, luminosidade, disponibilidade de água e nutrientes etc.). Essas variáveis são responsáveis pela distribuição territorial das diferentes espécies forrageiras e influenciam de maneira direta a produtividade das pastagens.

Entre os fatores determinantes da produção de forragem, a temperatura do ar, radiação solar, fotoperíodo e umidade do solo são consideradas as principais. Mudanças sensíveis nesses fatores desencadeiam uma série de alterações em processos fisiológicos que influenciam o crescimento e senescência dos tecidos vegetais, alterando a velocidade das reações químicas, a taxa de aparecimentos de folhas, o perfilhamento, o florescimento, o alongamento foliar e, conseqüentemente, alteram as exigências de manejo adequado da planta forrageira (NABINGER; PONTES, 2001).

Para as diferentes regiões do Brasil, é difícil traçar estratégias de uso do recurso forrageiro com precisão em função da falta de informações sobre os sistemas de produção e exploração do recurso vegetal. Quando técnicos e fazendeiros utilizam índices zootécnicos para analisar a estrutura do sistema de produção, estes criam padrões que podem ser comparados com números publicados na literatura. Dessa forma, eles serão capazes de detectar problemas, apontar vantagens e fazer progresso na propriedade. Quando não existem termos de compa-

ração, há dificuldade em estabelecer julgamento apropriado do sistema tornando muito mais complicado propor mudanças nos conceitos estabelecidos tradicionalmente (FARIA; CORSI, 1986).

Em função dessa variação, é importante conhecer o perfil das propriedades, dos produtores rurais, e quais são as barreiras observadas por eles ao se produzir e utilizar forragem na atividade pecuária. Para entender mais profundamente o dinamismo desses sistemas, é necessário o uso de ferramentas que auxiliem os pesquisadores na interpretação dos resultados quando fatores ambientais e de manejo são adicionados ao processo. Dentre essas ferramentas, destaca-se o uso de modelos de simulação, que permitem descrever o funcionamento de um sistema produtivo e inter-relacionar seus componentes.

Tecnologia e conceitos básicos de planejamento

Objetiva-se, com o uso de programas computacionais ou mesmo planilhas computacionais simples, definir ações e medidas que possam ser tomadas para que determinado estado desejável ocorra no futuro (PARKER, 1993). Esse estado é obviamente definido por meio de metas que requerem análise de fatores condicionantes e pre-disponentes da produção animal em pastagens (SILVA; PEDREIRA, 1996), graças aos quais, uma vez diagnosticados no sistema, pode-se estabelecer o melhor posicionamento dos recursos, fazendo-se uso de diversas técnicas.

Apesar de o planejamento ser alicerçado em bases de dados e conhecimento técnico do administrador, a evolução das respostas pode diferir do planejado por muitas razões, na maioria das vezes devido a fatores não controláveis como fatores ambientais e oscilações de valores no mercado, mas muitas vezes os resultados estão associados a falhas na previsão ou por erros de monitoramento do sistema (ATHANS, 1972). Portanto, o acompanhamento contínuo das variáveis que refletem diretamente no padrão de resposta do sistema é necessário para conferir os resultados do plano e identificar, em tempo suficiente, as ações de controle para assegurar que as metas planejadas sejam atingidas.

O que é um modelo?

A palavra modelo deriva de “modus” (uma medida) e implica em mudanças de escala em suas interpretações (ARIS, 1994). De forma geral, um modelo é uma representação de algo físico ou abstrato expresso de outra forma. Um modelo matemático consiste em diversos tipos de expressões matemáticas (como dinâmica, diferencial, probabilística etc.) que podem representar quantitativamente as suposições e hipóteses idealizadas sobre o sistema complexo real (THORNLEY, 1976). Talvez a mais importante face da modelagem seja que ela possibilita entender o sistema de forma mais intensa ou descrevê-lo mais plenamente, representando quantitativamente as suposições e hipóteses idealizadas sobre o sistema real (THORNLEY, 2001).

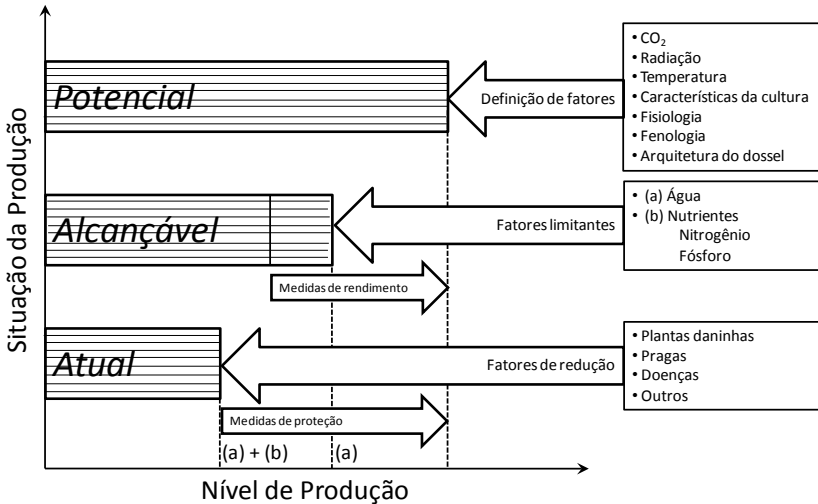
Desenvolvimento de modelos

No Brasil, esforços de pesquisa direcionados para a caracterização dos padrões de estacionalidade de produção de espécies forrageiras tropicais tiveram início na década de 1960, a partir da quantificação da produção (acúmulo de forragem) ao longo do ano (PEDREIRA, 1965; PEDREIRA; BOIN, 1969). Esses trabalhos forneceram os primeiros registros quantitativos da manifestação inequívoca da resposta produtiva de espécies forrageiras tropicais às variáveis climáticas no Brasil. Dos anos 1960 até os 1980, surgiram linhas de modelos relacionados ao mundo vegetal sendo o mais usado na área de pastagens os modelos baseados em processos. A partir da década de noventa, a modelagem apoia o entendimento de interações entre o genótipo e ambiente e identifica as características que melhoram o desempenho de plantas num dado ambiente (LOUARN *et al.*, 2007). Fatores edafoclimáticos determinam a produtividade das plantas. A irradiância, a temperatura e a disponibilidade de água são os principais fatores climáticos que afetam a estacionalidade de produção forrageira. Além disso, prá-

ticas e ações de manejo podem promover alterações nas curvas de estacionalidade (GHELFI FILHO, 1972; LARA, 2011), gerando uma gama de variações difícil de ser contemplada na sua totalidade.

Segundo Van de Ven *et al.* (2003), os modelos de previsão da produtividade são geralmente divididos em modelos de produtividade potencial, de produtividade restrita, e de produtividade reduzida. Os modelos de produtividade potencial consideram fatores que definem as máximas taxas de crescimento (características genéticas, luz, temperatura). Modelos de produtividade restrita consideram também fatores limitantes como água e nutrientes, e modelos de produtividade reduzida consideram ainda outros fatores, como plantas daninhas, pragas e doenças (Figura 1).

Figura 1 – Esquema de restrições num modelo de produtividade potencial

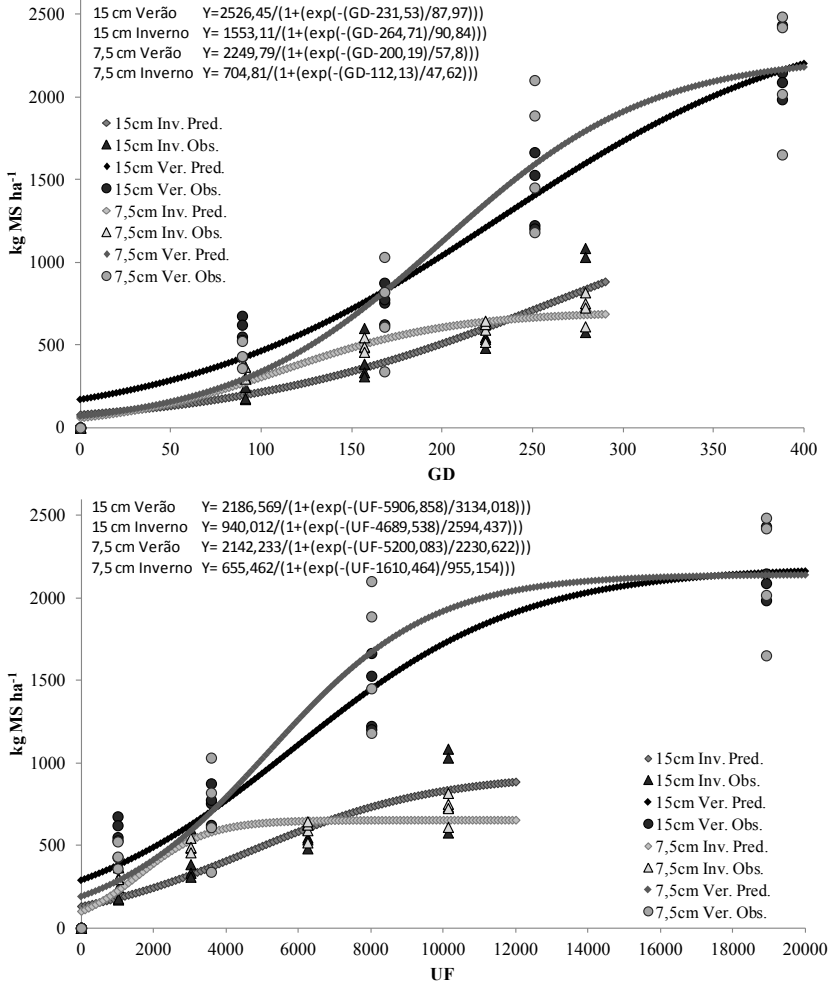


Fonte: adaptada de (LÖVENSTEIN *et al.*, 1995).

Barioni *et al.* (2003) identificaram três tipos de modelos simples, os modelos de soma térmica ou graus dia (GD). Sanderson e Moore (1999) consideram o efeito cumulativo da temperatura, acima de determinado limiar; os modelos de unidades fototérmicas (UF). Villa Nova, Carreteiro e Scardua, (1983); Yan e Wallace (1998) e Lara (2007, 2011) consideram o efeito combinado da temperatura e do fotoperíodo, e os modelos de radiação solar. Viêgas *et al.* (2002) consideram a quantidade de radiação solar como variável independente para formação de massa seca. Outros modelos simplistas também foram gerados para expressar o potencial produtivo em função de índices climáticos de crescimento (ICC) que levam em consideração luminosidade, temperatura e balanço hídrico (MOTA, 1981).

Lara (2011) constatou que o acúmulo de forragem possui alta correlação com GD e UF e que ambos os parâmetros podem ser usados na estimativa da produção de espécies de gênero *Brachiaria*. A aplicação de modelagem baseada em GD e UF possibilita a interpretação matemática do dinamismo do crescimento das plantas sob diferentes condições de manejo e épocas do ano (Gráfico 1).

Gráfico 1 – Acúmulo de forragem de capim-Xaraés (*Brachiaria brizantha* Stapf. cv. Xaraés) cortados a 15 e 7,5cm de altura no auge do verão e inverno agrostológico em função de graus dia (GD) e unidades fototérmicas (UF) acumulados

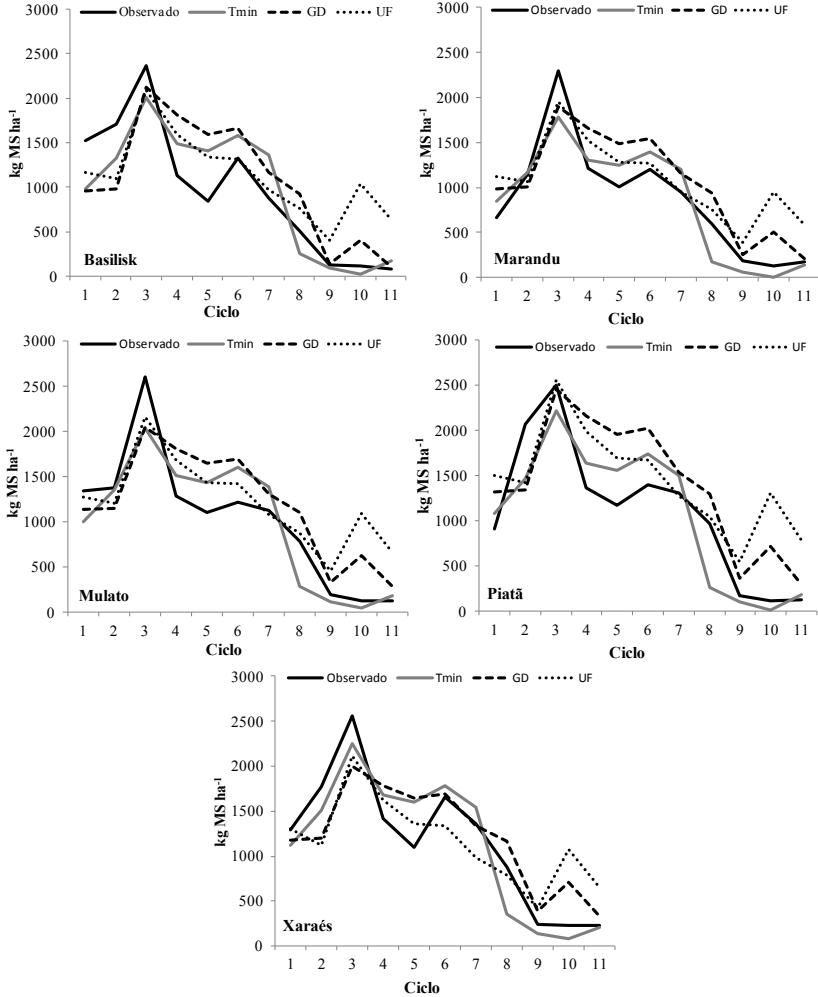


Fonte: adaptado de Lara (2011).

Embora os modelos desenvolvidos para a previsão da produção potencial sejam úteis, não pode ser ignorado o fato de que a maior parte das áreas de pastagens no Brasil sofre restrições ambientais em um ou outro momento do ano agrícola, ou mesmo durante todo o ano, especialmente no que diz respeito à disponibilidade hídrica e fertilidade do solo. Barioni *et al.* (2003) julgaram importante que esforços sejam empregados no desenvolvimento de modelos que contemplem situações subótimas de crescimento e que sejam capazes de quantificar os decréscimos na produção a elas associados, ou seja, produtividade restrita. Os modelos que contemplam as situações subótimas e mais realísticas são valiosos para o zoneamento ecológico-econômico (SANTOS, 2015).

Usando três tipos de modelo – GD, UF e Temperatura mínima (Tmin) –, Santos (2015) trabalhou com cinco genótipos de braquiária e constatou que existem variações entre dados preditos e observados, mas que a magnitude dos erros está atrelada à coleta de dados no campo e a variabilidade de massa de forragem existente nos pastos (Gráfico 2). No entanto, quando os modelos são incrementados com o balanço hídrico, a produção total anual se regula, e dados observados e simulados ficam mais próximos (Tabela 1).

Gráfico 2 – Simulação da produção anual da forragem por meio de modelos baseados em Temperatura Média Mínima (Tmin), Graus Dia (GD) e Unidades Fototérmicas (UF) para cinco genótipos de *Brachiaria*



Fonte: Santos (2015).

Tabela 1 – Porcentagem de erro na estimativa do acúmulo de forragem em função do acúmulo real de forragem de cinco genótipos de *Brachiaria* spp. em função de variáveis climáticas

Genótipo	Tmin		GD		UF	
	Sem	Com	Sem	Com	Sem	Com
	FH	FH	FH	FH	FH	FH
	----- % -----					
Basilisk	6,8	1,1	42,8	12,1	45,2	17,1
Marandu	2,3	-2,5	50,1	21,7	52,6	23,9
Mulato	2,8	-3,0	42,7	16,5	45,9	18,2
Piatã	2,7	-2,6	57,6	27,6	61,3	30,5
Xaraés	2,7	-3,6	28,2	5,6	24,7	0,6
Média	3,5	-2,1	44,3	16,7	45,9	18,1

Tmin = Temperatura mínima; GD = Graus Dia; UF = unidades Fototérmicas; FH = Fator Hídrico.

Fonte: Santos (2015).

Andrade (2013) destacou que modelos recentes com boa capacidade preditiva da produção de forrageiras foram gerados por Araújo *et al.* (2013); Cruz *et al.* (2011); Pezzopane *et al.* (2012) e Tonato *et al.* (2010), cujos resultados estão sumarizados na Tabela 2. A temperatura média dos experimentos que geraram a base de dados desses modelos situou-se entre 16 e 26°C, aproximadamente. Os modelos variam entre espécies e cultivares, no entanto, alguns modelos foram agrupados para forrageiras com respostas semelhantes. Comumente, os modelos gerados são lineares univariados, sendo, portanto, simples e de fácil aplicação. Os ajustes têm variado desde coeficientes de determinação (R^2) inferiores a 0,40 até 0,87, a depender do genótipo e da variável utilizada.

Tabela 2 – Modelos empíricos lineares univariados correlacionando produção de matéria seca com temperatura ou variáveis relacionadas

Gramínea	Variável	Coefficiente Angular	Intercepto	R ²	Referência
<i>B. brizantha</i> cv. Marandu	Tmin	11,93	-134,9	0,73	Cruz <i>et al.</i> (2011)
<i>B. brizantha</i> cv. Marandu	Tmimcorr	5,78	-17,24	0,75	Cruz <i>et al.</i> (2011)
<i>B. brizantha</i> cv. Marandu	GDcorr*	12,9	6,52	0,75	Cruz <i>et al.</i> (2011)
<i>Brachiaria</i> Grupo 1 [§]	Tmin	8,19	-94,92	0,55-0,5	Tonato <i>et al.</i> (2010)
<i>Brachiaria</i> Grupo 1 [¶]	Tmin	10,66	-128,0	0,55-0,6	Tonato <i>et al.</i> (2010)
<i>Cynodon</i> Grupo 1 [¶]	Tmin	9,06	-84,69	0,6-0,7	Tonato <i>et al.</i> (2010)
<i>Cynodon</i> Grupo 2 ^{§§}	Tmin	7,97	-67,01	0,6-0,7	Tonato <i>et al.</i> (2010)
<i>Panicum</i> Grupo 1 ^{¶¶}	Tmin	6,36	-55,22	<0,4	Tonato <i>et al.</i> (2010)
<i>Panicum</i> Grupo 2 ^{¶¶}	Tmin	5,93	-29,15	<0,4	Tonato <i>et al.</i> (2010)
<i>B. brizantha</i> cv. Marandu	Tmin	0,98	-11,92	0,59	Rodrigues (2004)
<i>B. brizantha</i> cv. Arapoty	Tmin	0,95	-10,32	0,64	Rodrigues (2004)
<i>B. brizantha</i> cv. Capiporã	Tmin	1,10	-13,23	0,83	Rodrigues (2004)
<i>B. brizantha</i> cv. Xaraés	Tmin	1,09	-13,55	0,74	Rodrigues (2004)
<i>P. maximum</i> cv. Mombaça	∑UF	0,226	660,01	0,86	Araújo <i>et al.</i> (2013)
<i>P. maximum</i> cv. Mombaça	∑ICC	368,14	-311,9	0,83	Araújo <i>et al.</i> (2013)
<i>P. maximum</i> cv. Mombaça	∑GD	11,52	-304,8	0,78	Araújo <i>et al.</i> (2013)
<i>P. maximum</i> cv. Tanzânia	ETR	34,73	-21,58	0,87	Pezzopane <i>et al.</i> (2012)
<i>P. maximum</i> cv. Tanzânia	GDcorr*	18,80	-17,02	0,84	Pezzopane <i>et al.</i> (2012)
<i>P. maximum</i> cv. Tanzânia	GDcorr**	18,90	-6,38	0,87	Pezzopane <i>et al.</i> (2012)
<i>P. maximum</i> cv. Tanzânia	ICC	330,09	-12,88	0,84	Pezzopane <i>et al.</i> (2012)

§Marandu, Basilisk e Arapoty; ¶Capiporã e Xaraés; †Tifton 85 e Estrela;

§§Coastcross, Florico e Florona; ¶¶Atlas e Mombaça; ††Tanzânia e Tobiatã;

Tmimcorr=Temperatura mínima corrigida por um fator de penalização hídrica;

GDcorr=Graus-dia (calculado com base na temperatura base inferior) corrigido por um fator de penalização hídrico: *pela relação ETr/ETP e ** pela relação

Armazenamento atual/máxima do solo; ICC=Índice Climático de Crescimento diário;

∑UF=soma das unidades fototérmicas diária; ∑ICC=soma do índice Climático de

Crescimento; ∑GD=soma do Grau-dia; Obs.:i) A variável resposta (y) é a taxa de

acúmulo de forragem (kg MS ha⁻¹dia⁻¹), exceto para os modelos de Araújo (2011), que

foram gerados com as somas diárias de todo o ciclo, assim a variável resposta (y) é a

massa de forragem total em cada ciclo. ii) Os valores de temperatura são dados em

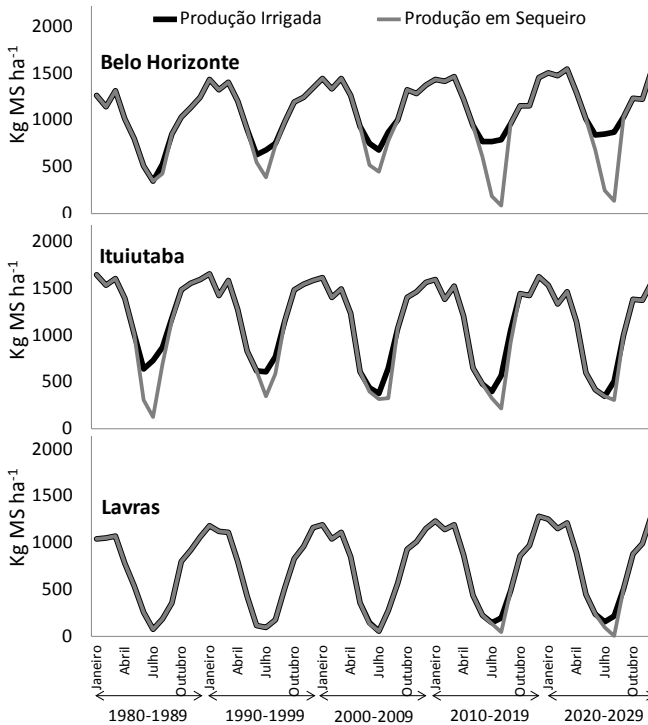
graus Celsius (°C). iii) Os dados de Rodrigues (2004) estão transformados pela raiz

quadrada.

Fonte: Andrade (2013).

Modelos simplistas também podem ser usados para projeções de cenários futuros e zoneamento agroclimático, usando equações de regressão com base em temperatura mínima para o capim-marandu, contrastando com médias climáticas provenientes de estações meteorológicas espalhadas em várias cidades do Brasil. Dessa forma, é possível ter ideia do potencial de produção de forragem, se ele está aumentando ou diminuindo em função do aumento ou diminuição da temperatura e da precipitação (Gráfico 3).

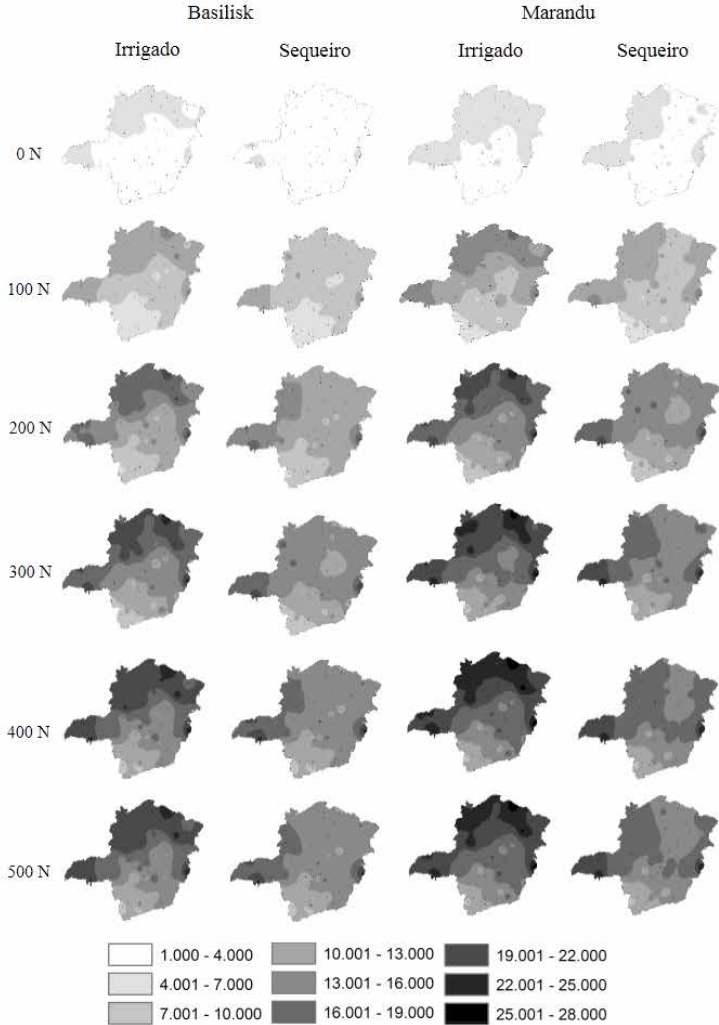
Gráfico 3 – Projeção futura do potencial de produção de forragem em Belo Horizonte, Ituiutaba e Lavras-MG, em função da variação média de temperatura e precipitação por década



Fonte: elaborado pelo autor, com dados não publicados (2018).

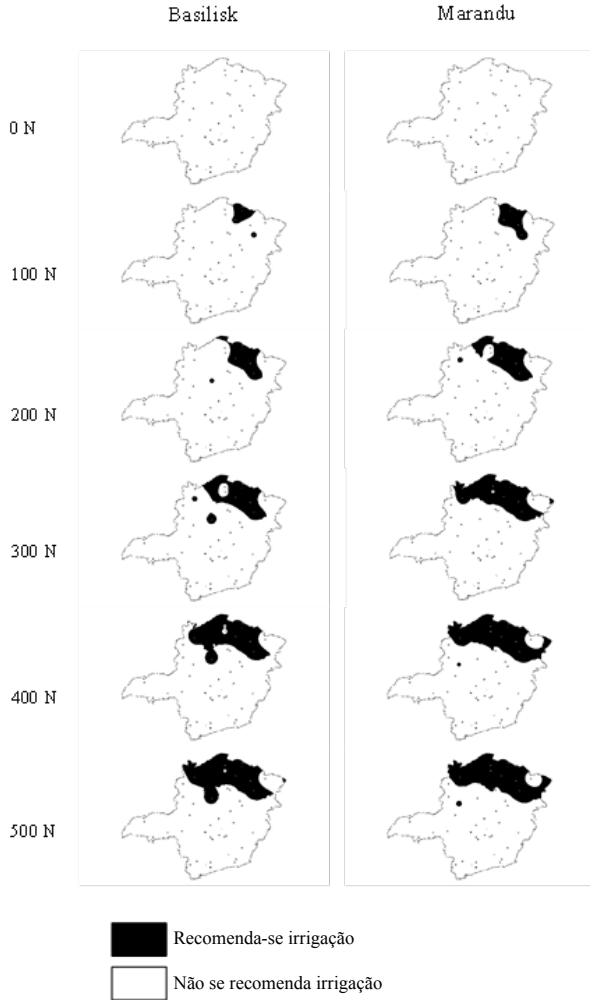
Modelos simplistas utilizando a ferramenta Excel podem ainda apresentar resultados interessantes do ponto de vista do gerenciamento da fazenda e do zoneamento produtivo, simulando até a possibilidade de determinada região utilizar a irrigação como acelerador do processo produtivo (COUTO, 2017). Esses mecanismos de simulação possuem erros aceitáveis de acurácia, mas são tidos como fontes seguras de teste para a tomada de decisões ao nível de fazenda. Quando atrelados às medidas de consumo, esses modelos podem definir as atividades da fazenda e as estratégias de compra e venda de animais ou insumos. Couto (2017), trabalhando com dois capins do gênero *Brachiaria* (cultivares Basilisk e Marandu), encontrou variações na produção de forragem em função da quantidade de água disponível para as plantas no campo e também em função da adubação nitrogenada, utilizando um modelo que ajustava a taxa de acúmulo de forragem a eficiências de uso de Nitrogênio e água (Figura 2). No mesmo trabalho, a autora relata ainda a importância dos modelos na decisão sobre a implementação de sistemas de irrigação em função dos custos e do retorno econômico, mostrando que variações na arroba do boi e no preço dos fertilizantes nitrogenados são condicionantes da decisão, tornando fazendas em regiões com características ambientais limítrofes do custo de produção mais susceptíveis economicamente às variações de mercado (Figura 3).

Figura 2 – Mapas da estimativa de produção (Kg de MS ha⁻¹ ano⁻¹) dos capins Basilisk e Marandu sob doses de adubo Nitrogenado nos sistemas Irrigado e em Sequeiro



Fonte: Couto (2017).

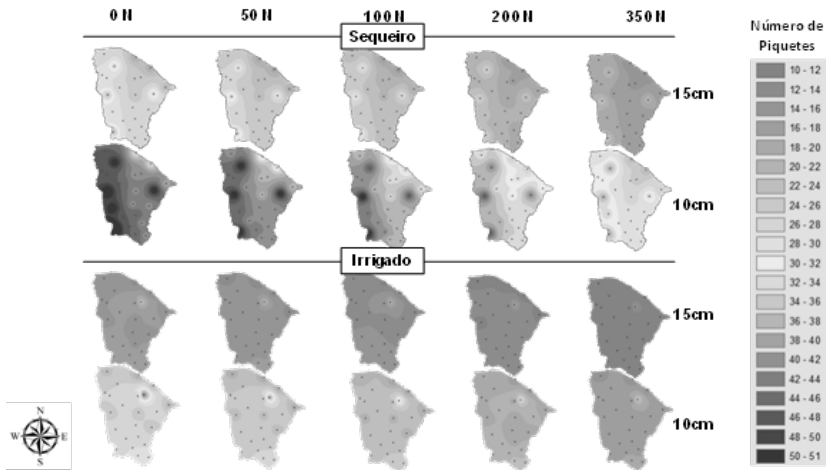
Figura 3 – Mapas da recomendação da utilização de irrigação em diferentes regiões de Minas Gerais, com base nas doses de Nitrogênio



Fonte: Couto (2017).

Outro ponto importante nos sistemas de produção atuais é utilizar princípios de manejo baseados na Interceptação Luminosa (IL). Apesar de ser um mecanismo de manejo bem difundido entre pesquisadores no Brasil, a técnica ainda é pouco aplicada nas fazendas devido à grande dificuldade de técnicos e produtores determinarem a área e os piquetes necessários para implementação da técnica sem maiores prejuízos para plantas e animais. O uso de ferramentas computacionais permite simular a quantidade de piquetes e a produção de forragem quando sob irrigação ou níveis de adubação nitrogenada (Figura 4).

Figura 4 – Número de piquetes necessários para manejo de sistemas rotativos de lotação com base na Interceptação de Luz de 95% quando mantidos sob condições de sequeiro e irrigação, manejos de altura de resíduo de 10 e 15cm e níveis de adubação nitrogenada para o estado do Ceará



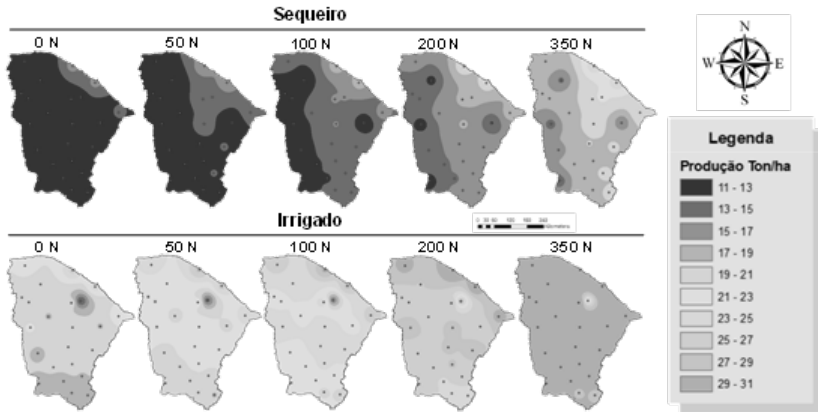
Fonte: elaborada pelo autor, com dados não publicados (2018).

Relacionando manejo, água e adubação nitrogenada, é possível quantificar a biomassa produzida por ano em qualquer região do Brasil. Para o estado do Ceará, caracterizado por hipsometria baixa, não passando de 500m de altitude em relação ao nível do mar em mais de 805 do estado, que ainda caracterizado por ter clima tropical quente semi-

árido (FUNCEME – Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos), o potencial produtivo do capim Marandu alcança mais de 30 ton ha⁻¹ de produção de biomassa (Figura 5) quando sob irrigação e adubação nitrogenada em torno de 350 kg de N ha⁻¹ ano⁻¹. Em sequeiro, o potencial produtivo é o terço da produção irrigada e adubada, para uma condição de fertilidade média dos solos utilizados nos modelos.

Essas respostas mostram que a forma com que os sistemas são conduzidos afeta diretamente a produtividade das fazendas, o potencial de produção animal e, no caso do uso da IL como meta de manejo, afeta a área necessária para a criação de animais. A tomada de decisão sobre qual sistema de produção utilizar é mais segura quando é possível inferir sobre as possíveis variações no ambiente.

Figura 5 – Produção de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu (Ton ha⁻¹) sob níveis de nitrogênio e água para o estado do Ceará



Fonte: elaborada pelo autor.

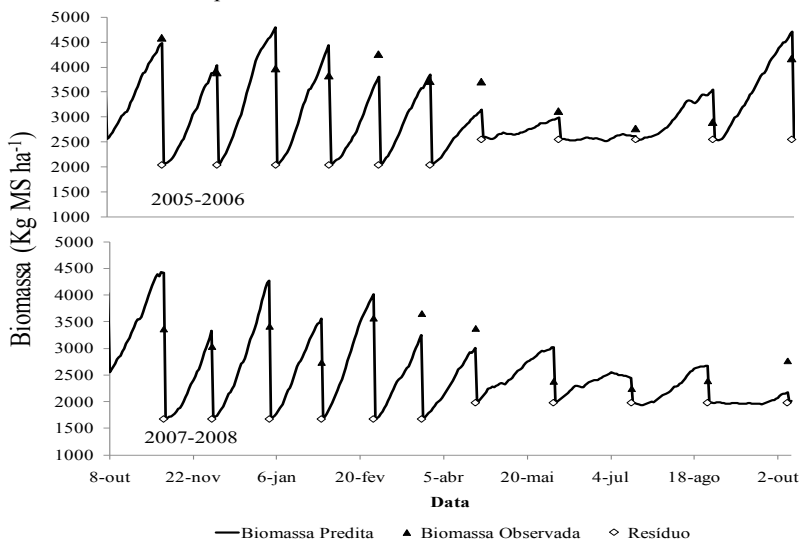
Modelos com base em processos

Modelos de predição baseados em processos se enquadram numa escala maior de complexidade. Eles funcionam com conjuntos de dados

organizados e arquivados de forma que são possíveis simulações, com várias interações entre clima, solo e manejo em cenários distintos, além de ser possível a otimização dos parâmetros do modelo com a realimentação de dados. Análises de sensibilidade relacionadas às mudanças nas condições de produção e laudos econômicos também podem fazer parte desses modelos. As ferramentas adicionais incorporadas nesses modelos ampliam as opções de tomada de decisão gerencial e auxiliam na identificação de lacunas de conhecimento que poderão ser trabalhadas em experimentos futuros (LARA, 2011).

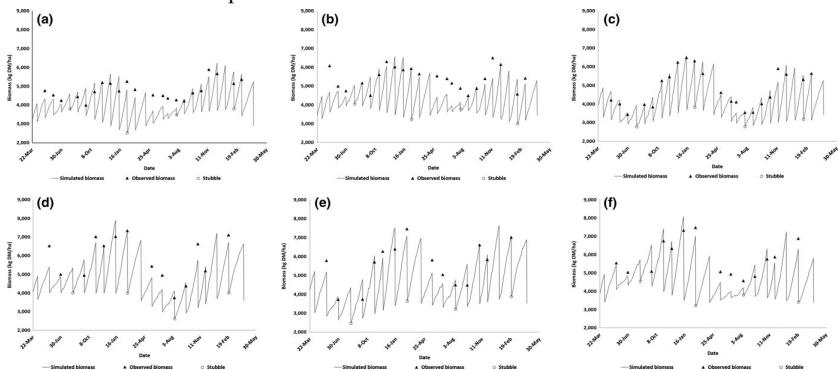
O CROPGRO e o APSIM são modelos orientados por processos. Eles usam dados diários de clima e manejo para prever mudanças diárias na composição e crescimento da cultura (ANDRADE *et al.*, 2016). O CROPGRO foi desenvolvido como um modelo autônomo, mas também está inserido num programa computacional, o DSSAT (*Decision Support System for Agrotechnology Transfer*), que possibilitou a interface com programas gráficos e automatizou a apresentação dos resultados. O CROPGRO é um modelo mecanicista que prediz produção e composição de culturas baseado nas informações de planta (com atributos de espécie e cultivar), clima, manejo e solo. Com ele, é possível simular balanço hídrico e de nitrogênio, matéria orgânica e dinâmica de resíduos no solo, e danos por pragas e/ou doenças, aspectos que aumentam a sua utilidade (RYMPH, 2004). Pedreira *et al.* (2011) parametrizaram o modelo, calibrado anteriormente para *Paspalum notatum* (Alain ex. Flügge) com dados de *Brachiaria brizantha*, conseguindo bons resultados na simulação do acúmulo de forragem (Gráfico 4). Pequeno *et al.* (2017) calibrou o CROPGRO forage model para diferentes cultivares e condições de produção no mesmo local, obtendo resultados excelentes de simulação (Gráfico 5).

Gráfico 4 – Produção simulada (linha) e observada (triângulos fechados) de Biomassa de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu durante os anos de 2005 e 2008 em Piracicaba-SP. Círculos abertos correspondem à massa residual colhida



Fonte: Pedreira *et al.* (2011).

Gráfico 5 – Produção simulada (linha) e observada (triângulos fechados) de Biomassa das forrageiras Marandu, Convert HD 364 e Tifton 85 colhidas a cada 28 dias (a-c) e 42 dias (d-f) respectivamente durante abril 2011 a abril de 2013 em Piracicaba, SP, Brasil. Círculos abertos correspondem à massa residual colhida



Fonte: Pequeno *et al.* (2017).

Considerações finais

Recursos computacionais matemáticos estão disponíveis a qualquer usuário desde que haja interesse pelo monitoramento e planejamento das atividades na propriedade. Tanto no contexto acadêmico da pesquisa como na aplicação prática no auxílio à tomada de decisão, a modelagem pode ser uma ferramenta valiosa. Para o pecuarista, é razoável especular que as ferramentas de gerenciamento evoluirão a ponto de os usuários poderem prever planejar e otimizar a atividade de produção primária com grande precisão e exatidão.

Referências

ANDRADE, A. S. *Mudanças climáticas e o acúmulo de forragem do capim-marandu: cenários futuros para o Estado de São Paulo*. 2013. 91 f. (Mestrado em Ciências) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba/SP, 2013.

ANDRADE, A. S. *et al.* Simulating tropical forage growth and biomass accumulation: an overview of model development and application. *Grass and Forage Science*, Oxford, v. 71, n. 1, p. 54-65, 2016.

ARAÚJO, L. C. *et al.* Simulating guinea grass production: empirical and mechanistic approaches. *Agronomy Journal*, v. 105, n. 1, p. 61-69, 2013.

ARIS, R. *Mathematical modelling techniques*. New York: Dover Publications, 1994.

ATHANS, M. The discrete time linear-quadratic-gaussian stochastic control problem. *Annals of Economic and Social Measurement*, v. 1, p. 209-226, 1972.

BARIONI, L. G. *et al.* Planejamento e gestão do uso de recursos forrageiros na produção de bovinos em pastejo. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 20., 2003, Piracicaba. *Anais [...]*. Piracicaba: Fealq, 2003. p. 105-153.

COUTO, P. H. do. *Estimativa da produção de Brachiaria spp. para o Estado de Minas Gerais*. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal de Lavras, 2017. 34 p.

CRUZ, P. G. *et al.* Modelos empíricos para estimar o acúmulo de matéria seca de capim-marandu com variáveis agrometeorológicas. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 46, n. 7, p. 675-681, jul. 2011.

FARIA, V. P.; CORSI, M. Índices de produtividade em gado de leite. *In: PEIXOTO, A. M.; MOURA, J. C. de; FARIA, V. P. Bovinocultura leiteira: fundamentos da exploração racional*. Piracicaba: Fealq, 1986. p. 1-16.

GHELFI FILHO, H. *Efeito da irrigação sobre a produtividade do capim elefante (Pennisetum purpureum Schum.) variedade napier*. 1972. 195 f. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1972.

LARA, M. A. S. *Respostas morfofisiológicas de cinco cultivares de Brachiaria spp. às variações estacionais da temperatura do ar e do fotoperíodo*. 2007. 119 f. Tese (Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba/SP, 2007.

LARA, M. A. S. *Respostas morfofisiológicas de genótipos de Brachiaria spp. sob duas intensidades de desfolhação e modelagem da produção de forragem em função das variações estacionais da temperatura e fotoperíodo: adaptação do modelo CROPGRO*. 2011. 212 p. Tese (Doutorado em Ciências) – Escola Superior de Agricultura Luiz Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba/SP, 2011.

LOUARN, G. *et al.* Quantitative analysis of the phenotypic variability of shoot architecture in two grapevine (*Vitis vinifera*) cultivars. *Annals of Botany*, v. 99, n. 3, p. 425-437, Mar. 2007.

- LÖVENSTEIN, H. *et al.* R. *Principles of production ecology*. Wageningen: Wageningen Agricultural University, 1995.
- MOTA, F. S.; BERNY, Z. B.; MOTA, J. F. A. S. Índice climático de crescimento de pastagens naturais no Rio Grande do Sul. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 16, n. 4, p. 453-472, jul./ago. 1981.
- NABINGER, C.; PONTES, L. S. Morfogênese de plantas forrageiras e estrutura do pasto. In: REUNIÃO ANUAL DA SBZ, 38., 2001, Piracicaba. *A produção animal na visão dos brasileiros*. Piracicaba: SBZ, 2001. p. 755-767.
- PARKER, W. J. Feed planning on the farm. *Proceedings of the Central Districts Sheep and Beef Cattle Conference*, v. 2, p. 75-84, 1993.
- PEDREIRA, B. P. *et al.* Adapting the CROPGRO perennial forage model to predict growth of *Brachiaria brizantha*. *Field Crops Research*, Amsterdam, v. 120, p. 370-379, 2011.
- PEDREIRA, C. G. S.; NUSSIO, L. G.; SILVA, S. C. Condições edafo-climáticas para a produção de *Cynodon* spp. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 15., 1998, Piracicaba. *Anais [...]*. Piracicaba: Fealq, 1998. p. 85-113.
- PEDREIRA, J. V. S. Estudo do crescimento do capim Colonião. *Boletim da Indústria Animal*, v. 23, p. 139-145, 1965.
- PEDREIRA, J. V. S.; BOIN, C. Estudo de crescimento de capim elefante variedade Napier (*Pennisetum purpureum* Schum.). *Boletim da Indústria Animal*, v. 26, p. 263-273, 1969.
- PEQUENO, D. N. L. *et al.* Species-genotypic parameters of the CROPGRO perennial forage model: implications for comparison of three tropical pasture grasses. *Grass and Forage Science*, v. 73, p. 440-455, 2017.
- PEZZOPANE, J. R. M. *et al.* Dry matter production of Tanzania grass as a function of agrometeorological variables. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 47, p. 471-477, 2012.

RODRIGUES, D. C. *Produção de forragem de cultivares da Brachiaria brizantha (Hochst. Ex. A. Rich) stapf e modelagem de repostas produtivas em função de variáveis climáticas*. 2004. 94 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba/SP, 2004.

RYMPH, S. J. *Modeling growth and composition of perennial tropical forage grasses*. 2004. 316 p. Thesis (Doctor of Philosophy) – University of Florida, Gainesville, 2004.

SANDERSON, M. A.; MOORE, K. J. Switchgrass morphological development predicted from day of the year or degree-day models. *Agronomy Journal*, v. 91, n. 4, p. 732-734, July, 1999.

SANTOS, L. O. *Avaliação morfofisiológica de cinco genótipos de Brachiaria spp. e modelagem do acúmulo de forragem em função de variáveis climáticas*. 2015. 150 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras/MG, 2015.

SILVA, S. C. da; PEDREIRA, C. G. S. Fatores condicionantes e predisponentes da produção animal a pasto. *In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM*, 13., 1996, Piracicaba. *Anais [...]*. Piracicaba: Fealq, 1996. p. 97-122

THORNLEY, J. H. M. *Mathematical models in plant physiology: a quantitative approach to problems in plant and crop physiology*. London: Academic Press, 1976.

THORNLEY, J. H. M. Modeling grassland ecosystems. *In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS*, 19., 2001, Piracicaba. *Anais [...]*. Piracicaba: Fealq, 2001. p. 1029-1036.

TONATO, F. *et al.* Desenvolvimento de modelos preditores de acúmulo de forragem em pastagens tropicais. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 45, p. 522-529, 2010.

VAN DE VEN, G. W. J. *et al.* Concepts in production ecology for analysis and design of animal and plant-animal production systems. *Agricultural Systems*, v. 76, n. 2, p. 507-525, May. 2003.

VIÉGAS, J. *et al.* Ajuste de um modelo de previsão do rendimento potencial de matéria seca de azevém anual. *In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE PRODUÇÃO ANIMAL: Modelos para tomada de decisão na produção de bovinos e ovinos, 2002, Santa Maria. Anais [...].* Santa Maria, RS: UFSM, 2002. v. 2, p. 83-86.

VILLA NOVA, N. A.; CARRETEIRO, M. V.; SCARDUA, E. Um modelo de avaliação de crescimento em cana-de-açúcar (*Sccharum* sp) em termos de ação combinada de fotoperíodo e temperatura média do ar. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 2., 1983, Campinas. Anais [...].* Campinas: SBA, 1983. p. 31-48.

YAN, W.; WALLACE, D. H. Simulation and prediction of plant phenology for five crops based on photoperiod x temperature interaction. *Annals of Botany*, v. 81, p. 705-716, 1998.

AVALIAÇÃO DA SELETIVIDADE POR RUMINANTES EM PASTAGENS NATURAIS SEMIÁRIDAS

Tadeu Vinhas Voltolini¹
Glacyane Costa Gois²

RESUMO

As áreas áridas e semiáridas ocupam grande parte do globo terrestre e têm na pecuária uma atividade de grande importância socioeconômica. Em adição, com a necessidade de aumentar a produtividade visando ao incremento na rentabilidade e também para contribuir com o atendimento das crescentes demandas por produtos de origem animal pela população, é fundamental a melhoria na eficiência produtiva nas terras secas. Considerando que grande parte do rebanho dessas regiões tem as pastagens como base alimentar, é decisiva a avaliação dos pastos objetivando o estabelecimento de práticas adequadas de manejo. Entre as avaliações, a análise da seletividade do animal em pastejo permite uma série de respostas como a observação das espécies vegetais que são preferencialmente consumidas e a caracterização da composição químico-bromatológica da dieta do animal em pastejo. Diversas metodologias permitem a obtenção de informações relacionadas à seletividade dos animais mantidos em pastagens, sendo essa característica afetada por diversos fatores relacionados ao animal, ao habitat e ao comportamento social. Para animais em pastejo na Caatinga, a avaliação da seletividade

¹ Pesquisador da Embrapa Semiárido (tadeu.voltolini@embrapa.br).

² Pós-Doutoranda, Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias no Semiárido, UNIVASF/CPGCVS, (glacyane_gois@yahoo.com.br).

tem contribuído para a definição de estratégias de manejo para fins pastoris, favorecendo o aumento na produção de forragem, a melhor utilização da área e da forragem produzida, as quais são de grande importância para os sistemas de produção.

Palavras-chave: Comportamento seletivo. Forragem. Seleção da dieta. Semiárido.

INTRODUÇÃO

A segurança alimentar dos rebanhos é um importante desafio para os sistemas produtivos pecuários em regiões áridas e semiáridas (MLAMBO; MAPIYE, 2015), uma vez que essa atividade produtiva tem grande importância econômica e social para essas áreas. Além disso, é grande a preocupação com a produção de alimentos a fim de suprir as demandas crescentes da população mundial. Nesse contexto, as regiões áridas e semiáridas podem ter relevante papel como produtoras de alimentos de origem animal (TARRASÓN *et al.*, 2016).

Em muitas regiões áridas e semiáridas, os pastos contribuem consideravelmente com a alimentação dos animais. No Semiárido brasileiro, os pastos cultivado e nativo constituem importantes recursos forrageiros, sendo a caatinga a base alimentar para os rebanhos de ruminantes domésticos (caprinos, ovinos e bovinos), em muitas localidades.

O aumento na eficiência da produção pecuária nas regiões secas de todo o mundo que utilizam as pastagens como base alimentar para os rebanhos é fundamental para a obtenção de maiores produtividade e renda. Essa melhor eficiência produtiva pode ser decorrente de vários fatores, como a melhor utilização dos pastos. Para isso, são necessárias avaliações dos fatores que interferem no sistema de produção, entre eles a seletividade do animal em pastejo, que pode contribuir com o entendimento das relações entre solo-planta-animal-ambiente, favorecendo a definição de práticas do manejo do pastejo, visando ao melhor desempenho produtivo do animal. Afonso *et al.* (2018) verificaram que,

em adequada altura do dossel forrageiro, a seletividade foi otimizada, o que melhorou o desempenho produtivo do animal e a produtividade.

A avaliação da seletividade pode ser utilizada para diversas finalidades, desde a verificação das espécies vegetais preferencialmente consumidas pelos animais em pastejo (OLIVEIRA *et al.*, 2016), assim como a observação da espécie animal que melhor se adapta a determinada pastagem ou condição do pasto (CUCHILLO-HILARIO; WRAGE-MÖNNIG; ISSELSTEIN, 2017). Nesse sentido, a adequada avaliação da seletividade é de grande importância para os sistemas de produção pecuários que têm a pastagem como base alimentar, como a caatinga no Semiárido brasileiro. Neste texto, são apresentadas metodologias que podem ser utilizadas para a avaliação da seletividade, abordando ainda alguns aspectos da seletividade de animais em pastejo na Caatinga.

IMPORTÂNCIA E FATORES QUE AFETAM A SELETIVIDADE NOS SISTEMAS DE PRODUÇÃO PECUÁRIOS

A seleção da dieta pode ser definida como a remoção de algumas plantas ou suas partes pelos animais, enquanto a preferência refere-se à seletividade dos animais quando ocorre um mínimo de restrições físicas e químicas (HODGSON, 1979). De acordo com Santos *et al.* (2008), a composição botânica, os componentes morfológicos das plantas e a composição químico-bromatológica da dieta selecionada pelo animal difere da apresentada pela forragem disponível no pasto.

Santos, Fonseca e Sousa (2016), por meio da simulação do pastejo do animal, verificaram maior participação de lâminas foliares vivas, maiores teores de proteína bruta (PB) na dieta do animal, em relação à apresentada pela forragem presente no pasto de *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk, em diferentes períodos de diferimento. Em contrapartida, verificaram menor participação de colmos vivos e menor teor de fibra em detergente neutro (FDN) na amostra oriunda do pastejo simulado, em comparação com aforragem disponível no pasto (Tabela 1), indicando a habilidade do animal em selecionar os componentes morfológicos e uma dieta com melhor valor nutritivo, relatando ainda que a folha

viva é o componente morfológico preferido pelo animal em pastejo, devido a sua maior digestibilidade, acessibilidade e menor resistência à preensão em comparação com o colmo. Enquanto na forragem disponível no pasto, a porcentagem de lâminas foliares vivas variou de 6,10% a 17,10%, com a simulação de pastejo, a participação desse componente morfológico variou de 36,10% a 67,20%.

Tabela 1 – Componentes morfológicos e bromatológicos do pasto diferido de *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk e da amostra do pastejo simulado em diferentes períodos de diferimento

Condição	Período de diferimento, dias			
	73	103	131	163
Lâminas foliares vivas, %				
Pasto	17,10b	15,40b	7,60b	6,20b
Pastejo simulado	67,20a	58,50a	40,10a	36,10a
Colmos vivos, %				
Pasto	41,60a	45,00a	32,30a	28,40a
Pastejo simulado	12,70b	16,40b	14,60a	18,70b
Fibra em detergente neutro, % da matéria seca				
Pasto	75,51a	76,58a	78,03a	80,53a
Pastejo simulado	68,59b	68,85b	71,84b	71,67b
Proteína bruta, % da matéria seca				
Pasto	6,16b	4,57b	4,60b	4,30b
Pastejo simulado	9,25a	7,63a	7,75a	7,66a

Médias seguidas por letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste F ($P < 0,05$).
Fonte: adaptada de Santos, Fonseca e Sousa (2016).

O conhecimento das espécies selecionadas pelo animal é a base para a melhor utilização dos pastos, sobretudo os heterogêneos, que apresentam grande diversidade de espécies vegetais e variação espacial e temporal na massa de forragem, na composição botânica e em outras características do pasto, contribuindo com a produtividade a longo prazo ou promovendo maior diversidade biológica na área (LIMA *et al.*, 1998).

A avaliação da seletividade permite verificar os animais (espécies, raças, categorias) que melhor se adaptam a determinada condição de pasto e a possibilidade de realização do pastejo múltiplo (ARAÚJO FILHO; CRISPIM, 2002; ANIMUT *et al.*, 2005). Cuchillo-Hilario, Wrage-Mönnig e Isselstein (2017) verificaram que o pastejo múltiplo de bovinos e ovinos propiciou pastejo mais homogêneo das espécies vegetais de maior abundância na área, podendo contribuir com a manutenção da biodiversidade das pastagens.

Essa avaliação também possibilita a observação das espécies vegetais preferidas pelos animais (SANTOS *et al.*, 2016), além de contribuir com a identificação de espécies para introduzir na área (HOLECHEK; VAVRA; PIEPER, 1982), a fim de manter a composição botânica do pasto estável e condizente com as preferências do animal. Santos *et al.* (2016) avaliaram a preferência ingestiva de genótipos de caprinos em pastagens heterogêneas e observaram que os animais preferiram capim-colonião e capim-milhã, com maiores tempos de pastejo destinados a essas espécies vegetais. A análise da seletividade possibilita conhecer a composição químico-bromatológica, a digestibilidade da matéria seca (MS) e dos nutrientes, assim como as características relacionadas à cinética de degradação (SANTOS *et al.*, 2009), proporcionando avaliações nutricionais adequadas da dieta do animal.

Santos *et al.* (2011) identificaram o término do período de pastejo por meio da avaliação das características da forragem consumida pelo animal, e Afonso *et al.* (2018) utilizaram a seletividade para verificar a melhor altura do dossel forrageiro para ovinos, demonstrando que essa avaliação pode ser empregada nos estudos relacionadas ao manejo do pastejo.

A avaliação da seletividade permite ainda a análise da preferência dos animais em relação às paisagens e tipos de vegetação (SANTOS; SILVA; MAURO, 1993; SANTANA, 2016) e a fatores abióticos como as fontes de água, saeiros e cercas. Santana (2016) relata que essas avaliações são de grande importância, uma vez que esses fatores afetam a utilização da pastagem influenciando a preferência do animal. Essas informações podem contribuir para a melhor distribuição das fontes de água nas pastagens, na divisão das áreas e no posicionamento

dos saleiros, o que é de grande importância para o uso de áreas extensas e heterogêneas.

Muitos fatores relacionados ao animal influenciam a seletividade, tais como espécie, raça, sexo, tamanho, peso, idade, estado fisiológico, tempo dedicado ao pastejo, assim como o condicionamento e as experiências prévias (TARAZONA *et al.*, 2012). Os mesmos autores relatam ainda que a seletividade também é afetada pelos aspectos sociais (comportamento aprendido, densidade animal, hierarquias e comportamento social de consumo), além de fatores ligados ao habitat como a estrutura da pastagem, a densidade de plantas, a facilidade de acesso, a sazonalidade da produção de forragem, as características das plantas, os metabólitos secundários e a composição nutricional.

A variabilidade espacial e temporal na quantidade e qualidade de espécies vegetais decorrentes de alterações na fenologia e no crescimento das plantas associadas com variações nas condições ambientais e induzidas pelo pastejo também podem influenciar a seletividade (SANTOS; FONSECA; SOUSA, 2016), assim como as características da área. Lima *et al.* (1998) verificaram que topografia do terreno proporcionou diferenças na composição botânica e na massa de forragem dos pastos devido às características físicas e químicas do solo, influenciando as preferências do animal, além de observarem que, com o avanço da época seca, o alongamento do caule, a menor relação folha-caule, a menor acessibilidade dos animais às folhas, a elevada presença de tecido morto e o menor valor nutritivo das plantas interferiram no comportamento ingestivo dos animais, também alterando as suas preferências.

Brâncio *et al.* (2003) destacam ainda os efeitos da adubação afetando o valor nutritivo das plantas forrageiras e influenciando a seletividade. Esses autores verificaram que algumas características do pasto, da dieta selecionada e do comportamento ingestivo do animal correlacionam-se positivamente com o ganho de peso, como a proporção de folhas no pasto, o teor de PB da dieta selecionada e o tamanho do bocado, sendo esses os fatores que mais influenciaram a obtenção de melhores desempenhos produtivos do animal. De acordo com Wade e Lewis (1987), os animais detectam as plantas ou suas partes mais nutritivas

de forma que a composição da dieta apresenta maior digestibilidade e teor de PB, além de menor concentração de fibra, em comparação com a composição da forragem disponível no pasto.

Segundo Carvalho *et al.* (2001), o consumo de forragem é fator determinante do desempenho dos animais em pastejo e algumas características que afetam a colheita da forragem pelo animal (altura do dossel forrageiro, densidade da biomassa vegetal, baixo teor de fibras das lâminas foliares, disposição espacial dos tecidos vegetais preferidos, presença de barreiras à desfolhação e o teor de matéria seca) determinam o grau de seletividade exercida e a eficiência com que a forragem é colhida, determinando a quantidade de alimentos e de nutrientes ingeridos.

AValiação DA SELETIVIDADE POR ANIMAIS EM PASTEJO

Diversas metodologias possibilitam a obtenção de informações relacionadas à seletividade de animais em pastejo, entre as quais podem ser citadas a observação direta, a utilização de animais fistulados no esôfago ou no rúmen, a análise microhistológica a partir de amostras fecais (HOLECHEK; VAVRA; PIEPER, 1982), além do uso de áreas espacialmente separadas, do monitoramento dos movimentos do animal, do mapeamento da vegetação, assim como o a estimativa de desaparecimento da forragem na pasto e a análise do conteúdo estomacal e intestinal do animal (SODER *et al.*, 2009).

OBSERVAÇÃO DIRETA

A observação direta dos animais (THEURER, 1970) consiste no registro das espécies vegetais ou de suas partes consumidas pelos animais. Santos, Silva e Mauro (1993) usaram esse método para avaliar a preferência alimentar e o uso do habitat por equinos no Pantanal, efetuando a classificação da área em cinco tipos de vegetações, promovendo a avaliação por quatro horas diárias registrando, a cada cinco minutos, as espécies vegetais e as partes das plantas selecionadas.

Morais-Costa *et al.* (2015) avaliaram a influência da estrutura da vegetação na seleção da dieta por ovinos em área de Cerrado por meio da avaliação visual. Durante um ano, uma vez por mês, de 7h00 às 10h00 e de 14h00 às 17h00, os animais foram observados, efetuando-se os registros a cada cinco minutos com a elaboração de um etograma para facilitar as anotações. Ao observar o pastejo dos animais, foram colhidas as partes das espécies vegetais consumidas e de suas partes (folha, flor e fruto *in natura*), para a identificação. Esses autores calcularam o índice de seletividade (IS), determinado pela divisão da porcentagem da espécie selecionada na dieta pela porcentagem da espécie observada na área. Para o cálculo do IS, foi efetuado o levantamento da vegetação (composição botânica), em que uma das formas de se calcular o índice de seletividade é pela equação proposta por Hodgson (1979).

Para o cálculo do IS, os valores absolutos obtidos têm como base uma escala que tem o valor 1 como ponto central, que significa que não houve seleção, ou seja, a forragem selecionada e o pasto estão em equilíbrio. Se o índice for superior a 1, houve seleção da espécie. O IS pode ser utilizado para famílias, espécies vegetais, componentes morfológicos e para os componentes nutricionais, podendo ser realizada também a simulação do pastejo, das coletas por meio das fistulas esofágicas e ruminais, assim como pela análise microhistológica. Contudo, é preciso efetuar o levantamento da condição botânica, morfológica e/ou bromatológica do pasto para contrastar com a composição da dieta.

As limitações da observação direta estão relacionadas com a identificação das espécies e a quantificação do que foi consumido. As informações quantitativas a partir da observação direta podem ser obtidas pela contagem de bocados ou pelo determinação do tempo dedicado a alimentação, ou seja incluindo avaliações relacionadas ao comportamento ingestivo do animal. Além disso, o grau de formação do observador e a complexidade da comunidade de plantas também constituem fatores limitantes.

PASTEJO SIMULADO

O pastejo simulado consiste na coleta manual da forragem simulando o pastejo do animal. Segundo Santos, Fonseca e Sousa (2016), essa técnica possibilita a obtenção de resultados satisfatórios da seletividade dos animais em pastejo. A simulação deve ser realizada depois de cuidadoso período de observação, verificando o comportamento do animal em pastejo, as características da área, a altura do dossel e as partes da planta que estão sendo consumidas (SILVA *et al.*, 2017).

Lista *et al.* (2007) avaliaram comparativamente a composição química de amostras de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum, cv. Napier) e capim-mombaça (*Panicum maximum*, Jacq. cv. Mombaça) obtidas por extrusa esofágica e por simulação manual de pastejo e observaram maiores teores de FDN nas amostras da extrusa esofágica do capim-elefante, relacionando esse resultado à seletividade dos animais, uma vez que, quando em pastejo, removem material de melhor qualidade, indicando que o método de simulação do pastejo permitiu resultados similares aos da extrusa esofágica (Tabela 2), especialmente para o capim-mombaça.

Tabela 2 – Composição químico-bromatológica do capim-elefante e do capim-mombaça obtidos a partir de extrusa esofágica e de pastejo simulado (PS)

Nutriente, % da matéria seca (MS)	Capim-elefante		Capim-mombaça	
	Extrusa	PS	Extrusa	PS
MS, % do alimento	12,63b	18,70a	14,41b	22,30a
Matéria orgânica	90,04	90,79	88,12	88,39
Proteína bruta	10,57b	12,02a	11,31	11,30
Fibra em detergente neutro	69,92b	63,48a	69,35	67,18
Digestibilidade <i>in vitro</i> da MS	53,77	55,64	66,02	65,91
Carboidratos totais	78,78b	77,57a	75,74	74,93

Médias seguidas por letras diferentes para a mesma espécie forrageira diferem entre si pelo teste T ($P < 0,05$).

Fonte: adaptada de Lista *et al.* (2007).

Santos, Fonseca e Sousa (2016) avaliaram o período de diferimento de pastos de *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk por meio do pastejo simulado em comparação com a composição da forragem disponível no pasto, verificando a composição morfológica, a composição químico-bromatológica, além de parâmetros da cinética de degradação e indicaram que as mudanças ambientais com o avanço do período seco podem prejudicar a estrutura do pasto e a capacidade de seleção do animal, sendo comum em pastos diferidos a obtenção de estruturas limitantes ao animal, e, assim, o pastejo seletivo pode contribuir para que o animal ingira os nutrientes exigidos. Entretanto, a capacidade do animal em contrabalancear, por meio da seletividade, os efeitos negativos da estrutura inadequada do pasto diferido tem limites, o que torna vantajoso identificar estratégias de manejo que resultem em pasto diferido com estrutura predisponente ao comportamento seletivo do animal.

A desvantagem do pastejo simulado reside no fato de que a decisão sobre a amostragem é subjetiva ao observador. Além disso, a diversidade de espécies forrageiras, onde há complexidade para o observador em saber que plantas o animal está selecionando e em que quantidade, assim como o número mínimo de amostradores e de amostragens por unidade experimental ou por período são aspectos críticos. Todavia, a maior objeção a esse método de amostragem é o desconhecimento da real discrepância entre a amostra obtida e a forragem realmente consumida, principalmente quando se tem diversidade de espécies forrageiras na área (EUCLIDES; MACEDO; OLIVEIRA, 1992).

ANIMAIS FISTULADOS NO RÚMEN E ESÔFAGO

A utilização de animais fistulados no rúmen e esôfago permite a obtenção de amostras colhidas naturalmente (HOLECHEK; VAVRA; PIEPER, 1982). Lopes *et al.* (1996) avaliaram métodos de determinação da composição botânica dos pastos de capim-elefante, por meio do pastejo simulado e da extrusa esofágica e sugeriram a utilização da fístula esofágica. A maior facilidade de amostragem, o menor custo e o menor trabalho com os animais fistulados no rúmen em comparação

com os fistulados no esôfago, favorecem as fistulas ruminais, permitindo ainda a avaliação da cinética ruminal (SANTOS *et al.*, 2008; SANTOS *et al.*, 2009).

De acordo com Santos *et al.* (2008), que avaliaram a dieta selecionada por ovinos em pastejo na Caatinga, o local da fistula (esôfago ou rúmen) não influenciou a composição botânica da dieta, apontando a fistula ruminal como uma opção nos estudos de determinação da composição botânica da dieta de ovinos. Esses autores relatam que o pequeno diâmetro da fistula esofágica pode ter prejudicado a coleta de material ingerido pelo animal, principalmente durante o período seco quando as partículas de forragem se tornaram menores e o bolo alimentar se tornou mais compacto. Nesse mesmo estudo, os autores verificaram que a espécie *Cesalpineia pyramidalis* Tul. não foi identificada a partir da fistula no esôfago e esteve presente em 6,5% na dieta dos animais fistulados no rúmen, indicando que a utilização de animais rúmen-fistulados pode melhorar a identificação da espécies vegetais na extrusa, principalmente durante o período seco.

A composição botânica de amostras provenientes da fistula pode ser obtida por meio de estimativas visuais, separação manual com análise de peso ou volume, técnica do ponto microscópico e pela técnica microhistológica (THEURER, 1970). Moreira *et al.* (2006) avaliaram a composição botânica e a composição químico-bromatológica da dieta selecionada por bovinos em pastejo na Caatinga por meio da fistula esofágica juntamente com o ponto microscópico (HEADY; TORREL, 1959) e não diferenciaram as gramíneas na dieta, além disto, entre 0,70% a 3,24% das espécies vegetais obtidas nos diferentes meses de coleta não foram identificadas e sugeriram a utilização da técnica de observação para melhorar as avaliações das espécies vegetais pastejadas pelos animais.

Santos *et al.* (2009) afirmam que a fistula ruminal proporcionou recuperação total da amostra de extrusa, enquanto, com a fistula esofágica, ocorreu recuperação incompleta, uma vez que o tamanho da fistula foi insuficiente para a passagem de algumas partes da planta ingeridas pelo animal, como folhas maiores ou partes de caules, princi-

palmente de espécies arbustivas. Esse resultado foi evidenciado pelos maiores valores de MS, MO (matéria orgânica), FDN e FDA (fibra em detergente ácido) na extrusa coletada via rúmen. O teor de MM (matéria mineral) foi maior na extrusa colhida via fístula esofágica, possivelmente em razão da maior concentração de saliva, que, por ser rica em minerais, pode ter contribuído para o aumento desse composto. Ressaltaram ainda que, dependendo das características físicas das plantas, pode haver formação de pequenos bolos alimentares que são deglutidos pelo animal e não caem na bolsa coletora, resultando em possíveis falhas na determinação da composição química da dieta selecionada. A fístula no rúmen, em comparação à fístula de esôfago permite melhor avaliação da dieta de ovinos na Caatinga, pois possibilita a recuperação total da extrusa.

Algumas limitações têm sido relatadas com a utilização de animais fistulados, como a contaminação por nitrogênio e minerais da saliva; a perda de material solúvel que pode comprometer a acurácia das análises; o pouco tempo de pastejo dos animais para a obtenção das amostras, fazendo com que estas não sejam representativas ou que não reflitam as mudanças que ocorrem durante o período de pastejo, a recuperação incompleta da extrusa a partir da fístula esofágica, a manutenção dos animais fistulados, o alto custo da cirurgia, a possível mudança no comportamento ingestivo dos animais, assim como o jejum que pode reduzir a capacidade seletiva do animal (DETMANN *et al.*, 2016).

MICROHISTOLOGIA

Técnicas microscópicas para a identificação das plantas ingeridas por herbívoros são descritas desde a década de 1930 (SPARKS; MALECHEK, 1968; SCOTT; DAHL, 1980), tendo como um dos seus pontos positivos o uso de amostras fecais, dispensando a utilização de animais fistulados. Pelo uso de amostras de fezes, os hábitos dos animais não são influenciados, além de ser um método não invasivo.

A técnica microhistológica de identificação botânica de fragmentos vegetais consiste no uso de descritores cito ou histológicos previa-

mente estabelecidos em características microanatômicas de partes da cutícula indigestível e de células adjacentes que escapam à digestão. Os melhores descritores epidérmicos incluem o padrão estomático e dos corpos silicosos, a presença de papilas, cristais e o tamanho de células intercostais que são instrumentos eficientes para a identificação botânica de misturas pela microhistologia (ROSITO; MARCHEZAN, 2003). Baseia-se no fato de cada espécie vegetal apresentar características anatômicas das células epidérmicas distintas e específicas. Os descritores anatômicos presentes nas plantas forrageiras ingeridas, previamente definidas são utilizados como referência aos descritores usados para a identificação nas fezes dos animais (ROGÉRIO *et al.*, 2017).

Essa técnica exige que o leitor das lâminas microhistológicas possua treinamento, especialmente com relação aos caracteres da epiderme das folhas e colmos das plantas forrageiras, principais partes consumidas pelos animais herbívoros e dos caracteres anatômicos (LIMA, 2016), em que alguns fatores podem influenciar na acurácia da técnica, a exemplo da digestibilidade diferencial das espécies de plantas (AHMED; KHAN; CHANDAN, 2015), bem como a distinção dos fragmentos vegetais nas fezes, que normalmente, diminui quando a digestão da planta aumenta. Portanto, existe uma relação entre a diferenciação dos fragmentos e a indigestibilidade, o que se deve à diferença na espessura da parede celular antes e após a digestão, ao conteúdo de fibras e lignina, às diferenças físicas e entre as categorias (arbustos, gramíneas e leguminosas).

Duarte *et al.* (1992), ao avaliarem amostras de extrusas e de fezes de ovinos esôfagofistulados, analisadas por microhistologia fecal, microhistologia da extrusa e a análise da extrusa pelo ponto microscópico, não verificaram diferenças entre as metodologias, indicando que todas elas podem ser utilizadas para estimar a composição botânica da dieta. Apesar de apresentar limitações na identificação de determinadas espécies forrageiras, decorrentes da digestão e discernibilidade diferenciada devido à diferença na espessura da parede celular antes e após a digestão, ao conteúdo de fibras e lignina, às diferenças físicas e entre as categorias arbustos, gramíneas e leguminosas, é considerada uma

técnica de baixo custo que permite avaliar animais criados extensivamente, como na Caatinga, sem interferir no comportamento de pastejo (ARAÚJO, 2015).

Oliveira *et al.* (2016) avaliaram a seletividade de ovinos em caatinga raleada e enriquecida submetida a diferentes ofertas de forragem, por meio da técnica da avaliação microhistológica a partir de amostras fecais colhidas diretamente do reto dos animais, confeccionando material de referência (lâminas), considerando a abundância e o potencial forrageiro das plantas encontradas na área. Nessa avaliação, os autores observaram que o animal em pastejo ingeriu o mororó, mas não encontraram fragmentos dessa planta a partir da avaliação por meio da microhistologia fecal. Os autores citaram que a semelhança dos padrões anatômicos de gramíneas e leguminosas a partir das amostras fecais dificultaram a identificação das vegetais presentes na áreas, mas, para algumas espécies, foi possível efetuar a identificação, afirmando que a análise microhistológica a partir das amostras fecais é uma metodologia adequada para a avaliação da composição botânica de animais em pastejo na Caatinga.

De modo semelhante, Araújo (2015) e Mourão (2018), que efetuaram avaliações da dieta selecionada por ovinos em pastejo na Caatinga por meio da microhistologia a partir de amostras fecais, relatam que essa técnica permitiu a adequada avaliação da composição botânica da dieta e a identificação das espécies vegetais.

OUTRAS TÉCNICAS DE AVALIAÇÃO DA SELETIVIDADE

Outras técnicas que permitem a avaliação da seletividade são as seguintes: isótopos estáveis do carbono ($\delta^{13}C$), realizando a análise a partir de amostras fecais (KALER *et al.*, 2018), cuja utilização se dá para as pastagens consorciadas (gramíneas/leguminosas), o uso n-alcenos, que são compostos orgânicos de cadeia aberta formados por carbono e hidrogênio, que, por meio da técnica do duplo indicador, combinando um n-alceno de cadeia ímpar (indicador interno naturalmente encontrado nas plantas) com um n-alceno sintético (indicador externo),

possibilitando a verificação da composição botânica da dieta selecionada por meio da avaliação de amostras de fezes e da vegetação (SAVIAN *et al.*, 2018).

A espectroscopia do infravermelho próximo – *Near Infrared Reflectance* (NIR) é um método capaz de caracterizar a composição botânica, a composição químico-bromatológica da dieta selecionada pelos animais efetuando-se as análises de maneira rápida, não destrutiva e sem a utilização de reagentes químicos (JOHNSON *et al.*, 2017).

As medidas relacionadas ao comportamento ingestivo também podem contribuir com a análise da seletividade do animal em pastejo, dentre elas pode-se citar a medida bioacústica, que se baseia na suposição de que os movimentos mandibulares têm características acústicas como frequência, intensidade, duração e intervalos que permitem sua distinção, em que a intensidade e tipo das ondas sonoras produzidas pelo pastejo estariam associadas com a quantidade de forragem ingerida (SÈBE *et al.*, 2017). O monitoramento contínuo do bocado (AGREIL; MEURET, 2004; BONNET *et al.*, 2015), além da técnica de perfilhos marcados (DAVIES, 1993; MELO *et al.*, 2015).

O uso das técnicas de forma conjunta, como a análise do comportamento ingestivo associada à microhistologia fecal (GALLARDO; RIVERO; FAÚNDEZ, 2014); da observação direta das espécies vegetais consumidas com a análise fecal por meio de n-alcenos, álcoois e ácidos graxos (CHEN *et al.*, 2015); a avaliação da biomassa (desaparecimento) associada à coleta de amostras da vegetação para a determinação da composição químico-bromatológica (CUCHILLO-HILARIO; WRAGE-MÖNNIG; ISSELSTEIN, 2017) tem possibilitado adequada avaliação da seletividade, de forma não invasiva para o animal.

SELETIVIDADE DE ANIMAIS NA CAATINGA

A Caatinga apresenta várias fisionomias e diversidade de espécies vegetais, com plantas que predominam nas diferentes regiões, apresentando ainda diferenças na biomassa, com variações temporal e espacial (ARAÚJO FILHO; LEITE; SILVA, 1998; MOREIRA *et al.*,

2006; YDOYAGA-SANTANA; LIRA; SANTOS, 2011). Santos *et al.* (2008) verificaram na extrusa de ovinos em pastejo na Caatinga a ocorrência de 39 espécies vegetais, representando 45% das espécies identificadas na área de pastejo, indicando a considerável presença de espécies da Caatinga na dieta dos ruminantes. Segundo Araújo Filho, Sousa e Carvalho (1995), aproximadamente, 70% dessas espécies podem participar da dieta dos ruminantes.

Moreira *et al.* (2006) observaram que 30% das espécies vegetais presentes na área participaram da dieta dos bovinos. Verificaram ainda a considerável presença de espécies que classificaram como de baixo potencial forrageiro e baixa participação de gramíneas (8,30%) na composição botânica do pasto, indicando que a participação de espécies na dieta do animal foi influenciada pela área experimental, que foi extensa, associada ao fato de a caatinga ser uma vegetação densa, o que dificultou a entrada dos animais. Nesse estudo, foi observada a preferência dos animais por gramíneas, principalmente quando as plantas apresentavam-se em pleno estágio vegetativo com diminuição da preferência à medida que avançou para o período seco. Constataram ainda diminuição na participação das gramíneas e da leguminosa orelha-de-onça com o avanço do período seco, o que relacionaram com a redução na ocorrência dessas plantas no pasto e também pela queda das folhas. Por outro lado, a participação do mororó, que mantém suas folhas verdes por mais tempo, foi aumentada ao longo do período experimental.

Araújo Filho e Crispim (2002) relatam que, durante a estação chuvosa, a maior parte da forragem obtida pelo animal é proporcionada pelo estrato herbáceo e, no período seco, a folhagem das espécies lenhosas passa a constituir a principal fonte de forragem para os animais.

Quanto à composição químico-bromatológica da dieta selecionada pelos bovinos em pastejo na Caatinga durante o período chuvoso, Moreira *et al.* (2006) encontraram valores médios de 11,18% de PB e 37,24% de NDT (nutrientes digestíveis totais) nos meses de março a junho e destacaram ainda a alta participação de nitrogênio ligado à fração fibrosa, à baixa digestibilidade, ao alto teor de lignina e à baixa concentração de NDT, relacionando os resultados em decorrência do grau

de maturação das plantas da Caatinga, assim como a alta participação de caules. Dentre as espécies selecionadas pelos animais, nesse estudo, destacaram-se as gramíneas, a orelha-de-onça e o mororó.

Ydoyaga-Santana, Lira e Santos (2011) observaram elevado percentual de PB na forragem disponível no pasto, mas relataram que parte dessa proteína está indisponível para o animal por estar ligada à fibra. O teor médio de PB encontrado na extrusa foi de 15,5%, inferior ao apresentado pelo estrato arbustivo (16,5%) e superior ao do estrato herbáceo (8,7%). A dieta selecionada foi composta principalmente por gramíneas e folhas, o que explica provavelmente o maior teor de PB da extrusa em relação ao estrato herbáceo (Tabela 3). Os teores médios de PB observados em ambos os estratos são superiores ao mínimo necessário à dieta dos ruminantes, de 7%. Tanto os estratos arbustivo e herbáceo, como a extrusa, apresentaram baixa digestibilidade da MS, o que pode estar associado ao fato de que essas forrageiras, muitas vezes, possuem altos teores de taninos, além disso, com o avanço ao final do período chuvoso, podem apresentar maior teor de fibras e de lignina, atribuindo ainda a redução na digestibilidade à maior participação de caules e folhas de plantas lenhosas, ricas em compostos secundários. O teor médio de NDT da forragem foi de 56,0% para ambos os estratos, sendo que o da extrusa foi 57,18%.

Tabela 3 – Valores médios de três meses da composição químico-bromatológica dos estratos arbustivo e herbáceo da Caatinga durante o período chuvoso e da extrusa de bovinos em pastejo

Nutriente, % da MS	Estrato arbustivo	Estrato herbáceo	Extrusa
Matéria seca, %	53,42	58,16	15,50
Proteína bruta	16,47	8,73	15,20
Fibra em detergente neutro	44,38	69,66	62,53
Nutrientes digestíveis totais	56,46	55,98	57,18
Digestibilidade da MS	26,50	37,11	42,47

Fonte: adaptada de Ydoyaga-Santana, Lira e Santos (2011).

Soares (2001) avaliou a composição botânica da dieta de bovinos em pastejo na Caatinga e observou alta proporção de arbustos na dieta, em decorrência das características da área de pastejo afetando a composição botânica do pasto e a dieta selecionada pelo animal. As gramíneas tiveram menor ocorrência na área de pastejo, mas, mesmo assim, apresentaram contribuição considerável na dieta do animal. Santos *et al.* (2008) avaliaram a seleção da dieta de ovinos em pastejo na Caatinga e verificaram que os animais preferiram as poáceas, exceto em alguns meses em que essas plantas tiveram baixa participação na dieta, em virtude do estágio vegetativo das plantas e da diversidade de espécies vegetais na áreas, observando espécies com alto índice de seletividade, a exemplo da *Boerhaavia coccinea* Mill., *Desmanthus virgatus* L., *Tephrosia cinerea* L. Pers. e *Capparis flexuosa* L.

Já Pfister e Malechek (1986), em avaliação em área de caatinga nativa, observaram, durante a estação das chuvas, que os ovinos e caprinos selecionaram principalmente dicotiledôneas herbáceas, brotos e folhas de árvores e arbustos, enquanto, no período seco, os brotos e as folhas de árvores e arbustos foram os mais consumidos, seguidos de dicotiledôneas herbáceas. Oliveira (2016) verificou preferência dos ovinos por poáceas e outras dicotiledôneas, em que a contribuição de dicotiledôneas na dieta alcançou 70%, observando para os ovinos mantidos em caatinga raleada e enriquecida durante o período chuvoso maior índice de seletividade para as dicotiledôneas (Tabela 4), justificando esse resultado pela presença de leguminosas na área de pastejo com alto valor nutritivo, a exemplo do mororó e da orelha-de-onça.

Tabela 4 – Índice de seletividade de ovinos pastejando caatinga raleada e enriquecida em diferentes ofertas de forragem durante o período chuvoso em dois anos

Ano	Oferta de forragem, kg de matéria/100 kg de peso corporal			
	2,0	2,5	3,0	3,5
Gramíneas				
1	0,55Aa	0,11Bb	0,13Bb	0,44Ba
2	0,49Ac	0,69Aab	0,73Aa	0,57Abc
Dicotiledôneas				
1	4,02Ac	7,01Ab	9,47Aa	2,17Ad
2	2,73Aa	2,92Ba	1,42Ba	1,88 Aa

Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes na coluna diferem pelo teste de Tukey ($P < 0,05$) e por letras diferentes minúsculas na linha diferem entre si pelo teste F ($P < 0,05$).

Fonte: adaptada de Oliveira (2016).

Em relação aos componentes morfológicos das plantas, Santos *et al.* (2008) observaram que a fração folha foi a que teve maior participação na dieta dos ovinos mantidos na Caatinga, independentemente do mês de coleta, relatando ainda que a liteira (serapilheira) também tem participação importante na dieta dos animais, sobretudo no período seco. Com relação à suplementação de animais em pastejo, Mourão (2018) verificou a participação de gramíneas variando de 24,56% a 38,30% na dieta de ovinos em diferentes épocas do ano (períodos seco, chuvoso e na transição água/seca), enquanto a de leguminosas variou de 27,66% a 38,60% e a de outras dicotiledôneas foi de 34,21% a 36,84%, nas diferentes épocas do ano. Com relação à suplementação com concentrado, os animais não suplementados apresentaram 41,41%; 19,79% e 38,38% de gramíneas, leguminosas e outras dicotiledôneas, respectivamente, enquanto os que receberam 500 g de concentrado diariamente tiveram 28,18%; 15,89% e 55,83%, de gramíneas, leguminosas e dicotiledôneas herbáceas, respectivamente, demonstrando que a quantidade de suplemento altera a composição botânica da dieta de ovinos em pastejo na Caatinga.

Em área de caatinga no Semiárido, a composição da dieta dos ruminantes é variável quanto à participação de gramíneas, dicotiledô-

neas herbáceas e lenhosas, com variações espacial e temporal, indicando que, apesar das preferências alimentares, os animais selecionam sua dieta de acordo com a composição do pasto. Por sua vez, a composição botânica do pasto é regulada pela variação na precipitação pluviométrica.

A partir dos estudos de seletividade de animais na Caatinga, diversas implicações são apontadas visando ao melhor manejo e utilização da vegetação. Oliveira *et al.* (2016) sugerem reduzir participação das plantas com menor potencial forrageiro na área a ser pastejada e substituí-las por gramíneas e leguminosas com melhor aceitação pelos animais. Destacam ainda como estratégia de manejo para fins pastoris na Caatinga o equilíbrio entre a quantidade de animais na área em relação à quantidade de forragem, pois os animais consomem mais determinadas espécies forrageiras em detrimento de outras e as plantas mais pastejadas podem ser reduzidas ao longo do tempo, podendo até desaparecer da área. Pfister e Malechek (1986), a partir da avaliação da seleção da dieta por caprinos e ovinos na Caatinga, fizeram sugestões quanto ao manejo das espécies vegetais nas áreas, recomendando o raleamento seletivo para algumas espécies vegetais e a não realização dessa prática para outras espécies de plantas.

O pastejo múltiplo é outra abordagem utilizada na Caatinga (ARAÚJO FILHO; CRISPIM, 2002), cujo fundamento baseia-se na diversidade da composição botânica dos pastos, nas diferenças das dietas e dos hábitos de pastejo dos animais, assim como a facilidade de acesso e a movimentação na área, uma vez que bovinos, ovinos e caprinos possuem diferenças marcantes na composição botânica de suas dietas e em seus hábitos de pastejo, havendo sobreposição na dieta desses animais, que pode ser aumentada em situações de baixa diversidade botânica e de escassez de forragem. Em caatinga nativa, considerando o pastejo em gramíneas, dicotiledôneas herbáceas e lenhosas, a maior competição pelos mesmos recursos forrageiros ocorreu entre as espécies animais (bovinos e ovinos), sendo a combinação caprinos com bovinos ou com ovinos a melhor estratégia de uso da caatinga nativa, apontando ainda, em caatinga rebaixada, a associação entre bovino-ca-

prino como a melhor opção por permitir melhor distribuição do pastejo pela diferença na seleção da dieta favorecendo a manutenção da diversidade botânica na pastagem.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A seletividade é uma importante avaliação que possibilita a observação de uma série de respostas dos animais em pastejo, sendo afetada por diversos fatores como os relacionados ao animal, ao habitat e ao comportamento social. Diversas metodologias permitem a obtenção de informações relacionadas à seletividade do animal em pastejo, desde a observação direta, avaliações relacionadas ao comportamento ingestivo, ao pastejo simulado, à microhistologia fecal e à determinação dos n-alcanos sendo utilizadas isoladamente ou em conjunto. Para animais em pastejo na caatinga, a avaliação da seletividade tem sido um desafio adicional, mas tem possibilitado identificar suas preferências quanto às espécies vegetais; conhecer a composição química da dieta selecionada pelo animal em pastejo e verificar as possibilidades de pastejo múltiplo entre as espécies animais, contribuindo para a melhor utilização das áreas e práticas de manejo que proporcionem benefícios para a vegetação, para o animal e para o sistema de produção.

REFERÊNCIAS

AFONSO, L. E. F.; SANTOS, M. E. R.; SILVA, S. P.; REGO, A. C.; FONSECA, D. M.; CARVALHO, B. H. R. The low marandupalisadegrass at the beginning of stockpiling improves pasture morphology and increases sheep performance in winter. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v. 70, n. 4, p. 1249-1256, 2018.

AGREIL, C.; MEURET, M. An improved method for quantifying intake rate and ingestive behaviour of ruminants in diverse and variable habitats using direct observation. *Small Ruminant Research*, v. 54, p. 99-113, 2004.

AHMED, T.; KHAN, A.; CHANDAN, P. Photographic key for the microhistological identification of some plants of Indian Trans-Himalaya. *Notulae Scientia Biologicae*, v. 7, n. 2, p. 171-176, 2015.

ANIMUT, G.; GOETSCH, A. L.; AIKEN, G. E.; PUCHALA, R. Performance and forage selectivity of sheep and goats co-grazing grass/forb pastures at three stocking rates. *Small Ruminant Research*, v. 59, n. 2-3, p. 203-215, 2005.

ARAÚJO, A. R. *Composição botânica e qualidade do pasto selecionado por ovelhas em caatinga raleada e enriquecida*. 2015. 125 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte/MG, 2015.

ARAÚJO FILHO, J. A.; CRISPIM, S. M. A. Pastoreio combinado de bovinos, caprinos e ovinos em áreas de caatinga no Nordeste do Brasil. *In: CONFERÊNCIA VIRTUAL GLOBAL SOBRE PRODUÇÃO ORGÂNICA DE BOVINOS DE CORTE*, 1., 2002. Disponível em: <http://www.cpap.embrapa.br/agencia/congressovirtual/pdf/portugues/03pt08.pdf>. Acesso em: 10 set. 2018.

ARAÚJO FILHO, J. A.; LEITE, E. R.; SILVA, N. L. Contribution of woody species to the diet composition of goat and sheep in Caatinga vegetation. *Pasturas Tropicales*, Colombia, v. 20, n. 2, p. 41-45, 1998.

ARAÚJO FILHO, J. A.; SOUSA, F. B.; CARVALHO, F. C. Pastagens no semi-árido: pesquisa para o desenvolvimento sustentável. *In: SIMPÓSIO SOBRE PASTAGENS NOS ECOSISTEMAS BRASILEIROS: PESQUISA PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL*, 32., 1995, Brasília. *Anais [...]*. Brasília, DF: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1995. p. 63-75.

BONNET, O. J. F.; MEURET, M.; TISCHLER, M. R.; CEZIMBRA, I. M.; AZAMBUJA, J. C. R.; CARVALHO, P. C. F. Continuous bite monitoring: a method to assess the foraging dynamics of herbivores in natural grazing conditions. *Animal Production Science*, v. 55, p. 339-349, 2015.

BRÂNCIO, P. A.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; EUCLIDES, V. P. B.; FONSECA, D. M.; ALMEIDA, R. G.; MACEDO, M. C. M.; BARBOSA, R. A. Avaliação de três cultivares de *Panicum maximum* Jacq. sob pastejo: composição da dieta, consumo de matéria seca e ganho de peso animal. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa/MG, v. 32, n. 5, p. 1037-1044, 2003.

CARVALHO, P. C. F.; RIBEIRO FILHO, H. M. N.; POLI, C. H. E. C.; MORAES, A.; DELAGARDE, R. Importância da estrutura da pastagem na ingestão e seleção de dietas pelo animal em pastejo. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba. *Anais* [...]. Piracicaba, 2001. v. 1, p. 853-871.

CHEN, W. Q.; WANG, X. Y.; ZHANG, Y. J.; HUANG, D. Effects of the vertical and horizontal availability of food resources: the diet selection of sheep grazing on natural grassland. *The Journal of Agricultural Science*, v. 153, n. 2, p. 322-334, Mar. 2015.

CUCHILLO-HILARIO, M.; WRAGE-MÖNNIG, N.; ISSELSTEIN, J. Forage selectivity by cattle and differing in plant species diversity. *Grass and Forage Science*, v. 73, n. 2, p. 320-329, 2017.

DAVIES, A. Tissue turnover in the sward. In: DAVIES, A.; BAKER, R. D.; GRANT, S. A. (ed.). *Sward measurement handbook*. London: British Grassland Society, 1993. p. 183-216.

DETMANN, E.; GIONBELLI, M. P.; PAULINO, M. F.; VALADARES FILHO, S. C.; RENNÓ, L. N. Considerações sobre métodos de pesquisa com ruminantes em pastejo: consumo, ganho de peso, indicadores, mensurações urinárias. *Nutritime Revista Eletrônica*, on line, Viçosa, v. 13, n. 3, p. 4711-4731, maio/jun. 2016.

DUARTE, C. M. L.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; SILVA, E. A. M.; REGAZZI, A. J. Métodos para estimar a composição botânica da dieta de herbívoros. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa/MG, v. 21, n. 2, p. 279-290, mar./abr. 1992.

EUCLIDES, V. P. B.; MACEDO, M. C. M.; OLIVEIRA, M. P. Avaliação de diferentes métodos de amostragens (para estimar o valor nutritivo de forragens) sob pastejo. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa/MG, v. 21, n. 4, p. 691-702, 1992.

GALLARDO, M. A.; RIVERO, M. J.; FAÚNDEZ, L. The grazing behavior and diet selectivity of two lamb breeds on secondary successional pastures in the Chiloé Archipelago. *Livestock Science*, v. 161, p. 69-79, 2014.

HEADY, M. F.; TORREL, D. T. Forages preferences exhibited by sheep with esophagel fistulas. *Journal of Range Management*, v. 12, p. 28-33, 1959.

HODGSON, J. Nomenclature and definitions in grazing studies. *Grass and Forage Science*, v. 34, n. 1, p. 11-17, 1979.

HOLECHEK, J. L.; VAVRA, M.; PIEPER, R. D. Botanical composition determination of range herbivore diets: a review. *Journal of Range Management*, v. 35, p. 309-315, 1982.

JOHNSON, J. R. *et al.* Application of fecal near-infrared reflectance spectroscopy profiling for the prediction of diet nutritional characteristics and voluntary intake in beef cattle. *Journal Animal Science*, v. 95, n. 1, p. 447-454, 2017.

KALER, A. S.; BAZZER, S. K.; SANZ-SAEZ, A.; RAY, J. D.; FRITSCHI, F. B.; PURCELL, L. C. Carbon isotope ratio fractionation among plant tissues of soybean. *The Plant Phenome Journal*, v. 1, n. 1, p. 1-6, 2018.

LIMA, R.G. *Microhistologia fecal na determinação da composição botânica da dieta de caprinos em pastejo na caatinga*. 2016. 39 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias) – Universidade Federal do Vale do São Francisco, Petrolina/PE, 2016.

LIMA, J. A.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; PEREIRA, J. C.; REGAZZI, A. J. Seletividade por bovinos em pastagem natural. 1. Composição botânica. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa/MG, v. 27, n. 3, p. 434-443, 1998.

LISTA, F. N. *et al.* Avaliação de métodos de amostragem qualitativa em pastagens tropicais manejadas em sistema rotacionado. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa/MG, v. 36, n. 5, p. 1413-1418, set./out. 2007.

LOPES, F. C. F.; AROEIRA, L. J. M.; MALDONADO, H.; VITTORI, A.; VERNEQUE, R. S. Avaliação qualitativa de dois métodos de amostragem em pastagens de capim-elefante (*Pennisetumpurpureum*Schum.). *Revista Argentina de Producción Animal*, v. 16, n. s1, p. 256-260, 1996.

MELO, J. C.; ALEXANDRINO, E.; PAULA NETO, J. J.; SILVA, A. A. M.; NEIVA, J. N. M.; REZENDE, J. M. Preference of fodder marandu-grass (*Urochloabrizantha* cv. Marandu) managed under intermittent stocking and submitted to nitrogen levels in the legal Amazon. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v. 36, n. 4, p. 2713-2726, jul./ago. 2015.

MLAMBO, V.; MAPIYE, C. Towards household food and nutrition security in semi-arid areas: What role for condensed tannin-rich ruminant feedstuffs? *Food Research International*, v. 76, p. 953-961, 2015.

MORAIS-COSTA, F.; BASTOS, G. A.; SOARES, A. C. M.; NUNES, Y. R. F.; GERASEEV, L. C. Influência da estrutura da vegetação na seleção da dieta por ovinos em área de cerrado. *Revista Caatinga*, Mossoró, v. 28, n. 2, p. 188-196, abr./jun. 2015.

MOREIRA, J. N.; LIRA, M. A.; SANTOS, M. V. F.; FERREIRA, M. A.; ARAÚJO, G. G. L.; FERREIRA, R. L. C.; SILVA, G. C. Caracterização da vegetação de Caatinga e da dieta de novilhos no Sertão de Pernambuco. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 41, n. 11, p. 1643-1651, 2006.

MOURÃO, E. B. *Composição botânica e valor nutritivo da dieta selecionada por ovinos na caatinga em diferentes níveis de suplementação concentrada*. 2018. 52 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade Estadual do Vale do Acaraú, Sobral/CE, 2018.

OLIVEIRA, O. F. *Caracterização da vegetação espontânea, atividade biológica de taninos condensados e seletividade de ovinos em pastagens nativas*. 2016. 136 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Programa de Doutorado Integrado em Zootecnia, Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife/PE, 2016.

OLIVEIRA, O. F.; SANTOS, M. V. F.; CUNHA, M. V.; DUBEUX JÚNIOR, J. C. B.; MUIR, J. P.; MELLO, A. C. L.; LIRA, M. A.; BARROS, G. F. N. P. Botanical composition of Caatinga rangeland and diets selected by grazing sheep. *Tropical Grasslands-Forrajes Tropicales*, v. 4, n. 2, p. 71-81, 2016.

PFISTER, J. A.; MALECHEK, J. C. Dietary selection by goats and sheep in a deciduous woodland of Northeastern Brazil. *Journal of Range Management*, v. 39, p. 24-28, 1986.

ROGÉRIO, M. C. P.; SANTOS, S. A.; POMPEU, R. C. F. F.; FERNANDES, F. E. P.; OLIVEIRA, D. S.; ARAÚJO, A. R.; GUEDES L. F.; ALVES, F. G. S.; MOURÃO, E. B. *Microhistologia para identificação de plantas forrageiras consumidas por ovinos na caatinga: coleta de amostras e preparo de lâminas fecais e de referência vegetal*. Sobral, CE: Embrapa Caprinos e Ovinos, 2017. 30 p. (Documentos, 125).

ROSITO, J. M.; MARCHEZAN, E. Determinação de descritores foliares para identificação micro-histológica de espécies forrageiras. *Acta Scientiarum*, v. 25, n. 2, p. 407-413, 2003.

SANTANA, M. M. *Uso espacial do campo nativo por bovinos e a influência de fatores bióticos e abióticos no processo de pastejo*. 2016. 74 f. Dissertação (Mestre em Zootecnia) – Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016.

SANTOS, G. R. A.; BATISTA, Â. M. V.; GUIM, A.; SANTOS, M. V. F.; MATOS, D. S.; SANTORO, K. R. Chemical composition and in situ digestibility of diets for sheep in the caatinga region. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa/MG, v. 38, n. 2, p. 384-391, Feb. 2009.

SANTOS, S. R. C.; NASCIMENTO, A. A.; SILVA JÚNIOR, E. C.; ROCHA, J. S.; ARRÉ, F. A.; MOURA, R. L.; ARAÚJO NETO, R. B.; ARAÚJO, A. M. Preferência ingestiva de caprinos de tipos brasileiros mantidos em pastagens heterogêneas. *Científica*, p. 75, 2016.

SANTOS, M. E. R.; FONSECA, D. M.; SOUSA, D. O. C. Seletividade aparente de bovinos em pastos de capim-braquiária sob períodos de diferimento. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, Belo Horizonte, v. 68, n. 6, p. 1655-1663, 2016.

SANTOS, M. E. R.; FONSECA, D. M.; MAGALHÃES, M. A.; SILVA, S. P.; CASAGRANDE, D. R.; BALBIMO, É. M.; GOMES, V. M. Estrutura e valor nutritivo do pasto diferido de *Brachiariadecumbens* cv. Basilisk durante o período de pastejo. *Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável*, v. 1, n. 1, p. 117-128, jul. 2011.

SANTOS, G. R. A.; BATISTA, Â. M. V.; GUIM, A.; SANTOS, M. V. F.; SILVA, M. J. A.; PEREIRA, V. L. A. Determinação da composição botânica da dieta de ovinos em pastejo na Caatinga. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa/MG, v. 37, n. 10, p. 1876-1883, 2008.

SANTOS, S. A.; SILVA, M. P. da; MAURO, R. de A. *Preferência alimentar e uso do habitat do cavalo Pantaneiro na Nhecolândia, Pantanal*. Corumbá/MS: Embrapa Pantanal, 1993. (Comunicado Técnico, 11).

SAVIAN, J. V.; GENRO, T. C. M.; BARTH NETO, A.; BREMM, C. Comparison of faecal crude protein and n-alkanes techniques to estimate herbage intake by grazing sheep. *Animal Feed Science and Technology*, v. 242, p. 144-149, June 2018.

SCOTT, G.; DAHL, B. Key to selected plant species of Texas using plant fragments. *Ocas. Pap. The Museum Texas Tech. Univ.* 64, 1980. 37 p.

SÈBE, F.; POINDRON, P.; LIGOUT, S.; SÈBE, O.; AUBIN, T. Amplitude modulation is a major marker of individual signature in lamb bleats. *Bioacoustics the International Journal of Animal Sound and its Recording*, v. 27, n. 4, p. 1-17, 2017.

SILVA, M. J. S.; SILVA, D. K. A.; MAGALHÃES, A. L. R.; PEREIRA, K. P.; SILVA, É. C. L.; CORDEIRO, F. S. B.; NORONHA, C. T.; SANTOS, K. C. Influence of the period of year on the chemical composition and digestibility of pasture and fodder selected by goats in caatinga. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, Salvador, v. 18, n. 3, p. 402-416, jul./set. 2017.

SPARKS, D. R.; MALECHEK, J. C. Estimating percentage dry weight in diets using a microscopic technique. *Journal of Range Management*, v. 21, n. 4, p. 264-265, July 1968.

SOARES, J. G. G. *Composição botânica da dieta de bovinos em vegetação típica de caatinga sob diferentes taxas de lotação*. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2001. 20 p. (Embrapa Semiárido. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 54).

SODER, K. J.; GREGORINI, P.; SCAGLIA, G.; ROOK, A. J. Dietary selection by domestic grazing ruminants in temperate pastures: current state of knowledge, methodologies, and future direction. *Rangeland Ecology & Management*, v. 62, n. 5, p. 389-398, 2009.

TARAZONA, A. M.; CEBALLOS, M. C.; NARANJO, J. F.; CUARTAS, C. A. Factors affecting forage intake and selectivity in ruminants. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, Medellín, v. 25, n. 3, p. 473-487, Sept. 2012.

TARRASÓN, D.; RAVERA, F.; REED, M. S.; DOUGILL, A. J.; GONZALEZ, L. Land degradation assessment through an ecosystem services lens: integrating knowledge and methods in pastoral semi-arid systems. *Journal of Arid Environments*, v. 124, p. 205-213, 2016.

THEURER, C. B. Determination of botanical and chemical composition of the grazing animals diet. In: PROCEEDINGS OF THE NATIONAL CONFERENCE FORAGE QUALITY EVALUATION AND UTILIZATION. Lincoln, NE, USA: Nebraska Center for Continuing Education, 1970. p. J1-J17.

WADE, D. D.; LEWIS, C. E. Managing southern grazing ecosystems with fire. *Rangelands Archives*, v. 9, n. 3, p. 115-119, 1987.

YDOYAGA-SANTANA, D. F.; LIRA, M. A.; SANTOS, M. V. F. Caracterização da caatinga e da dieta de novilhos fistulados, na época chuvosa, no semiárido de Pernambuco. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa/MG, v. 40, n. 1, p. 69-78, 2011.

CONSUMO DE ÁGUA EM CONDIÇÕES DE PASTEJO: IMPORTÂNCIA E MÉTODOS DE ESTIMATIVA

Iran Borges¹
Gherman Garcia Leal Araújo²

RESUMO

Água é elemento essencial para a vida; assim sendo, conhecer suas funções, importância no metabolismo animal, formas de transferência no organismo animal e entender sua distribuição no corpo animal é o ponto de partida para entendimento da produção animal em quaisquer circunstâncias, mais ainda quando se trata da produção de herbívoros, ruminantes ou não, em condições de pastejo. O conhecimento das necessidades diárias de água para dessedentação animal torna-se importantíssimo quando se deseja explorar animais em pastagens, sejam nativas, sejam cultivadas, pois a ingestão hídrica, por água bebida (livre) ou ingerida nos alimentos, além da endógena, mantém estreita relação com as condições das pastagens, suplementação a pasto e condições climáticas das mais diversas. Isso posto, buscou-se na presente revisão abordar tais aspectos, além de apontar metodologias para se mensurar a ingestão de água livre, contida nos alimentos e da eventual produção de água metabólica.

Palavras-chave: Água livre. Água metabólica. Dessedentação. Fatores climáticos. Ingestão de pastagens.

¹ Professor Titular da Escola de Veterinária da UFMG (iranborges@ufmg.br).

² Pesquisador Embrapa Semiárido (gherman.araujo@embrapa.br).

INTRODUÇÃO

A água é substância essencial à vida e recobre 75% da superfície do planeta, incluindo oceanos e toda a massa de água continental; para os alquimistas, os quatro elementos fundamentais da Terra eram o fogo, a terra, o ar e a água, o que já denotava a grande importância desta última nos estudos antigos. Seres vivos demandam água para sobrevivência, e, por tal razão, toda missão espacial que visa a detectar vida extraterrestre procura pela presença de água; tal contexto fez com que, em 1961, Yuri Gagarin exclamasse admirado: “A Terra é azul!”

Já houve poeta que chamou a terra de “planeta água”, não só por sua presença no globo, mas principalmente pelo fantástico ciclo que ela realiza na natureza, conduzindo outras substâncias e elementos, unindo populações, desenhando deslumbrantes paisagens, mas, acima de tudo, promovendo e mantendo a vida terrestre, demonstrando muito claramente sua incontestável capacidade de ser reciclada pelos mais diversos seres vivos.

A água é um importante componente (nutriente) para pecuária de qualquer região do mundo, e seu uso deve ser cada vez mais racional e responsável, principalmente, em função do elevadíssimo crescimento de sua demanda, que está diretamente relacionada ao crescimento populacional e conseqüentemente maior necessidade de produção de alimentos. Além disso, as inegáveis alterações globais do clima têm provocado diminuições nos índices pluviométricos, aumentado a temperatura e a evaporação, ampliando com isso o tamanho das áreas agriculturáveis que deverão rever o uso de seus recursos hídricos.

Nesse contexto, a produção animal é atingida diretamente, o que faz necessário pensar em novas estratégias e processos adaptativos que elevem a eficiência do aproveitamento da água, seja no cultivo e manejo de pastagens ou na produção de forragens para conservação e oferta aos animais. Para tanto, é urgentíssimo o entendimento da complexa interação solo, água e planta, bem como do próprio consumo de água pelo animal, seja via alimento ou diretamente nas diferentes fontes hídricas. É fato que não há mais tempo para se esperar e que esse tema

deve ser rapidamente e cada vez mais explorado pela Zootecnia, com a realização de mensurações e geração de conhecimentos que apontem alternativas de espécies forrageiras e de ruminantes, que sejam eficientes e apresentem significativas capacidades de converter o mínimo de água, respectivamente, em maior biomassa de matéria seca e nutrientes de origem animal.

Essa premente necessidade por pesquisas e conhecimentos se dá pela importância da atividade pecuária no desenvolvimento das mais diversas regiões do planeta e pela expressiva área de pastagens nativas e cultivadas que sustentam as cadeias produtivas dos diferentes ruminantes e que demandam água para suas produções.

Assim sendo, objetiva-se aqui levantar questões importantes quanto ao consumo de água pelos animais em condições de pastejo, abordando as possíveis contribuições das pastagens para dessedentação, além de mencionar e discutir alguns métodos utilizados para estimar a ingestão de água.

A PASTAGEM, A PECUÁRIA E SUAS DEMANDAS HÍDRICAS

A importância global das pastagens é indicada pela sua extensão, elas compreendem cerca de 26% da área total da terra e 80% da terra agrícola produtiva. A maioria delas está localizada em países tropicais em desenvolvimento, onde são particularmente importantes para a subsistência de cerca de um bilhão de pessoas pobres. As pastagens fornecem claramente a base de alimentação para o gado em pastoreio e, portanto, inúmeros alimentos de alta qualidade. Entretanto, esses animais também fornecem produtos como fertilizantes, transporte, tração, fibra e couro. Além disso, pastagens representam serviços e funções importantes, incluindo captações de água, reservas de biodiversidade para necessidades culturais e recreativas e, potencialmente, um sumidouro de carbono para aliviar as emissões de gases de efeito estufa. Inevitavelmente, tais funções podem entrar em conflito com o gerenciamento da produção pecuária (BOVAL; DIXON, 2012).

Grande parte da crescente demanda global por carne e leite, particularmente de países em desenvolvimento, terá de ser fornecida a partir de ecossistemas de pastagens, e isso trará desafios difíceis. O aumento da produção de carne e leite geralmente requer o aumento da ingestão de energia metabolizável e, assim, aumenta o consumo voluntário e/ou a digestibilidade de dietas selecionadas por animais em pastejo. Isso exigirá uma aplicação mais ampla e efetiva de gerenciamento aprimorado. As estratégias para melhorar a produtividade incluem aplicação de fertilizantes, manejo do pastejo, maior uso de subprodutos de culturas, leguminosas, suplementos e manipulação da taxa de lotação e subsídio de forragem (BOVAL; DIXON, 2012).

A produção pecuária é um dos subsetores agrícolas mais importantes do mundo, é praticada em áreas de pastagem e em sistemas mistos de agricultura-pecuária que cobrem cerca de 60% da área terrestre dos países em desenvolvimento. Nos países em desenvolvimento, bovinos, ovinos e caprinos somam um total de cerca de 1,2 bilhão de cabeças de gado tropical (convertido à taxa de 250 quilos de peso de animais vivos por unidade pecuária tropical). Densidades animais são fortemente correlacionadas a densidades humanas (Tabela 1) e são mais elevadas em áreas de agricultura intensificada, especialmente em torno de sistemas de irrigação (PEDEN *et al.*, 2007).

A demanda crescente por carne e leite nas áreas urbanas dos países em desenvolvimento colocará novas demandas substanciais sobre os recursos hídricos agrícolas, especialmente para a produção de alimentos. Atender a essa demanda exigirá muito mais água, mas também fornecerá oportunidades para os agricultores rurais gerarem mais renda necessária. Essa tendência também pode aumentar a competição pela água na regiões agrícolas, marginalizando alguns agricultores e pecuaristas, provocando conflitos e levando-os ainda mais para a pobreza. Os agregados familiares necessitam de água adequada para manter os animais que continuam a ser importantes fornecedores de nutrientes de qualidade e de energia agrícola, que é o meio preferido de geração de renda (PEDEN *et al.*, 2007).

A demografia humana e animal varia muito entre os sistemas de produção e as regiões do mundo. Os sistemas de produção animal suportam cerca de 4 bilhões de pessoas (tabela 1). Destas, cerca de 1,3 bilhão (32%) de pessoas são pobres, e cerca de 509 milhões de pessoas (13%) são criadores de animais. A África Subsaariana e Sul da Ásia concentram 63% (800 milhões) dos pobres, e cerca de 68% (344 milhões) também são criadores de gado (PEDEN *et al.*, 2007).

O rebanho mundial de bovinos, caprinos e ovinos requer quantidades consideráveis de água, mas as estimativas dessas quantidades são brutas. Ao considerar o tamanho desse rebanho e a água, a maioria das pessoas pensa na demanda de consumo de água potável por esses animais, que totalizam cerca de 900 milhões de metros cúbicos por ano (Tabela 1), nos sistemas de produção dos países em desenvolvimento (isso assumindo uma necessidade de cerca de 25 litros por dia por unidade pecuária tropical, embora a quantidade seja altamente variável). No entanto, é necessário muito mais água para produzir forragens para os animais. A evapotranspiração associada à produção de alimento para manutenção totaliza cerca de 450 metros cúbicos por unidade pecuária tropical por ano, uma quantidade que pode subestimar o valor real em até 50%, dependendo do crescimento, reprodução, trabalho, ambiente e estados de lactação dos animais. A água total necessária para a alimentação de bovinos, ovinos e caprinos nos países em desenvolvimento excederá 530 bilhões de metros cúbicos por ano, com água adicional necessária para outras espécies de animais (PEDEN *et al.*, 2007).

Apesar da expressiva demanda hídrica dos sistemas de produção animal, quase nada se conhece sobre as reais necessidades dos animais em condições de pastejo. Raros são os estudos que abordam os consumos de água em sistemas intensivos ou extensivos. Pouco se sabe sobre as contribuições hídricas das espécies forrageiras, em pastagens nativas ou cultivadas, nas diferentes estações do ano, para demanda animal.

Tabela 1 – Área, pessoas, pobreza e animais nos sistemas de produção de regiões de países em desenvolvimento

	África Subsaariana	América Central e Sul	Oeste Ásia e Norte África	Leste da Ásia	Sudeste da Ásia	Sul da Ásia	Outros Estados e Ásia Central	Total
Áreas dos sistemas de produção animal (milhões de km ²)								
Pastagem	8,97	5,47	1,81	4,33	0,21	0,35	2,05	23,19
Pastagem x Irrigação	0,12	0,40	0,83	1,37	0,48	1,52	0,41	5,13
Pastagem x Sequeiro	6,53	5,23	1,56	2,47	1,41	1,72	1,01	19,93
Outros Sistemas	8,45	9,24	8,09	2,80	2,65	0,80	0,57	32,60
Total	24,2	20,3	12,3	11,0	4,8	4,4	4,0	80,3
Pessoas e pobreza nos sistemas de produção (milhões)								
Número pessoas	506	329	310	1.187	401	1.256	64	4.053
Nº pessoas pobreza	268	132	85	11	127	533	17	1.273
Bovinos, ovinos e caprinos (Unidade animal tropical – 250 kg de Peso Vivo)								
	246	391	57	111	85	276	24	1.190
	10,2	19,3	4,6	10,1	17,1	62,7	6,0	14,7
Estimativa da demanda de água para manutenção (bilhões de m ³ /ano)								
Dessedentação	2,2	3,7	0,5	1,0	0,8	2,5	0,2	10,9
Produção forragem	111	176	26	50	38	124	11	536

Fonte: adaptada de Peden *et al.* (2007).

Distribuição e funções da água nos animais

Água é a base líquida das células, considerada o meio interno ou mesmo a matriz fluida dessas em todos os tecidos dos organismos vivos. Conforme Larvor (1983), chega a representar entre 70 a 80% da massa tecidual, exceto ossos e tecido adiposo, o National Research Council (2006) apontou teores de água entre 50 a 81% na massa corporal de animais silvestres e bovinos leiteiros. O Commonwealth

Scientific and Industrial Research Organisation (2007) destacou valores similares ao National Research Council (2006) e chamou atenção para que tal oscilação depende da idade e do grau de gordura, no que as citações anteriores são concordantes. Enquanto um animal pode perder quase toda a sua gordura e cerca de metade da sua proteína durante a fome e ainda sobreviver, a perda de um décimo da sua água corporal pode ser fatal.

As qualidades biofísicas mais interessantes da água são suas propriedades solventes, sua ionização e sua vaporização de calor. Com alguns eletrólitos presentes, formará meio adequado para transporte de nutrientes e produtos finais do metabolismo celular. Sua ausência no tecido adiposo, considerando-se ainda a relação com o tecido ósseo/muscular, tende a ser bem constante nos corpos dos animais. Pode-se, a partir daí, estimar sua deposição de gordura corporal, como sugerem as equações na tabela 2.

Tabela 2 – Equação que relaciona o teor total de gordura em ruminantes ao seu teor de água

Espécie	Método*	N	Parâmetros da regressão		
			a	b	r
Caprinos	B	13	1,27	97,8	-0,972
	AP	11	0,916	71,02	
	TOH	22	1,22	93,7	0,961
Ovinos	B	43	1,05	84,2	
	AP	9	1,22	94,6	-0,999
	TOH	9	1,26	97,3	0,996
Bovinos	B	30	1,26	94,9	
	AP	52	1,03	80,7	
	TOH	46	1,18	91,7	0,988

* B – bebida; AP – Antipirina; TOH – água tritiada. Equações do tipo: $Y = ax + b$, com $Y =$ gordura e $x =$ água (% do peso corporal total - com conteúdo intestinal - Coeficientes a e b indicados nas tabelas, com o coeficiente de correlação r); N = número de animais.

Fonte: adaptada por Larvor (1983).

Mas deve ser lembrado que um marcador identifica apenas a si mesmo. Se um brometo é usado, não é o fluido extracelular que é medi-

do, mas o espaço do brometo. A melhor maneira de estudar o metabolismo da água é usar isótopos de hidrogênio (água pesada ou água triada). Exceto pelo pequeno efeito isotópico, praticamente desprezível, eles se comportam exatamente como a água. A digestibilidade verdadeira da água em bezerros tem sido próxima a 99,9%, e, devido à digestibilidade aparente e às perdas endógenas, esse valor cai para 97,6%. O total de água no corpo animal tem sido em média de 76,8% da massa corporal; sendo 2/3 extra e 1/3 intracelular (valores típicos para recém-nascidos). Em bezerros com três meses, essa proporção é de 50% e para adultos declina para 45%. Para ruminantes novos, a maioria da excreção ocorre pela urina e também termorregulação, sendo que cerca de 2,4% pelas fezes, e desses sua maioria (95%) é endógena. Dados do Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (2007) dão conta de que fezes de bovinos adultos saudáveis contêm frequentemente 75 a 85% de água e, apesar de as fezes de ovelhas estarem geralmente mais secas, possuem pelo menos 66%. A urina bovina varia em pressão osmótica de cerca de 100mOsm durante a diurese, e cerca de 1100mOsm quando ocorre privação de água, pois o volume excretado é minimizado. Ovinos podem ser ainda mais parcimoniosos nas últimas condições; urina concentrada para cerca de 3000mOsm foi reportada para animais adultos (MACFARLANE *et al.*, 1961; BROWN; LYNCH, 1972), mas apenas sob condições extremas de desidratação. Quando a água está disponível, a osmolalidade da urina de ovinos é comumente de cerca de 800mOsm, mesmo em condições de alta temperatura ambiente e carga salina.

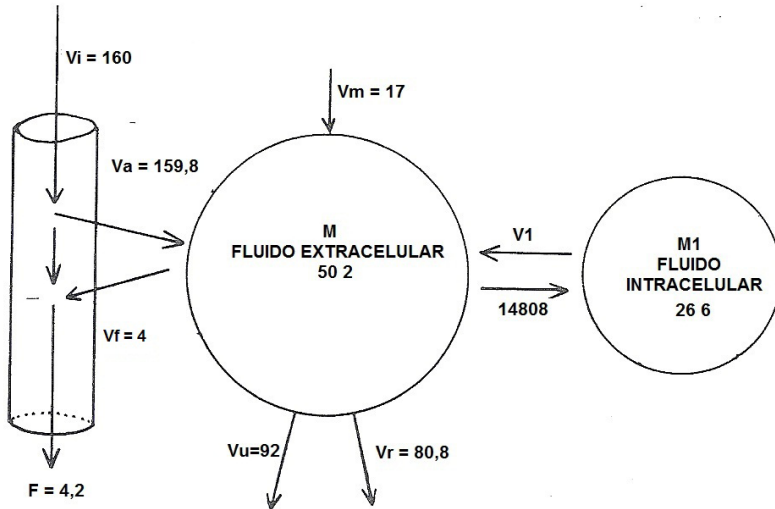
Água ingerida pelos animais e absorvida pelo organismo

A ingestão de água prevê aportes de bebida e daquela porção contida nos alimentos, mas também é necessário considerar a água metabólica produzida pela oxidação metabólica dos nutrientes (1 g de água é obtida a partir da oxidação de 1,4 g de proteína, 1,7 g de carboidratos ou 0,9 de lipídios).

Quanto à água endógena, há de se destacar que a pastagem pode ser de grande importância. Pode incluir até 0,9% do peso fresco da forragem jovem, especialmente se esta tiver umidade em sua superfície obtida da chuva ou do orvalho. Por outro lado, a pastagem madura pode conter apenas 0,1 em peso de água (COMMONWEALTH SCIENTIFIC AND INDUSTRIAL RESEARCH ORGANISATION, 2007). Assim, um bovino ingerindo 4,5 kg de matéria seca diariamente ($M / D = 10MJ$ dia ou 2,39 kcal kg aqui considerada a energia metabolizável – EM), que é aproximadamente a necessidade diária de manutenção de energia de 350 kg de peso vivo, poderia ganhar mais de 35 L d de água em sua alimentação se fosse pastagem úmida, mas menos de 1 L d se fosse forragem seca. Embora a água metabólica seja importante para a economia da água pelo animal, sua contribuição é relativamente pequena; o catabolismo de 1 kg de gordura, carboidrato ou proteína rende aproximadamente 1,1; 0,5 e 0,4 L, respectivamente. Com uma ingestão de 4,5 kg MS d, o bovino ganharia cerca de 1,5 L de água diariamente do metabolismo dos nutrientes absorvidos, enquanto que, para obter uma quantidade semelhante do catabolismo dos tecidos do corpo, seria necessário perder cerca de 1,5 kg de gordura ou quase 2 kg de proteína de tecido, isto é, cerca de 0,2 L do catabolismo da proteína nesse tecido mais a sua água contida.

A absorção da água nos intestinos é muito eficiente (Figura 1). Seu transporte através da mucosa não pode ser atribuído a diferenças de pressão hidrostática e osmótica, mas depende de processos metabólicos (a glicose é necessária para induzir o transporte de água contra um gradiente osmótico; sem glicose, há apenas uma transferência passiva de água). Isso não significa que haja um transporte ativo específico de água; pois o fato de a água nunca ser transportada sozinha sugere que a transferência de água é causada por forças osmóticas resultantes do transporte ativo de algum íon, provavelmente sódio.

Figura 1 – Metabolismo da água em bezerras. Compartimentos M e M_1 estão em mL/kg, as taxas de troca em mL/kg dia. V_1 = taxa de troca entre compartimentos; V_a = taxa de absorção de água no intestino; V_f = taxa de secreção de água fecal; V_m = água metabólica oriunda da oxidação de nutrientes; V_r = evaporação respiratória + cutânea, V_u = taxa de excreção urinária; F = produção fecal total/dia



Fonte: Riis (1983).

Função na homeotermia e metabolismo hídrico nos animais

Uma das formas de dissipação calórica pelo corpo animal é por evaporação de água, sem qualquer troca de calor aparente, em um processo chamado de “perda insensível”. O calor latente de vaporização da água é de aproximadamente 0,6kcal/g, o que significa que a dissipação de 100 kcal requer a evaporação de 167 g de água. A baixa temperatura ambiente, a radiação e a convecção permitem grande dissipação de calor, e a evaporação é reduzida à evaporação respiratória mínima; quando a temperatura ambiente aumenta, as perdas de calor sensível diminuem acentuadamente e a regulação térmica depende apenas da evaporação da água.

Requisitos de água para ruminantes

Esses não são subordinados apenas à espécie animal, mas também ao nível de produção, estágio fisiológico e temperatura e umidade do ambiente.

Teoricamente a quantidade mínima seria a soma dos requisitos das perdas fecais + excreção urinária + evaporação + produtos. Em bovinos, as perdas fecais são de aproximadamente 1,6 kg kg⁻¹ de MS ingerida; a concentração urinária não excede 1000mOsm (valor médio para volume urinário mínimo de 0,9 L kg MS ingerido em condições de inverno no hemisfério norte e 2,3 L kg⁻¹ MS em pastagens de crescimento pleno no verão, ricas em PB e K), e as perdas evaporativas elevam-se, em bovinos e ovinos, em decorrência ao aumento da temperatura ambiente e sua interação com URA, mas também de acordo com o metabolismo e ingestão de alimentos, sendo que a produção de leite exige 0,9 L por kg secretado, enquanto o crescimento fetal requer 2 L de água por dia no final da gestação (Tabelas 3 e 4). Para bovino de corte, destaca-se que a contribuição da água metabólica é mínima para o suprimento das necessidades diárias das distintas categorias (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 2016).

Dentre os fatores que podem influir sobre os requisitos de água, esse comitê destacou a taxa e composição do ganho, animais prenhes, lactantes, qualquer tipo de atividade, o tipo de dieta, a ingestão de alimentos e a temperatura ambiental; nesse último, Larvor (1983) salientou com muita propriedade a interação da temperatura e umidade do ar. Os demais fatores têm sido recorrentes na literatura.

Tabela 3 – Quantidade mínima de água ingerida (L dia⁻¹) por vacas de 550 kg de peso vivo, ingerindo 15 kg de matéria seca por dia, em um ambiente a 15 °C

Balanço mínimo de água	Tipo de alimentação	
	Pastagem na seca	Pastejo nas águas
Água requerida		
Excreção fecal	24	24
Evaporação	5,5	5,5
Excreção urinária (mínima)	13,5	34,5
Produção de leite	25	25
Total	68	89
Água obtida		
Alimento	2	60
Metabólica	6	6
Bebida	30	23

Fonte: Larvor (1983).

Tabela 4 – Valores aproximados da ingestão total de água (L kg⁻¹ de MS ingerida) em ruminantes durante o inverno (temperatura < 15°C) comparado com valores mínimos registrados em ensaios para a excreção da água urinária

Tipo de animal	Ingestão observada	Ingestão estimada
Bovinos		
Novilhos em crescimento	3,5	2,4
Vacas secas - fim da gestação	4,0 a 4,5	2,6
Vacas em lactação	4,2 a 4,5	3,9
Ovinos		
Cordeiros	2,0	1,8
Ovelhas secas vazias	1,5 a 2,0	1,8
Ovelhas no final prenhez (1 feto)	2,5 a 3,0	2,0
Ovelhas no final prenhez (2-3 fetos)	3,0 a 4,0	2,2
Ovelhas lactantes	3,5 a 4,0	3,5
Caprinos		
Cabras secas vazias	2,0 a 2,8	1,8
Cabras final gestação	3,5 a 3,8	2,0
Cabras lactantes	3,5 a 4,0	3,5

Fonte: Larvor (1983).

Faz-se necessário registrar que os requisitos mínimos de água pelos bovinos refletem a necessidade para manutenção e crescimento corporal, desenvolvimento fetal, reprodução, lactação e as perdas hídricas decorrentes da urina, fezes e sudorese, de modo que qualquer variável que influencie essas necessidades ou perdas alterará o requisito mínimo. Mesmo sabendo-se de vários fatores intervenientes e da grande dificuldade em determinar as exigências diárias e água para bovinos de corte, é possível destacar algumas estratégias reportadas, como a de Hicks *et al.* (1988) e Arias e Mader (2011), pela ordem:

$$\text{IAD} = - 6,0716 + (0,70866 \times \text{TM}) + (2,432 \times \text{IMS}) - (3,87 \times \text{PD}) - (4,437 \times \text{SD})$$

Hicks *et al.* (1988)

Onde:

IAD = ingestão diária de água (L/d), TM = temperatura máxima (°C), IMS = ingestão diária de MS (kg dia), PD = precipitação diária (cm), e SD = NaCl da dieta (%).

$$\text{IAD} = 5,92 + 1,03\text{IMS} + 0,04\text{RS} + 0,45\text{Tmin}$$

$$\text{IAD} = - 7,31 + 1,00\text{IMS} + 0,04\text{RS} + 0,30\text{ITU}$$

Arias e Mader (2011)

Onde:

IAD = ingestão de água diária (L/d), IMS = ingestão de MS diária (kg d), RS = radiação solar (W/m²) e Tmin = temperatura ambiental diária mínima (°C), e ITU é o índice de temperatura-umidade (ITU = 0,8 Ta + [(URA/100)(Ta - 14,4)] + 46,4. Sendo Ta = temperatura ambiente média e URA = umidade relativa do ar.

Para caprinos, o National Research Council (2006) destacou a importância da relação entre ingestão de água e de matéria seca:

$$\text{TAI} = 3,86 \times \text{MSI} - 0,99$$

Onde:

TAI = Total de Água Ingerida;

MSI = MS ingerida.

É importante destacar que o teor de água nas pastagens ou mesmo a relação de volumoso e concentrado na dieta em muito afeta a ingestão da água de bebida, mas a relação entre MSI e ingestão total de água tende a mostrar-se interdependente, conforme indicou esse comitê de determinação das exigências de pequenos ruminantes. Para o Institut National de la Recherche Agronomique (1988), cabras leiteiras em lactação necessitam de 146 g de água $\text{kg}^{0,75}$ para manutenção e 1,43 L litro de leite produzido ao dia. De acordo com McGregor (2004), cabras leiteiras necessitam de 1,28 L de água/litro de leite produzido, sendo que, para fêmeas vazias em manutenção, a ingestão prevista é de 107 g $\text{kg}^{0,75}$, e 165 g $\text{kg}^{0,75}$ para lactantes, valor 11,52% acima do preconizado pelo Institut National de la Recherche Agronomique (1988).

Pulina e Bencini (2004) descreveram as exigências diárias de água para ovinos (Tabela 5). Mesmo relatando ingestões para condições de temperaturas amenas, os autores sugerem elevações no consumo de 30, 50 e até 100% para temperaturas médias de 20, 25 e 30 °C, muito embora desconsiderem a URA como outro fator a influenciar o consumo de água por ovinos, mesmo assim, os dados podem ser usados como referência para planejamentos forrageiros e de fornecimento de água aos rebanhos, desde que as perdas também sejam consideradas. Uma vez que as necessidades mínimas de água podem ser calculadas somando-se as perdas mínimas por evaporação e perdas em excretas, os valores recomendados para requisitos são geralmente baseados em observações de ingestão voluntária, que mostram que a ingestão total de água (bebida e ração) é positiva e relacionada ao consumo de MS.

Tabela 5 – Valor aproximado do consumo de água por ovinos (kg de água/kg de ingestão de MS) em condições de inverno (temperatura ambiente média de 15 °C)

Categoria	Ingestão de água (L kg de MS ingerida) *
Crescimento ou engorda	2,0
Mantença ou início de gestação	2,0 a 2,5
Final da gestação	
1 feto	3,0 a 3,5
2 ou 3 fetos	3,5 a 4,5
Ovelha em lactação	
Primeiro mês (2L/dia)	4,0 a 4,5
Meses seguintes	3,0 a 3,5

*As quantidades apresentaram aumentos respectivos de 30, 50 e 100% para a temperatura ambiente média de 20, 25 e 30°C.

Fonte: adaptada de Pulina e Bencini (2004).

Deficiência de água

Inclui desidratação dos tecidos e a diminuição do volume total do corpo animal (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 2006). Para o NATIONAL RESEARCH COUNCIL (2016) restrições na ingestão de água impõem queda no consumo voluntário de MS, e consequentemente no desempenho animal, fato já destacado pelo Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (2007), demonstrando que as ingestões de água estavam positivamente relacionadas à ingestão de matéria seca e que as quantidades ingeridas são menores com pasto verde, úmido ou picado e fornecido no cocho do que com rações secas.

O National Research Council (2001) reportou que a disponibilidade e a qualidade da água são extremamente importantes para a saúde e produtividade de vacas leiteiras; de sorte que, limitando-se a disponibilidade de água para o rebanho, ocorre a depressão da produção de forma rápida e severa.

Por outro lado, Hadjigeorgiou *et al.* (2000) submeteram machos castrados de uma raça grega (Karagouniko) ao livre acesso à água, ou acesso por uma hora diária, ou restrição 65% relativa ao acesso livre e

não registraram diferenças quando mensuraram o consumo de MS do pasto e a digestibilidade e de seus nutrientes; como também não detectaram diferenças nas taxas de passagem de sólidos no rume (48,7; 56,9 e 54,5%/h, respectivamente), muito embora o acesso livre tenha proporcionado maior ingestão média de água (181,9 g kg^{0,75}) do que o acesso a uma hora ou apenas 65% de oferta por todo o dia (128,8 e 117,5 g kg^{0,75}, respectivamente); e, portanto, concluíram que talvez o impacto maior fosse em relação à economia de água em condições de campo, pois as restrições de água aplicadas durante o ensaio mimetizariam a estação seca e não tiveram efeito significativo na nutrição dessa raça local de ovinos.

Trabalhando com três raças nativas da Arábia Saudita submetidas à restrição hídrica durante o verão (T °C média de 38,5, mín. 27,8 e máx. 45,2°C e URA média de 23,3%), por três dias, Alamer (2006) demonstrou perdas de peso oscilando entre 19,6 e 22,4% em relação ao peso vivo dos animais (Tabela 6). O autor destacou que a perda de peso no primeiro dia de privação foi mais acentuada, embora, com o avanço do estresse hídrico, o declínio continuasse até o terceiro dia, momento em que todos os animais foram reidratados, ressaltando ainda que os genótipos apresentaram perdas e ganhos líquidos em massa de forma similar.

Tabela 6 – Perdas de massa corporal após três dias de privação de água e consequentes ganhos pela reidratação de caprinos Hipsi, Aardi e Zumri sob condições de altas temperaturas de verão

Raça	Perda de peso			Ingestão de água nos primeiros 15 minutos de reidratação		
	PV Inicial (kg)	PV final (kg)	Perdas (% do PV)	Ingestão de água (L)	Ingestão de água (% do PV desidratado)	Recuperação do PV (% da desidratação)
Hipsi	40,0	7,8	19,6	7,3	22,9	94,7
Aardi	34,0	7,6	22,4	6,9	26,6	91,4
Zumri	37,3	7,3	19,7	6,3	31,1	87,3

PV = peso vivo.

Fonte: adaptada de Alamer (2006).

Ingestão de água em condições de pastejo

O anteriormente exposto já dá conta da interferência, em maior ou menor grau, de diversos fatores na ingestão voluntária da água por ruminantes mantidos em condições de pastejo. Essa complexa interferência dos fatores implica na necessidade de conhecer e realizar pesquisas que adotem mensurações capazes de desvendar a eficiência do pasto e do animal, quanto às demandas de água. É preciso conhecer as diferentes contribuições hídricas que as espécies forrageiras podem fornecer aos animais, em determinados períodos do ano. Também é necessário determinar quanta água é demandada pelo animal nas mais diferentes condições de pastejo, entendendo as interações planta, animal e fatores climáticos.

O teor de água dos alimentos é altamente variável e pode oscilar abaixo de 5% em alguns grãos ou sementes secas até cerca de 90% em pastagens em crescimento inicial e em espécies suculentas. Essa variação no teor de matéria seca cria problemas específicos para estimar o consumo de água por animais em pastejo onde há grandes flutuações sazonais no conteúdo de água do alimento consumido (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 2000).

Sun *et al.* (2014), mencionando alguns trabalhos, relataram que medidas de ingestão de água (umidade) relacionadas ao pastejo são extremamente demoradas e potencialmente muito imprecisas, por causa das grandes variações diurnas e cotidianas durante a atividade de pastejo (GARY *et al.*, 1970; BROWN; LYNCH, 1972; KILGOUR, 2012), conteúdo de matéria seca de forragem (JORDAN; RITCHIE, 1971), umidade do dossel e umidade da superfície (BURKHARDT *et al.*, 2009). Além disso, não há protocolo universal e comumente aceito para medições de orvalho (RICHARDS, 2004).

O ajuste de oferta de água em condições de pastejo possibilita a adequada ingestão de matéria seca pelo animal, que pode levar à máxima produtividade. Assim sendo, as metodologias para tais objetivos são imprescindíveis.

De forma geral, podem-se elencar quatro principais fatores que afetam a ingestão da água livre (bebida) em sistemas a pasto por atuarem na qualidade da mesma: a) salinidade: quanto maior o grau de sais dissolvidos, menor ingestão voluntária, expresso em mg/L ou ppm, ou em decisiemens por metro (dS/m), medindo-se condutividade elétrica da água, tendo como valores máximos $1\text{dS/m} = 1000\mu\text{S/cm} = \text{aproximadamente } 640\text{mg/L}$ ou 640ppm. Águas salinas tendem a elevar o consumo, seja por características organolépticas, seja pelo aumento da reciclagem hídrica que visa a reestabelecer o equilíbrio salino; b) alterações no pH podem limitar e/ou inibir o consumo de água quando $< 6,5$ e $> 8,5$, comprometendo desempenho e mesmo a saúde animal; c) substâncias nocivas ou tóxicas (fluoretos, ferro, manganês, resíduos de defensivos, etc) são mais frequentes em fontes de águas subterrâneas, pois, como solvente universal, tal contaminação é inexorável e daí pode afetar a produção animal; d) flora microbiana patogênica ou indesejável também pode comprometer o desempenho animal a partir de águas contaminadas (MARKWICK, 2007).

Para o National Research Council (2016), o NaCl é muito mais tóxico quando presente na água potável do gado, ressaltando-se que animais em crescimento toleraram até 1,0% de sal adicionado na água potável sem efeitos adversos, no entanto, a adição de 1,25 a 2,0% de sal resultaram em anorexia, ganho de peso reduzido ou perda de peso, consumo de água reduzido e colapso físico. Nota-se então que a recomendação diária de NaCl para bovinos de corte que oscila entre 0,36 a 0,5% da MS da ração (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1996) parece indicar que o meio de ingestão desse sal, ou mesmo a intensidade e velocidade em que o mesmo é diluído no rume, tem toda diferença quanto à ingestão voluntária do NaCl e em consequência da água de bebida.

Pequenos ruminantes

Para cabras, deve-se garantir que água e sombra sejam adequadamente fornecidas para todo o rebanho, salientando que animais em pastagens de verão ou submetidos a pastagens mais grosseiras, como aquelas da estação seca, especialmente as cabras jovens e leves, merecem atenção

especial, pois a ingestão inadequada de água pode comprometer a ingestão de forragens afetando negativamente o desempenho. Portanto, ao se planejar um suprimento de água, deve-se permitir um consumo médio diário de 4L/cab/dia; sendo que, em dias muito quentes, os sistemas de abastecimento devem poder fornecer até 9L/cab/dia (MCGREGOR, 2004).

Na Austrália, o Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (2007) realizou grande número de trabalhos com ovinos e bovinos, visando a melhorar as estimativas de ingestão de água e sua reciclagem no organismo de animais sob pastejo mantidos em diversas condições ambientais e com dietas de baixa qualidade. Usaram água tritiada e o fatorial do fornecimento de água já discutido aqui na presente revisão, mencionaram a potência $\text{kg}^{0,82}$ (limite de 0,82 a 0,88 para o expoente) em vez do consagrado $\text{kg}^{0,75}$, usada por vários autores que estudaram o balanço hídrico em ruminantes, pois melhor refletiu as distintas proporções de gordura no corpo dessas espécies; por isso esse comitê referiu a ingestão e a reciclagem da água sempre em termos de L kg de PV.

Com isso, apresentou duas equações para ovinos na tentativa de se estimar o consumo de água. Uma desenvolvida por McMeniman e Pepper (1982 apud COMMONWEALTH SCIENTIFIC AND INDUSTRIAL RESEARCH ORGANISATION, 2007): $IAD (L/d) = 0,429 + 0,073(\pm 0,011)t - 0,013(\pm 0,004)R$; onde: IAD = ingestão diária de água; t = temperatura ambiente ($^{\circ}\text{C}$); e R = radiação solar (mm/dia); e a de Luke (1987): $IAD (L/d) = 0,1911 t - 2,882$; onde: IAD = ingestão diária de água; t = temperatura ambiente ($^{\circ}\text{C}$). Assim, para 20, 30 e 40 $^{\circ}\text{C}$, Luke (1987) obteve respectivamente as seguintes ingestões previstas: 1,0, 1,8 e 2,5 L/d, respectivamente. Derivando a equação, essas quantidades diminuem em 13 mL/d para cada precipitação de 1 mm. Wilson (1974) apontou que a ingestão de água para ovinos mantidos em pastagens de climas semiáridos foi reduzida em até 0,5L/dia quando eles tiveram acesso à sombra fornecida por um abrigo artificial, mas sugeriu avaliação econômica para adoção de abrigos.

Numa compilação de dados, o Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (2007) apresentou dados de ingestão

voluntária de água por ovinos Merinos e Border Leicester mantidos em distintas condições ambientais da Austrália (tabela 7).

Tabela 7 – Reciclagem de água em ovelhas Merino (M) ou Border Leicester (BL) com acesso a água não salina em vários ambientes australianos. Medições feitas por referência ao desaparecimento da água tritiada injetada. Faixa em peso vivo de aproximadamente 30 a 50 kg

Animais	Local e vegetação	Época (mês)	T °Cmáx (média)	Reciclagem (L/d)
(M) ovelha seca	Cunnamulla, Qld			
	Gramma Mitchell (MS=81%)	Nov	37	4,3
	Gramma Mitchell (MS=16%)	Jan	33	5,3
(M) ovelha lactação	Deniliquin, NSW			
	<i>Atriplex nummularia</i>	Mar	29	9,4
	<i>A.vesicaria/pasto/corte</i>	Mar	29	5,8
	Gramma <i>Danthonia</i> e outras	Mar	29	5,6
(BL) lactante	<i>Atriplex nummularia</i>	Mar	29	13,7
	<i>A.vesicaria/pasto/corte</i>	Mar	29	6,9
(M)	Armidale, NSW			
(M) vazia	Azevém/trevo	Mar	11	4,4
(M) vazia	Azevém/trevo	Out	20	5,2 a 6,1
(M) vazia	Azevém/trevo	Dez	25	5,0
(M) gestante	Azevém/trevo	Out	20	5,6
(M) lactante	Azevém/trevo	Out	20	9,7
(M) lactante	Azevém/trevo	Nov	25	6,5
(M) lactante	Azevém/trevo	Dez	22	4,6

Fonte: adaptada de Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (2007).

McGregor (1986) observou que, durante o verão (temperatura média máxima 25°C), cabras de Angora beberam 50% mais água por quilo de peso vivo do que ovelhas Merino, destacando que as primeiras possuem menor isolamento externo, o que, de certa forma, reforça o

anteriormente dito, visto que os anexos de pele podem apresentar efeito similar ao sombreamento no que se refere à incidência da radiação solar, promovendo melhor conforto térmico quando possuir características de isolamento térmico acentuado.

Olson, Cvek e Sandberg (1997) concluíram que a oferta de água morna (35°C), em vez de água fresca (15°C), para cabras lactantes, mantidas a temperaturas médias de 18 ou 38°C, ambos ambientes com restrição de alimentos, aumentou o consumo de água e que, em combinação com o estresse térmico, neutralizou-se a redução da secreção de leite. Nesse caso, é de supor que houve efeito compensatório, pois a ingestão de água morna foi elevada num esforço biológico de termorregulação, fato que não deve expressar condições de animais em pastejo sob condições de elevadas temperaturas e baixa oferta de forrageiras em condições de semiárido.

Grandes ruminantes

Na Austrália, Wright e Ashton (1978) mediram o consumo de água criando vacas Red Poll ao longo de três anos sob temperaturas entre 16 e 30°C, pastejando *Lolium multiflorum*, azevém, cevada e restos de cereais, obtendo consumo médio de água de 35 L vaca⁻¹ dia⁻¹ no período (equivalente a 90 m L kg⁻¹ de PV), mas, dois meses após o parto, a ingestão elevou-se para 50 a 53 L vaca dia, devido ao aleitamento dos bezerros. Restou clara a influência exercida pela época do ano e pela forrageira ingerida, como também o estágio fisiológico das fêmeas em função da gestação, lactação ou estarem vazias. O Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (2007) apontou compilação de dados sobre consumo de água por bovinos Santa Gertrudis, Shorthorn e diversos mestiços Brahman (Tabela 8) submetidos a distintas pastagens estabelecidas por todo o território australiano, com temperaturas do ar oscilando entre 23 e 36 °C, e URA na faixa de 55 a 88%, sendo possível verificar consumos diários entre 1,8 e 68,7 L dia⁻¹, equivalendo à ingestão relativa de 89 a 214 L kg⁻¹ de PV. Obviamente, as altas temperaturas e URA imputaram maiores consumos hídricos, assim como animais europeus tenderam a beber mais água do que genótipos zebuínos. Também têm sido relatadas elevações no consumo de água em vacas leiteiras

e de corte no final da gestação e lactação, muito embora o Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (2007) destacasse que eventos reprodutivos são, frequentemente, confundidos com aqueles ligados às estações do ano, tendo em vista que as estações de monta, em sua maioria, guardam estreita relação com oferta de forragem.

Após fornecer oito tipos de fontes/formas de água a bovinos, visando a melhorar a qualidade microbiológica ou físico-química das águas, em quatro momentos distintos do ano, Lardner *et al.* (2013) concluíram que os animais preferiram ou tenderam a preferir águas subterâneas não tratadas ou água do poço, com níveis de sulfatos de 2000mg L⁻¹ e níveis de TDS 3000mg L⁻¹.

Tabela 8 – Ingestão de água por bovinos Shorthorn (S), Santa Gertrudis (SG) e mestiços Brahman (BX) em diversos locais da Austrália

Local	Alimentação e raça	Temp °C (máx)	URA (%) *	Peso Vivo (kg)	Ingestão diária	
					L	m L kg PV
Alice Springs, NT	PASTAGEM	23	-	278	1,8	114
	(S) inverno, seca	38	-	314	54,9	175
	(S) verão, seca	34	-	440	5,0	193
	(S) verão, oferta farta					
Darwin, NT	SORGO/PASTO	36	55	293	5,9	89
	(S) seca – setembro	34	71	143	3,5	166
	(S) seca – dezembro	34	71	294	46,1	157
	(SG) seca- dezembro	29	84	523	65,2	125
	(SG) chuvas	29	84	322	4,2	168
	(S) chuvas	29	84	532	5,6	123
Katherine, NT	(BX) chuvas	31	88	356	6,2	214
	(S) pasto nativo, chuvas	31	88	400	98,7	172
	(S) <i>Cenchrus/ Stylosanthes</i> , chuvas					

* Umidade relativa do ar registrada às 15h.

Fonte: Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (2007).

Quanto ao tipo de bebedouro preferido pelos bovinos, estudos de Teixeira *et al.* (2006) destacaram que vacas leiteiras, lactantes ou secas, mantidas a pasto, preferem bebedouros com maiores áreas de superfície para dessedentarem água.

METODOLOGIAS PARA MENSURAÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA PARA ANIMAIS EM PASTEJO

Para maior exatidão na determinação do consumo voluntário de água em pastagens para ruminantes, é necessária uma observação mais universal desse único fenômeno biológico, pois tal ato é interdependente e possui correlações estreitas com a ingestão de alimentos (quantidade, tipo, forma e qualidade), estádios fisiológicos dos animais e seus desempenhos produtivos e reprodutivos, condições ambientais, com destaque à temperatura e umidade relativa do ar, radiação solar (presença e intensidade de sombra) e velocidade dos ventos, e mesmo a produção de água metabólica, com menor atuação na saciedade hídrica, pelos ruminantes.

A intenção aqui é levantar as metodologias empregadas para tal quantificação, mas também apontar possibilidades de implementação de técnicas complementares e/ou suplementares visando à maior correlação, aderência e acuidade das respostas obtidas da ingestão de água pelos animais nas pastagens.

Determinação dos teores da água nos alimentos ingeridos

Para animais mantidos exclusivamente com ingestão de forragens e sal mineral, o emprego de indicadores ou marcadores internos ou externos tem sido indicado para se estimar a produção fecal, a digestibilidade *in vitro* da MS (DIVMS) e, por fim, a estimativa de consumo de MS como proposto por Silva e Leão (1979):

$$\text{MS fecal excretada} = \frac{100 \times \text{quantidade indicador fornecido}}{\% \text{ do indicador na MS fecal}}$$

$$\text{MS consumida} = 100 \times \frac{\text{produção de MS fecal em pastejo (kg)}}{100 - \text{coef. Digest. MS do pasto}^*}$$

* *DIVMS*

Ou,

$$\text{MS consumida} = \frac{100 \times \text{qtd. indicador interno excretado nas fezes}}{\% \text{ indicador interno na forragem}}$$

$$\text{Produção fecal (g/dia)} = \frac{\text{Gramas de indicador ingerido}}{\text{Concentração do indicador nas fezes}}$$

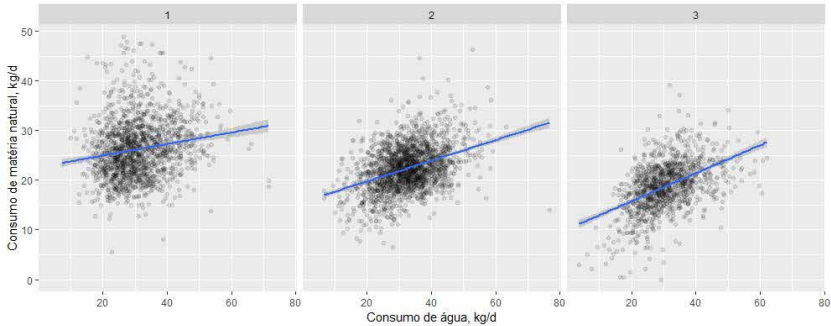
Para quaisquer dos exemplos de cálculos acima, trabalhar-se-ia com a quantidade de matéria verde ingerida – matéria seca obtida em estufas – método 967.03 (ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS, 1998), para estimativas da ingestão de água via pastagens, fazendo-se o mesmo procedimento para eventuais empregos de misturas múltiplas, sais proteinados ou suplementos de qualquer natureza.

Seguindo-se o método de Carew *et al.* (1980), é possível fazer a determinação do material ingerido em vegetação nativa tipo caatinga, cerrado ou savana e mesmo nos pampas, a partir de conjugação dessa identificação, e anterior quantificação do material botânico ingerido (fístulas, emprego de sensores, microfones específicos devidamente calibrados, entre outras opções tecnológicas). Também seria possível estimar o consumo do material verde (fresco) e, após processamentos laboratoriais de determinação do teor de MS, obter a quantidade de água ingerida.

Cavalcanti (2018) tem desenvolvido metodologia para determinar o consumo de matéria verde do pasto baseando-se no monitoramento da ingestão de água em bebedouros providos de balança eletrônica e bovinos dotados com *chips* eletrônicos. Já se obteve equação para essas variáveis, $\text{CMN} = 16,67 + 0,1872 * \text{IAD}$, onde CMN é o consumo de matéria natural (kg), e IAD a ingestão diária de água (kg). Portanto, tendo-se o teor de MS médio da pastagem avaliada, será possível estimar a percentagem de umidade na mesma, como também determinar a

ingestão de água potável. O Gráfico 1 mostra o tipo de resposta esperada com a técnica.

Gráfico 1 – Relação entre ingestão de matéria natural e água por bovinos criados em pastagens de *Brachiaria brizantha*



Fonte: Cavalcanti (2018).

Determinação da ingestão de água de bebida

Sun *et al.* (2014) investigaram a relação da ingestão de água diária (IAD, L/dia) de novilhos em condições de pastejo (19 novilhos com peso inicial médio de aproximadamente 400 kg), com o solo e os fatores climáticos que são conhecidos por afetar o estado da água da planta (teor de matéria seca), a formação de umidade na superfície e persistência. O estudo foi realizado em uma área permanente de pastagem na estação de Grünschaige Grassland Research, na Alemanha. O pasto era composto predominantemente por gramíneas, das quais *Lolium perenne*, *Poa pratensis* e *Agrostis stoloniferam* com participações percentuais de biomassa de cerca de 40%, 28% e 9%, respectivamente. Visando a evitar problemas técnicos, foi feita uma abordagem indireta para avaliar as relações entre a ingestão de água diária e as condições meteorológicas, abordagem do solo, conhecido por afetar o conteúdo de matéria seca da folha e da formação e persistência da umidade da superfície foliar, do orvalho, do gotejamento e da chuva interceptada.

Durante todo o período de pastejo (abril a outubro) em 2010 e 2011, 10 e 9 novilhos (Limousin com 16 meses, DP de 4 meses; PV inicial de 411 kg \pm 91 kg) foram mantidos na mesma área o dia todo. Cada animal teve acesso *ad libitum* a um bebedouro (SUEVIA HAIGES GmbH, Kirchheim am Neckar, Alemanha) e a um bloco de sal para atender às suas necessidades. Nas áreas, não existiam corpos de água (semi) naturais, como lagoas ou poços. A ingestão de água diária foi medida para cada animal e cada bebida. O bebedouro foi colocado em uma gaiola que permitia apenas 1 animal por vez para beber e o animal foi identificado por etiqueta eletrônica (Texas Trading GmbH, Windach, Alemanha). A quantidade bebida foi medida simultaneamente por dois sistemas independentes. Um sistema era um medidor de vazão (B.I.O-TECH e.K., Vilshofen, Alemanha; resolução de 0,1 kg) que mediu a quantidade de água que fluía para o bebedouro, enquanto os animais bebiam água. O outro sistema era uma plataforma de pesagem (Texas Trading GmbH) em que os animais permaneciam durante a bebida. Media-se o peso do animal antes e depois de cada evento de consumo, e a diferença fornecia a outra medida para a IAD. A ingestão individual diária de água foi calculada com a soma da IAD para cada evento de consumo individual, enquanto a IAD média foi obtida dividindo-se o fluxo diário total de água enviada para o recipiente (bebedouro) multiplicado pelo número de animais no rebanho.

Registros diários das condições meteorológicas e da IAD foram obtidos durante 2 períodos de pastejo com padrões contrastantes de chuvas de primavera, verão e outono. A água disponível da planta no solo (ADP, mm) foi modelada da evapotranspiração real e potencial e da capacidade de retenção de água do solo.

A média da IAD sobre o rebanho variou de 0 a 29 L dia⁻¹ (pastejo) com média da estação 9,8 L dia⁻¹). A IAD em ambos os períodos, seco (< 0,2 mm precipitação nos dias correspondentes e anteriores) e chuvoso (> 2 mm/dia) aumentou com a elevação da temperatura (média, máxima e mínima), horas de sol e radiação global e diminuição da umidade relativa, com declives e coeficientes de determinação geralmente maiores para dias úmidos. O vento reduziu a IAD em dias

úmidos, mas não teve efeito nos dias secos. A IAD foi reduzida em até 4,4 L dia⁻¹ em dias úmidos em comparação com dias secos, mas a IAD não se correlacionou com a quantidade de chuva. Com o aumento da ADP, a IAD diminuiu em até 10 L dia⁻¹ em dias seco e molhado. Esses resultados são todos consistentes com os efeitos do estado da água (teor de matéria seca) sobre o pasto (vegetação) e umidade da superfície do dossel, os efeitos sobre a ingestão de água relacionada ao pastoreio, e o balanceamento de mudanças de IAD (SUN *et al.*, 2014).

Usando o observado, relações com fatores ambientais, Sun *et al.* (2014) derivaram um novo modelo para prever a IAD para qualquer condição de umidade do solo, tanto para dias úmidos $D_{wet} = 0.0013 \times T_{mean}^3 + 4.4 + (-0.22 \times h + 22.1 - 0.0013 \times T_{mean}^3 - 4.4) \times (Prel)^4$, quanto secos ($D_{seco} = 0.0011 \times T_{mean}^3 + 8.8 + (-0.22 \times h + 22.1 - 0.0011 \times T_{mean}^3 - 8.8) \times (Prel)^4$), o que incluiu temperatura ambiente e umidade relativa, o que explicou virtualmente toda variação da IAD que não foi causada pela dispersão aleatória entre animais individuais.

Lardner *et al.* (2013) preconizaram determinar o consumo de água medindo-se a profundidade da água em cada bebedouro individual utilizado em seu ensaio e calculando-se o volume de água pela profundidade de esvaziamento; para isso, calibraram uma régua medidora, obtendo-se a altura da lâmina de água consumida, calculavam o volume usando uma curva de volume pré-determinada, também registravam eventuais precipitações pluviométricas para correções futuras. Nesses casos, a contribuição da precipitação era adicionada à mudança de volume calculada para determinar o consumo de água; da mesma forma que mantinham um bebedouro sem acesso dos animais para estimarem as perdas líquidas por evaporação. Após a determinação diária do consumo, todos os bebedouros eram recarregados. Observações individuais da atividade de beber foram feitas em cada piquete utilizando-se câmeras filmadoras com sensores infravermelhos pelas 24h durante todo o período de coleta de dado. Os novilhos foram marcados individualmente usando dois sistemas diferentes: 1) marcas auriculares com números de identificação individuais e 2) números de identificação marcados na face e nas laterais dos animais, usando lápis de cor à prova

d'água. Isso feito, os autores identificaram o comportamento típico de beber dos animais “traçadores” devidamente identificados; desse modo, foi possível determinar o número de visitas e o tempo gasto bebendo em cada bebedouro (segundos dia⁻¹).

Para medir o consumo, Coimbra (2007) utilizou-se de hidrômetros com precisão de 0,01L. As perdas evaporativas foram determinadas como no trabalho anterior.

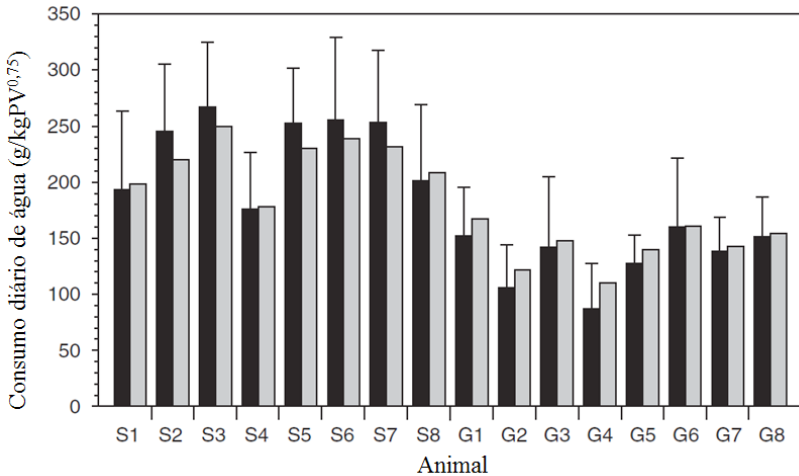
Variações dessas metodologias têm sido empregadas pela equipe Intergado, porém de forma mais automática. Os bovinos mantidos em centros de pesquisas, universidades ou em sistemas de produção, todos a pasto, recebem identificação por *chips* eletrônicos devidamente individualizados na escrituração zootécnica em computadores ligados às “nuvens” cibernéticas comerciais. Os bebedouros espalhados pelos distintos piquetes recebem um portão eletrônico capaz de realizar a detecção e “leitura” do *chip*, identificando o animal que se dessedenta; mas não apenas isso, à beira dos bebedouros e debaixo do portal eletrônico de detecção, são dispostas balanças (uma por piquete é suficiente, já que o acesso à água só é possível por esse lado) que registram, em tempo real, a presença de cada indivíduo no bebedouro, seu peso ao chegar e a oscilação do peso pós-ingestão de água, já que os equipamentos são calibrados para executarem ciclos muito curtos de alterações de pressão nas balanças. Assim, em curto intervalo, é possível obter de duas até cinco leituras de peso emitidas pelas balanças. Tal método ainda necessita de maiores ajustes, mas tem sido empregado por Universidades e Empresa de Pesquisas no Brasil (CAVALCANTI, 2018).

Tal procedimento pode ser mais amplamente empregado em pesquisas no futuro se acoplados a outros tipos de sensores como acelerômetros, microfones para sons de ingestão de água e MS, podômetros e outros, além de filmagens para calibração da exata quantidade de água ingerida a cada visita ao bebedouro em distintas condições de clima e/ou pastagens. O emprego do acelerômetro já tem sido validado na Austrália (ALVARENGA *et al.*, 2016).

Al-Ramamneh *et al.* (2010) testaram se a técnica de diluição de óxido de deutério prediz com precisão o consumo de água em ovinos

e caprinos (Gráfico 2). Os métodos de medição do consumo total de água (CTA) usando diluição de óxido de deutério (D_2O) e pesagem da água em bebedouros não diferiram significativamente em ambas as espécies ($P = 0,926$). Os autores afirmam que os resultados obtidos com a técnica de diluição isotópica são confiáveis para estimativas da ingestão de água em ovelhas e cabras. Essa técnica tem a vantagem de que o fluxo de água pode ser avaliado individualmente enquanto os animais são mantidos em rebanhos sob extensas condições de liberdade, como a em pastejo. Assim, o comportamento de beber será normal, sem o animal sofrer qualquer tipo de perturbação em seu hábito de ingestão de alimentos.

Gráfico 2 – Comparação entre medidas de ingestão diária de água (colunas pretas, determinadas com pesagens da água em bebedouros) e da ingestão diária de água (colunas cinzas, estimada por diluição de D_2O) em ovelhas (S) e cabras (G) individuais. Valores para ingestões são médias de seis medições diárias durante 2 semanas, e os valores para as ingestões estimadas são calculados individualmente ao longo de um período de 2 semanas



Fonte: Al-Ramamneh *et al.* (2010).

Determinação da água endógena produzida

Apesar da menor contribuição dessa fonte hídrica para o metabolismo dos ruminantes a pasto, como demonstrado nessa revisão, é possível realizar detecções bastante seguras utilizando-se de metodologias que empregam isótopos de hidrogênio (deutério, óxido de deutério e trítio) administrados intravenosamente ou via água de bebidas em bebedouros previamente tarados e abastecidos com águas contendo tais indicadores hídricos. Uma vez injetados, coletam-se os tecidos animais ou plasma sanguíneo e estima-se a concentração de gordura no corpo animal: $\% \text{ gordura} = 100 - (\% \text{ de água}/0,7332)$, como há uma relação músculo:osso:gordura que se mantém muito constante nas distintas fases de vida dos ruminantes, estima-se com acuidade a quantidade de água no organismo; se realizadas amostragens em vários momentos no dia, é possível verificar a taxa de diluição do isótopo no plasma, a qual, contrastada com as perdas urinárias e via suor, indicariam com grande precisão a retenção de água no organismo animal (SEARLE; HILMI, 1977).

Riis (1983) afirmou que a taxa de fluxo pode ser estimada diretamente em experimentos em que se procede à infusão de isótopos de forma contínua, desde que uma quantidade contínua e conhecida seja fornecida aos animais. Após o início da infusão, a concentração desses isótopos declina nesse *pool* sanguíneo, por exemplo, até que a taxa do isótopo recuperado seja igual à quantidade inicialmente infundida; daí a fórmula: $C \times f = i$, onde C = concentração do isótopo inicial, f = taxa de fluxo e i = taxa de infusão.

Quanto à estequiometria da água em relação à oxidação biológica de substratos nutritivos, Pond *et al.* (2005) relataram que 1 g de água é formado quando 1,4 g de proteína, 1,7 g de carboidrato ou 0,9 g de gordura são oxidados, fato que auxilia nos cálculos de retenção de água, uma vez conhecidas as participações desses nutrientes nas carcaças.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A etologia ingestiva de água por ruminantes mantidos em condições de pastejo é evento multivariado, dependendo mais intensamente da quantidade e qualidade da pastagem ingerida; do estágio fisiológico dos animais e de condições ambientais como temperatura e umidade do ar, radiação solar e velocidade dos ventos.

Aspectos reprodutivos devem ser estudados isoladamente, pois, via de regra, têm efeitos justapostos com as condições ambientais, notadamente quando animais são poliestrais estacionais devido ao fotoperíodo, ou quando as condições qualitativas das pastagens decorrem das estações do ano.

A conjugação de metodologias atuais, em especial, aquelas ligadas ao sensoriamento remoto das atividades biológicas dos ruminantes apresentam-se com grande potencial de uso na determinação de complexos modelos matemáticos capazes de explicarem e predizerem, de forma mais precisa, as necessidades de água pelos ruminantes em pastejo.

REFERÊNCIAS

ALAMER, M. Physiological responses of Saudi Arabia indigenous goats to water deprivation. *Small Ruminant Research*, v. 63, n. 1, p. 100-109, 2006.

AL-RAMAMNEH, D.; RIEK, A.; GERKEN, M. Deuterium oxide dilution accurately predicts water intake in sheep and goats. *Animal*, v. 4, p. 1606-1612, 2010.

ALVARENGA, F. P.; BORGES, I.; PALKOVIČ, L.; RODINA, J.; ODDY, V. H.; DOBOS, R. C. Using a three-axis accelerometer to identify and classify sheep behaviour at pasture. *Applied Animal Behaviour Science*, v. 183, p. 104-112, 2016.

ARIAS, R. A.; MADER, T. L. Environmental factors affecting daily water on cattle finished in feedlots. *Journal of Animal Science*, v. 89, p. 245-251, 2011.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. Official methods of analysis of the AOAC. 16. ed. Arlington: AOAC, 1998.

BOVAL, M.; DIXON, R. M. The importance of grasslands for animal production and other functions: a review on management and methodological progress in the tropics. *Animal*, v. 6, n. 5, p. 748-762, 2012.

BROWN, G. D.; LYNCH, J. Some aspects of the water balance of sheep at pasture when deprived of drinking water. *Australian Journal of Agricultural Research*, v. 23, n. 4, p. 669-684, 1972.

BURKHARDT, J.; FLECHARD, C. R.; GRESENS, F.; MATSSON, M.; JONGEJAN, P. A. C.; ERISMAN, J. W.; WEIDINGER, T.; MESZAROS, R.; NEMITZ, E.; SUTTON, M. A. Modelling the dynamic chemical interactions of atmospheric ammonia with leaf surface wetness in a managed grassland canopy. *Biogeosciences*, v. 6, n. 6, p.67-84, 2009.

CAREW, B. A. R.; MOSI, A. K.; MBA, A. U.; EGBUNIKE, G. N. The potential of browse plants in the nutrition of small ruminants in the humid forest and derived savanna zones of Nigeria. In: HOUEROU, H. N. (ed.). *Browse in Africa*. Ethiopia: International Livestock Center for Africa, 1980.

CAVALCANTI, L. F. L. *Potencial do emprego da pesagem monitorada eletrônica e diariamente para estimativa do consumo de água e matéria seca por bovinos em pastagens*. Disponível em: <http://www.intergado.com.br>. Acesso em: 13 out. 2018.

COIMBRA, P. A. D. *Aspectos extrínsecos do comportamento de bebida de bovinos em pastoreio*. 2007. 104 f. Dissertação (Mestre em Agroecossistemas) – Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

COMMONWEALTH SCIENTIFIC AND INDUSTRIAL RESEARCH ORGANISATION. CSIRO. *Nutrient requirements of domesticated ruminants*. Collingwood-Melbourne: CSIRO Publishing, 2007. 270 p.

GARY, L. A.; SHERRITT, G. W.; HALE, E. B. Behavior of charolais cattle on pasture. *Journal of Animal Science*, v. 30, n. 2, p. 303-306, 1970.

HADJIGEORGIOU, I.; DARDAMANI, K.; GOULAS, C.; ZERVAS, G. The effect of water availability on feed intake and digestion in sheep. *Small Ruminant Research*, v. 37, p. 147-150, 2000.

HICKS, R. B.; OWENS, F. N.; GILL, D. R.; MARTIN, J. J.; STRASIA, C. A. Water intake by feedlot steers. In: ANIMAL SCIENCE RESEARCH REPORT, Agricultural Experiment Station, Oklahoma, 1988. p. 208-212.

INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE. *Alimentación de los rumiantes*. Ed. Jarrige, R. Madrid: Mundial Prensa, 1988. 677 p.

JORDAN, W. R.; RITCHIE, J.T. Influence of soil water stress on evaporation, root absorption, and internal water status of cotton. *Plant Physiology*, v. 48, p. 783-788, 1971.

LARDNER, H. A.; BRAUL, L.; SCHWARTZKOPF-GENSWEIN, K.; SCHWEAN, K. Consumption and drinking behavior of beef cattle offered a choice of several water types. *Livestock science*, v. 157, p. 577-585, 2013.

LARVOR, P. The pools of cellular nutrient: Minerals. In: RIIS, P. M. *Dynamic Biochemistry of Animal Production*. NY: Elsevier, 1983. p. 281-295. (Word Animal Science, A3).

LUKE, G. J. *Resource management technical note60*. Department of Agriculture Western Australia, 1987. p. 1-26.

KILGOUR, R. In pursuit of “normal”: a review of the behavior of cattle at pasture. *Applied Animal Behavior Science*, v. 138, p. 1-11, 2012.

MACFARLANE, W. V.; MORRIS, R. J. H.; HOWARD, B.; MCDONALD, J. Water and electrolyte changes in tropical Merino sheep exposed to dehydration during summer. *Australian Journal of Agricultural Research*, v. 12, n. 5, p. 889-912, 1961.

MCGREGOR, B. A. Water quality and provision for goats. *Rural industries research and development corporation*. Australian Government, Victoria, 2004. 25 p.

MCGREGOR, B. A. Water intake of grazing Angora wether goats and Merino wether sheep. *Australian Journal of Experimental Agricultural*, v. 26, n. 6, p. 639-642, 1986.

MARKWICK, G. Water requirements for sheep and cattle. *Primefacts*, Department of Primary Industries of New South Wales, n. 326, p. 1-4, 2007.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. *Nutrient requirements of beef cattle*. 7th ed. Washington, DC: National Academy Press, 1996.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. *Nutrient requirements of beef cattle*. 7th ed. Washington, DC: National Academy Press, 2000.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. *Nutrient requirements of beef cattle*. National Academy Science, Engineering, and Medicine, 8th edition. Washington, 2016. 475 p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. *Nutrient requirements of small ruminants*. Washington: National Academic Press, 2006. 362 p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. *Nutrient requeriment in dairy cattle*. 7th revised editon. Washington: National Academy of Science, 2001.

OLSON, K.; CVEK, K.; SANDBERG, E. H. Preference for drinking warm water during heat stress affects milk production in food-deprived goats. *Small Ruminant Research*, v. 25, n. 1, p. 69-75, 1997.

PEDEN, D. *et al.* Water and livestock for human development. In: MOLDEN, D. *Water for food, water for life: a comprehensive assessment of water management in agriculture*. Oxford (UK): Oxford University Press, 2007.

PULINA, G.; BENCINI, R. *Dairy sheep nutrition*. Cambridge: CABI Publishing, 2004. 222 p.

POND, W. G.; CHURCH, D. C.; POND, K. R.; SCHOKNECHT, P. A. *Basic animal nutrition and feeding*. Danvers: Wiley, 2005. 580 p.

RICHARDS, K. Observation and simulation of dew in rural and urban environments. *Progress in Physical Geography*, v. 28, n. 1, p. 76-94, 2004.

RIIS, P. M. *Dynamic Biochemistry of Animal Production*. NY: Elsevier, 1983. 500 p. (Word Animal Science, A3).

SEARLE, T. W.; HILMI, M. *In vivo* prediction with tritiated water of chemical and dissectible components of the dresser carcass of sheep growing at different rates. *Australian Journal of Agricultural Research*, v. 28, n. 3, p. 963-970, 1977.

SILVA, J. F. C.; LEÃO, M. I. *Fundamentos de nutrição dos ruminantes*. Piracicaba: Livrocetes, 1979. 380 p.

SUN, L. Z.; AUERSWALD, K.; WENZEL, R.; SCHNYDER, H. Drinking water intake of grazing steers: the role of environmental factors controlling canopy wetness. *American Society of Animal Science*, v. 92, p. 282-291, 2014.

TEIXEIRA, D. L.; HOTZEL, M. J.; MACHADO FILHO, L. C. P. Designing better water troughs: 2. surface area and height, but not depth, influence dairy cows preference. *Applied Animal Behaviour Science*, v. 96, v. 1-2, p. 169-175, 2006.

WILSON, A. D. Water consumption and water turnover of sheep grazing semi-arid pasture communities in New South Wales. *Australian Journal of Agricultural Research*, v. 25, n. 2, p. 339-347, 1974.

WRIGHT, S. J.; ASHTON, B. L. The water consumption of sheep and beef cattle on Northern eyre Peninsula. *Agricultural Record*, v. 5, n. 1, p. 9-12, 1978.

ESTABILIDADE ANAERÓBIA DE LONGO PRAZO EM SILAGENS

Aníbal Coutinho do Rêgo¹
Rosana Ingrid Ribeiro dos Santos²
Rita de Cássia Almeida de Mendonça²
Amanda Caroliny Marques de Queiroz²
Thiago Carvalho da Silva³

RESUMO

Em regiões semiáridas, é comum a manutenção de silos vedados por mais de um ano. Isso decorre da necessidade de utilização do alimento volumoso para os anos em que há déficit prolongado na produção de forragem. Tais reservas são oriundas do armazenamento de excedentes produzidos em anos com condições climáticas favoráveis. Nesse caso, silos mantidos fechados por muito tempo podem passar por modificações favoráveis, ou não, na fase estável do processo de ensilagem. Tais modificações dependerão de diversos fatores relacionados ao manejo, como a vedação, utilização de aditivos, isolamento da área do silo, entre outros. Na literatura, pouco se tem discutido quanto a métodos para mensurações das mudanças que venham a ocorrer na fase anaeróbia estável de silos, sendo que a maioria dos trabalhos nessa linha envol-

¹ Professor do Instituto da Saúde e Produção Animal, Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, Pará (anibalcr@gmail.com).

² Discente do Programa de Pós-graduação em Saúde e Produção Animal na Amazônia, UFRA, Belém, Pará.

³ Professor do Instituto da Saúde e Produção Animal, Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, Pará (timaio22@hotmail.com).

vem avaliações restritas apenas ao primeiro ano de armazenamento. Dessa forma, essa revisão abordará os principais aspectos relacionados às modificações que podem ocorrer na estabilidade anaeróbia de silagens armazenadas por longo prazo, bem como possíveis formas de mensurá-las. Silagens armazenadas por períodos longos, mais de um ano por exemplo, podem ter fase anaeróbia estável mais extensa, quando se considera como fator o tempo de estocagem. As principais modificações sujeitas a ocorrer na fase anaeróbia estável são mudanças na composição química e perdas de matéria seca. As perdas de matéria seca normalmente estão associadas à infiltração de oxigênio, decorrente do manejo inadequado durante a compactação da forragem, mas principalmente do mau uso de filmes na vedação. A utilização de barreiras de oxigênio na vedação dos silos e a aplicação de aditivos em regiões próximas à superfície podem ser uma alternativa para mitigar tais perdas. Do ponto de vista metodológico, ensaios para expressar o balanço de perdas e as mensurações do avanço das infiltrações nos silos ao longo do tempo podem ser interessantes.

Palavras-chave: Aditivos. Composição química. Infiltração de oxigênio. Reserva de forragem.

INTRODUÇÃO

O uso de estratégias de conservação de forragens em regiões semiáridas é de fundamental importância para garantir a sustentabilidade da produção animal ao longo dos anos. Nessas condições, o planejamento relacionado ao suprimento de forragem para anos subsequentes, ou seja, acima das demandas anuais dos rebanhos, é indispensável. A ensilagem é uma alternativa a isso e surge como processo que possibilita a preservação da massa de forrageiras *in natura* por meio de processos fermentativos naturais em condições anaeróbias por longo prazo. Na prática, a anaerobiose pode ser obtida por vários métodos. A via mais eficiente é o armazenamento do material em ambiente fechado sob compactação, e nessas condições o oxigênio residual contido entre

os poros da forragem é rapidamente removido por enzimas presentes nas plantas envolvidas na respiração, além da ação de microrganismos.

O processo de ensilagem pode ser dividido em algumas fases: aeróbia, que ocorre da colheita à vedação do silo; fermentativa, após a vedação; fase estável e fase aeróbia durante o desabastecimento (WILKINSON; DAVIES, 2013). Tais fases podem variar quanto à duração em tempo, e este dependerá sobretudo de aspectos relacionados ao manejo na ensilagem, como espécie forrageira utilizada, teor de matéria seca na colheita, tempo de colheita, tamanho de partícula da forragem, eficiência de compactação, sistema de vedação, uso de aditivos, duração de armazenamento da massa, avanço no desabastecimento do silo, entre outros.

Em silagens armazenadas por longos períodos, mais de um ano, por exemplo, as fases fermentativa (WINDLE; WALKER; KUNG JUNIOR, 2014) e anaeróbia estável podem ser mais extensas, quando se considera como fator de estudo o tempo de estocagem. Em ambas as fases, silagens armazenadas por longos períodos podem passar por modificações do ponto de vista fermentativo, químico e de perdas de matéria seca. Especificamente, a duração da fase estável é dependente do tempo de início da utilização do alimento, e a estabilidade estará sempre associada à capacidade de redução dos efeitos da infiltração de oxigênio no silo. Dessa forma, a presente revisão abordará os principais fatores ligados a modificações na estabilidade anaeróbia de longo prazo em silagens, bem como as principais metodologias que possam ser aplicadas para expressar tais mudanças.

DEMANDAS POR ESTOCAGEM DE SILAGENS DE LONGO PRAZO EM REGIÕES SEMIÁRIDAS

As regiões semiáridas são caracterizadas normalmente pela alta evapotranspiração anual contrastadas às precipitações medianas destas (CRESWELL; MARTIN, 1998). Isso decorre do clima caracterizado por período chuvoso com baixo volume e irregularidade na distribuição pluviométrica. Dessa forma, ciclos anuais de seca provocam, em alguns

anos, limitações na produção de forragem durante o período chuvoso. Portanto, fatores climáticos têm influência direta nas perspectivas de produção anual de forragens ao longo dos anos. Assim, a orçamentação forrageira destinada à produção de um estoque forrageiro é fundamental para garantir o fornecimento de alimento aos animais em anos de maior adversidade.

Diante desse cenário, Silva *et al.* (2013) têm proposto a utilização de modelos estocásticos para possibilitar o estabelecimento de método de gestão da oferta de alimentos volumosos no semiárido brasileiro e garantir, dessa forma, a oferta desses alimentos aos rebanhos ao longo do tempo. Os autores sugerem a necessidade premente da utilização de volumosos conservados para os anos em que há déficit, mantendo assim uma regularização na oferta. Para isso, essa reserva seria oriunda do armazenamento dos excedentes de produção anual de massa seca de forragem observados nos anos de maior produção. Entre os métodos de conservação de forragem, Silva *et al.* (2013) têm sugerido a utilização da ensilagem como recurso de reserva de alimento armazenado em simulações de gestão de oferta de forragem.

Com essa técnica, grandes quantidades de forragem podem ser rapidamente conservadas, e os processos de colheita e armazenamento são menos dependentes do clima (GRANT; ADESOGAN, 2018). Além disso, uma diversidade de culturas pode ser ensilada, entre elas milho, sorgo, cana-de-açúcar, capins tropicais, leguminosas, forrageiras nativas etc. Com base nos princípios e modelos supracitados, é muito importante explorar o potencial das culturas forrageiras e das áreas cultivadas em regiões semiáridas, buscando obter a máxima produtividade. Por isso, é interessante utilizar culturas adaptadas às condições edafoclimáticas e seguir as recomendações de manejo para a produção de silagem, com o objetivo de maximizar a produção de forragem nos anos de maior precipitação pluviométrica.

Nesse contexto, tornam-se necessárias a confecção e a manutenção de silos fechados por mais de um ano, uma vez que se faz necessária a estocagem de forragem para anos posteriores. Para que isso ocorra, é preferível que seja confeccionado pelo menos um silo como reser-

va aos anos de baixa oferta e alta demanda de forragem. Portanto, no dimensionamento de silos, recomenda-se a construção de maior número de silos em detrimento de silos com grande capacidade de armazenamento, uma vez que o fornecimento de alimento aos rebanhos pode ser cessado durante o período de uso, mantendo de forma intacta a vedação dos demais silos.

Considerando os modelos para gestão de alimento aos rebanhos, Silva *et al.* (2013) sugerem como estimativa de perdas anuais de parte da massa de forragem armazenada, 20% ao longo do processo de ensilagem. Contudo, tal recomendação deve sempre ser avaliada com cautela uma vez que as perdas são extremamente variáveis, e essas podem depender das condições de campo, pré-ensilagem, respiração, temperatura na ensilagem, padrões de fermentação, métodos de vedação, proteção de filmes plásticos e manejo no desabastecimento dos silos (BORREANI *et al.*, 2018). Assim, a adoção de manejo na ensilagem com o objetivo de reduzir perdas de matéria seca é dependente dos conhecimentos que envolvam o processo fermentativo que ocorre no silo.

MODIFICAÇÕES NA FERMENTAÇÃO E NA COMPOSIÇÃO QUÍMICA COM O TEMPO DE ENSILAGEM

O uso de silagens estocadas por mais de um ano pode levar a modificações no processo fermentativo e na composição química das silagens. Além disso, perdas de matéria seca podem ocorrer se técnicas de manejo corretas não forem adotadas durante a ensilagem. No silo, as perdas de silagem relacionadas ao armazenamento por longo prazo são causadas principalmente por fermentações secundárias, produção de efluentes e infiltração de ar no silo. Essas perdas podem ocorrer no abastecimento, durante o armazenamento, no desabastecimento e no cocho durante a alimentação e são resultantes das modificações no processo fermentativo.

No processo de confecção da silagem, as etapas de abastecimento, compactação e vedação do silo culminam na extinção do O₂ presente na massa por meio da redução dos espaços entre poros, respiração

do tecido vegetal ou pelo uso por microrganismos aeróbios ou anaeróbios facultativos. A fase seguinte, fermentativa, persiste de forma mais intensa no primeiro mês após a vedação, a depender da ensilabilidade da cultura e das condições de ensilagem. De maneira geral, a fase fermentativa é caracterizada pelo consumo de carboidratos solúveis em água (CSA) por bactérias ácido lácticas (BAL) que acidificam a massa reduzindo os valores de pH para próximo a 4,0. Durante esse processo, BAL competem por substratos (CSA) com microrganismos indesejáveis, como enterobactérias, clostrídeos, alguns bacilos e leveduras. Com a extinção do O₂ e a acidificação do meio, a população de BAL é diminuída, assim como a intensidade da fermentação (PALHOW *et al.*, 2003).

Ressalta-se que o decréscimo no pH da silagem é geralmente mais rápido em plantas inteiras de milho do que em silagens de leguminosas, pois esta última tem maior capacidade de tampão (KUNG JUNIOR *et al.*, 2018). Todavia, alterações ainda podem ocorrer ao longo do período de armazenamento, e o gradiente dessas modificações depende do tempo de estocagem da silagem. Como exemplo de alterações, podem-se citar mudanças na concentração de ácidos orgânicos, álcoois, hidrólise de compostos, atividade microbiana, digestibilidade, entre outros fatores.

Quando os CSA são consumidos na quase totalidade e o pH encontra-se baixo devido à produção principalmente de ácido láctico, a atividade das BAL homofermentativas cessa, e a silagem é considerada estável. Entretanto, pesquisas atuais relatam que a fermentação não para por completo, pois BAL heterofermentativas provenientes de inoculantes ou da população epifítica da planta são capazes de metabolizar o ácido láctico produzindo ácido acético e 1,2 propanediol após aproximadamente 50 dias de armazenamento em silagens avaliadas por longos períodos (365 dias), evidenciando a continuidade da fermentação, mesmo que de forma menos intensa (KLEINSHMIT; KUNG JUNIOR, 2006; DER BEDROSIAN; NESTOR; KUNG JUNIOR, 2012).

Ainda sobre as modificações na concentração de ácidos orgânicos, existem relatos na literatura do aumento gradual nas concentrações

de ácido lático e acético com o prolongamento do armazenamento de silagens de milho e consequente declínio no pH (DER BEDROSIAN; NESTOR; KUNG JUNIOR, 2012; WINDLE; WALKER; KUNG JUNIOR, 2014). Em silagens de capins tropicais, Li e Nishino (2013) também observaram aumento nos teores de ácido acético com o tempo de armazenamento da silagem de capim Tanzânia. Além disso, durante o período de armazenamento, leveduras podem fermentar o excesso de açúcares a etanol (LINDGREN; AXELSSON; MCFEETERS, 1990; ROOKE; HATFIELD, 2003). Por outro lado, se a quantidade de ácido produzido exceder a que poderia ter sido produzida a partir da fermentação apenas de CSA, outras substâncias também podem atuar como substrato. Embora seja compreendido que proteínas, aminoácidos e ácidos orgânicos ainda possam cumprir essa função, a literatura sugere que os carboidratos estruturais sejam as principais fontes de substrato extra (MCDONALD; HENDERSON; HERON, 1991).

Há evidências da hidrólise (MORRISON, 1979) de proteínas ligadas ao amido e hemicelulose por enzimas da planta, fornecendo hexoses e pentoses na fermentação. Diante disso, a medida dos carboidratos solúveis pode vir a subestimar o substrato disponível a fermentação láctica (JOBIM; NUSSIO, 2013). Medidas exatas de perdas de CSA decorrentes da atividade enzimática da planta são difíceis de determinar, pois os açúcares perdidos pela respiração podem ser parcialmente substituídos por açúcares liberados pela hidrólise de carboidratos estruturais de plantas, como celulose, hemiceluloses e pectinas. É importante frisar que carboidratos estruturais podem representar uma fonte potencial de substrato, mas muito menos acessível do que carboidratos solúveis (ROOKE; HATFIELD, 2003).

Dessa forma, durante um longo período de estocagem, a hidrólise ácida direta dos polissacarídeos da parede celular pode contribuir para o aumento em CSA. McDonald, Henderson e Heron (1991) observaram que até metade do conteúdo original de hemicelulose poderia ser degradado. Segundo esse mesmo autor, na prática, existem três situações de possíveis fontes de degradação da hemicelulose:

- i) hemicelulases presentes na forragem *in natura*;
- ii) hemicelulases bacterianas;
- iii) hidrólise por ácidos orgânicos produzidos durante a fermentação.

Vale ressaltar que somente algumas enzimas tolerantes à acidez continuam em atividade, tornando lenta a hidrólise ácida dos carboidratos estruturais. À vista disso, tais porções podem ser uma importante fonte de CSA para algumas espécies de leveduras tolerantes ao meio ácido que se mantêm quase inativas durante a fase de armazenagem da silagem (JOBIM; NUSSIO, 2013). As reações de hidrólise ácida da hemicelulose podem resultar em pequeno decréscimo no teor de fibra em detergente neutro (FDN) da silagem, o qual não apresenta magnitude elevada, de acordo com a literatura. Além disso, Der Bedrosian, Nestor e Kung Junior (2012) não observaram aumento na digestibilidade da FDN em silagens de milho armazenadas por até 365 dias.

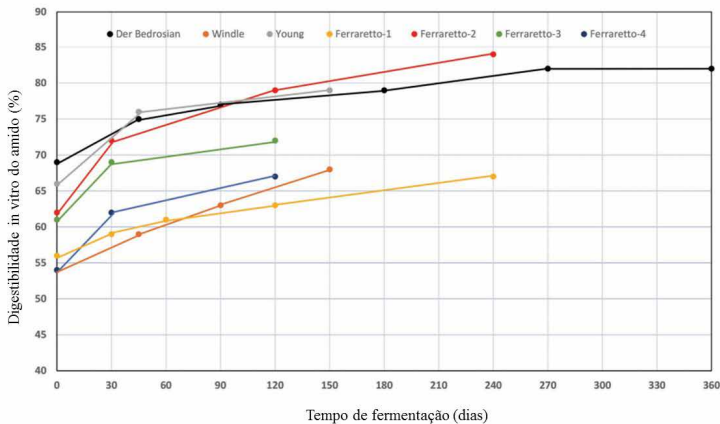
De forma geral, as modificações na composição química da silagem resultam principalmente na diminuição dos carboidratos não fibrosos, uma vez que a maior parte dos substratos utilizados pelos microrganismos (CSA e ácidos orgânicos) estão nessa fração. Além disso, observa-se uma modificação nas frações da proteína devido à ação proteolítica dos microrganismos, aumentando a concentração de proteína solúvel e nitrogênio amoniacal (aumentando a proporção de nitrogênio não proteico). Sobre a avaliação da proteólise é importante refletir que a maior parte dos trabalhos de pesquisa realizados no Brasil avaliam apenas a concentração de nitrogênio amoniacal (SANTOS *et al.*, 2011), sendo poucos os que realizam o fracionamento da proteína, considerando a fração solúvel.

Pesquisas recentes têm demonstrado um efeito expressivo do tempo de fermentação em silagens de milho e de grãos úmidos ou reidratados. Em revisão recente, Kung Junior *et al.* (2018) sumarizaram dados de digestibilidade *in vitro* do amido (DIVA)

e observaram aumento deles em função do tempo de fermentação (Gráfico 1). Embora tenha sido observada alguma variação na resposta ao longo dos ensaios, geralmente há aumento em 5 a 10 pontos percentuais na DIVA nos primeiros 45 dias de ensilagem, seguido por uma magnitude similar de aumento entre 45 e 120 dias de ensilagem. Os autores ainda sugerem que o máximo de DIVA pode ainda não ser alcançado até 9 meses de armazenamento.

Os mecanismos de solubilização e proteólise são apontados como responsáveis pelo rompimento da zeína ligada aos grânulos de amido, ocorrendo em condições ácidas. Isso sugere que alterações contínuas no perfil de fermentação à medida que o tempo de armazenamento progride podem afetar diretamente a DIVA como relatado anteriormente.

Gráfico 1 – Efeito dos dias de ensilagem na digestibilidade *in vitro* do amido (DIVA). Dados de Der Bedrosian, Nestor e Kung Junior (2012), Windle, Walker e Kung Junior (2014), Young *et al.* (2012), Ferraretto, Crump e Shaver (2015a), Ferraretto *et al.* (2015b) e Ferraretto *et al.* (2016)



Fonte: Kung Junior *et al.* (2018).

Todas as modificações na composição química das silagens são de grande importância no momento da formulação das dietas. Por isso, o monitoramento dos parâmetros supracitados ao longo do tempo é primordial para uma formulação adequada visando a atender as exigências dos animais. Pelos resultados apresentados, uma silagem com 60 dias terá a composição química diferente de uma silagem com dois anos de armazenamento, ressaltando a importância das avaliações relacionadas ao valor nutritivo da silagem.

Considerando as modificações que podem ocorrer durante a fase estável em silos fechados, vale destacar que dificilmente um silo é totalmente isento de infiltrações. Portanto, o metabolismo aeróbico ocorrerá em locais de ingresso de O₂, permitindo que microrganismos atuem e sobrevivam (ROOKE; HATFIELD, 2003), provocando outros tipos de modificações.

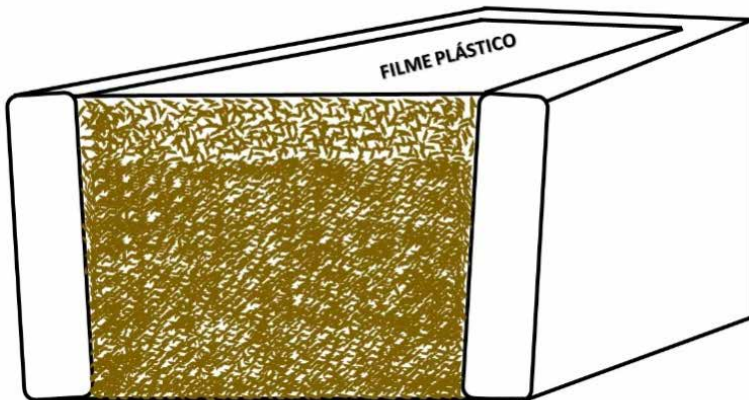
INFILTRAÇÃO DO AR APÓS A VEDAÇÃO

Especificamente em silagens mantidas estocadas por longos prazos, as perdas de matéria seca após os 30 primeiros dias de fermentação estão associadas normalmente às infiltrações de oxigênio na fase dita como estável. Essas possíveis infiltrações muitas vezes são decorrentes de manejos deficitários na compactação da massa e na vedação, no que diz respeito ao posicionamento, qualidade e falta de proteção dos filmes plásticos (lonas).

A compactação realizada nos silos, diretamente relacionada com a densidade da massa (expressa em kg m⁻³), é determinante na qualidade final da silagem. A densidade associada ao teor de MS da forragem determina a porosidade do alimento no silo, que condiciona a taxa de movimentação do ar e, conseqüentemente, o potencial de deterioração durante o armazenamento da silagem (HOLMES, 2009). Na massa de forragem compactada, os poros podem ser preenchidos com gases e/ou porção líquida. Assim, para que os gases se movam livremente nesse ambiente, é necessário que os poros sejam contínuos (BERNARDES; WEINBERG, 2013).

Camadas no topo de silos trincheira possuem maior porosidade devido à menor densidade atingida nessa porção, principalmente porque não existe a ação do peso de camadas superiores sobre esta (Figura 1). Além disso, a proximidade de lonas parcialmente permeáveis ao O₂ cria normalmente um microambiente que favorece a deterioração da massa. Dessa forma, as perdas no topo, assim como as próximas às paredes, são maiores do que a da massa localizada no centro (LIMA *et al.*, 2017). Na zona central do painel, são registradas perdas de MS entre 3 e 10%, quando comparadas ao topo, onde valores podem alcançar de 25 a 70% (ASHBELL; KASHANCHI, 1987), o que obriga o descarte dessa porção (BERNARDES; WEINBERG, 2013).

Figura 1 – Representação da baixa porosidade nas camadas superficiais de silos do tipo trincheira



Fonte: elaborada pelo autor.

No Brasil, os principais silos utilizados no armazenamento de silagens são do tipo superfície e trincheira (BERNARDES; RÊGO, 2014). Densidades elevadas em silos do tipo superfície são difíceis de serem atingidas, pois a ausência de paredes dificulta a compactação (WEINBERG; ASHBELL, 2003). Portanto, recomenda-se que, no

armazenamento de silagens por longo prazo, utilizem-se silos do tipo trincheira, para que densidades maiores sejam atingidas e consequentemente perdas por infiltração de oxigênio ao longo do tempo sejam reduzidas.

As perdas por respiração na estocagem e pela ação de microrganismos aeróbios são influenciadas principalmente pela permeabilidade do ar ao sistema de vedação, a densidade ou porosidade da forragem, o teor de umidade e o coeficiente de difusão do O_2 . Essas perdas típicas de MS variam entre 0,5 e 1,5% mês⁻¹ de armazenamento (SAVOIE; JOFRIET, 2003).

Com relação à vedação, o principal objetivo é prevenir o reingresso e circulação de ar durante a fase de armazenamento. Nos silos, o CO_2 formado inicialmente escapa lentamente do fundo do silo e se difunde em direção à lona. Ao mesmo tempo, o O_2 se difunde e é continuamente utilizado (SAVOIE; JOFRIET, 2003). Quando o oxigênio está em contato com a forragem ou a silagem durante qualquer período, ocorre a atividade de microrganismos aeróbios resultando em deterioração. A penetração de ar na massa ensilada inicia o processo de oxidação de açúcares, convertendo-os a água e CO_2 (SAVOIE; JOFRIET, 2003). Consequentemente a quantidade de ar que penetra na silagem durante o período de armazenamento no silo pode ter uma influência marcante na composição do produto final e nas perdas de nutrientes.

Na maioria dos silos, se a vedação for feita adequadamente, as perdas mensais tornam-se pequenas em silos mantidos vedados por poucos meses. Entretanto em condições de campo, essas vedações são geralmente imperfeitas: os silos trincheira podem ter pequenos vazamentos, ou as lonas podem ter ondulações por ação do vento se não estiverem bem presas, permitindo assim a penetração de ar. Em estudo com silagem de milho, Ashbell e Weinberg (1992) indicaram que a camada superior a 30 cm do silo próxima à lona tinha entre 12 e 78% de perda de MS em um período de 8 meses, a depender do sistema de vedação. Perdas totais de MS serão menores nas camadas inferiores, pois estas estão menos expostas à infiltração do ar (SAVOIE; JOFRIET, 2003). A perda de MS geralmente diminui à medida que a altura do silo aumenta

(até certo ponto), pois reduz o efeito da infiltração perante a massa ensilada. Entretanto, é importante não deixar de mencionar que silos altos podem ter perdas maiores no desabastecimento, pois normalmente a altura aumenta a área de superfície de contato do painel com o oxigênio, bem como reduz o avanço diário no desabastecimento.

Além das perdas de MS já mencionadas, caso não sejam tomadas precauções para evitar a infiltração de ar após uma vedação eficaz, a temperatura no silo pode subir para níveis que podem provocar mudanças químicas extensivas nas proteínas. Ligações novas entre e dentro das cadeias peptídicas podem ser formadas. Algumas dessas ligações resistem à hidrólise por proteases do trato digestivo do animal e impedem o acesso a ligações peptídicas adjacentes (MCDONALD; HENDERSON; HERON, 1991). A susceptibilidade das proteínas ao dano pelo calor é aumentada na presença de vários hidratos de carbono, devido à ocorrência da reação de Maillard que resulta no escurecimento não enzimático dos alimentos durante o aquecimento e armazenamento prolongado. A temperatura tem um efeito importante na taxa de reação, sendo muito mais rápida a 70°C do que a 10°C (MCDONALD; HENDERSON; HERON, 1991). O primeiro passo na reação envolve uma condensação entre o grupo carbonila de um açúcar redutor com um grupo amino livre de um aminoácido ou proteína (MCDONALD; HENDERSON; HERON, 1991).

Diante disso, é fundamental que se direcionem ações para evitar ao máximo a deterioração ocasionada por infiltração no silo, principalmente no topo. Como estratégia, sugere-se o uso de filmes plásticos com barreira de oxigênio, proteção física das lonas (cobertura vegetal, areia, pneus), além do uso de aditivos aplicados nas camadas do topo e na lateral do silo.

USO E PROTEÇÃO DE FILMES PLÁSTICOS

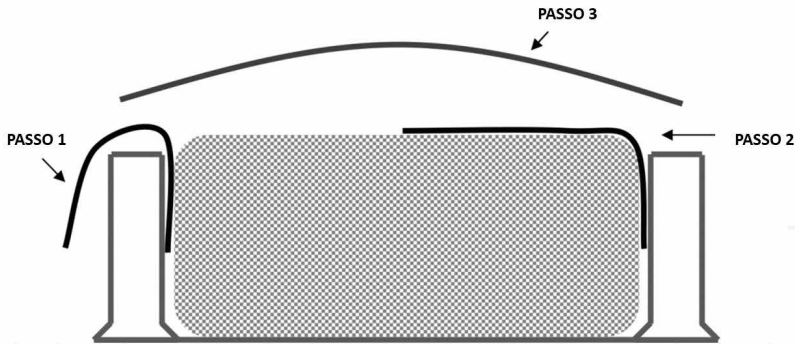
Um filme plástico utilizado na vedação de silos fundamentalmente tem que cumprir algumas funções essenciais. O filme deve evitar a precipitação e danos causados por chuva; deve ser resistente ao manu-

seio, ventos e a radiação UV para permanecer intacto principalmente após a exposição prolongada à luz solar e, finalmente, deve ter baixa permeabilidade ao O₂, além de assegurar condições anaeróbicas durante a ensilagem (BERNARDES *et al.*, 2018; BORREANI *et al.*, 2018). Tais características favorecerão a estabilidade anaeróbia de silagens armazenadas por longo prazo.

Basicamente duas são as características variáveis nos tipos de filmes plásticos disponíveis no mercado nacional. A espessura do filme, que está relacionada principalmente com a resistência do material a danos físicos, e o tipo de material utilizado na produção do filme, que define a permeabilidade deste ao O₂.

Como as principais áreas que sofrem influência do ar estão localizadas no topo e em contato direto com as paredes de silos trincheira, estudos recentes sugerem o uso de filme de barreira de oxigênio posicionados nessas regiões para reduzir perdas (BORREANI; TABACCO, 2014; LIMA *et al.*, 2017). Com o filme de barreira ao oxigênio protegendo a parede do silo e o topo, a silagem próxima à parede do silo trincheira tem uma qualidade semelhante à da porção central e superior (LIMA *et al.*, 2017). Dessa forma, proteger as paredes de silos trincheira com filmes plásticos (Figura 2) antes do enchimento é uma prática para garantir melhor expulsão do oxigênio na ensilagem e no armazenamento, reduzindo perdas (BERNARDES, 2016). O mercado nacional ainda é dominado por filmes plásticos convencionais de polietileno do tipo dupla-face, entretanto, nos últimos cinco anos, o uso de filmes com barreira de oxigênio tem aumentado vertiginosamente, principalmente nas regiões Sul e Sudeste do país.

Figura 2 – Diagrama de vedação do silo trincheira. Passo 1 = Antes do enchimento do silo, coloque o filme plástico ao longo do comprimento do silo de modo que 2 m fiquem sobrando sobre as paredes laterais; Passo 2 = Os 2 m de plástico que sobraram devem envelopar a forragem ao final do enchimento do silo; Passo 3 = Cubra o silo trincheira com um novo filme plástico



Fonte: Bernardes (2016).

Uma prática comum em silos do tipo trincheira e superfície em fazendas é a proteção dos filmes após a vedação dos silos. Essa prática pode ajudar na proteção dos filmes plásticos contra a radiação solar, principalmente em ambientes de clima quente, como em regiões semi-áridas. Além disso, essa estratégia protege contra ação de ventos e injúrias causadas por pequenos animais. O peso sobre o filme consolida-o sobre a massa, evitando o aparecimento de bolsões de ar durante o período de armazenamento, principalmente no desabastecimento da massa. Em situações de consolidação inadequadas, o ar penetrará na massa em níveis variados, e a intensidade de dano dependerá da densidade e do teor de matéria seca da forragem (MCDONALD; HENDERSON; HERON,1991).

Assim, cobrir o filme plástico possibilita diminuição nas perdas e preserva melhor a qualidade nutricional da silagem, uma vez que a cobertura é mais efetiva no controle do aquecimento da silagem e retar-

da o início da deterioração aeróbica no topo (AMARAL *et al.*, 2010). É comum o uso de materiais de baixo custo e disponibilidade, terra, pneus e palhas. Não obstante a eficácia na proteção do filme plástico, essa pode ser muito trabalhosa, dado o tamanho dos silos e o tipo de material usado. Segundo Bernardes (2016), a maioria dos produtores reluta muito em cobrir os silos horizontais com terra, particularmente se o silo for grande, pois eles não acreditam que o trabalho e os custos envolvidos na cobertura com a terra sejam razoáveis e econômicos. Além disso, a terra usada como cobertura pode contaminar a silagem durante o descarregamento se cuidados não forem tomados. Entretanto, quando se pensa em longos períodos de armazenamento, a cobertura pode ser benéfica devido à proteção. Por isso, devem-se preferir lonas de maior espessura (maior resistência) juntamente com a barreira de oxigênio, a depender da disponibilidade de capital para o investimento.

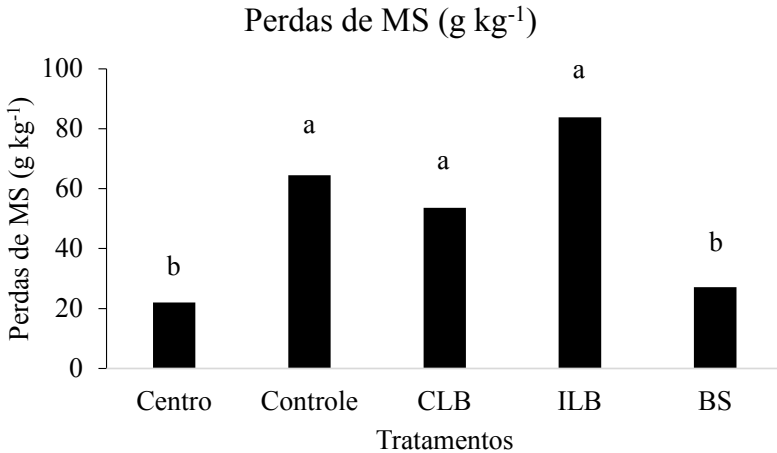
USO DE ADITIVOS COM APLICAÇÃO DIRECIONADA AO TOPO DO SILO

A aplicação de aditivos direcionada em regiões dos silos mais susceptíveis às perdas pode ser uma alternativa interessante, principalmente em regiões de temperatura elevada (BERNARDES, 2016), como as semiáridas. Devido às temperaturas médias anuais nessas regiões estarem normalmente acima de 25 °C, as culturas ensiladas são ainda mais propensas à deterioração, uma vez que microrganismos deterioradores, principalmente leveduras, são mais ativos em temperaturas entre 20-30 °C (BORREANI *et al.*, 2018).

Silagens armazenadas por longos períodos são afetadas por perdas na fase estável no topo do silo. Dessa forma, algumas pesquisas foram direcionadas para o uso de aditivos aplicados especificamente nesses pontos. Silva *et al.* (2014) avaliaram a aplicação de aditivos (benzoato de sódio e *Lactobacillus buchneri*) diretamente no topo da silagem e concluíram que o benzoato de sódio aplicado a uma taxa de 2 g kg⁻¹ foi o aditivo mais adequado para melhorar a fermentação, reduzir a deterioração aeróbia e preservar os nutrientes da silagem de milho no topo

dos silos trincheira (Gráfico 2). Além disso, os resultados observados no estudo apontaram que a digestibilidade *in vitro* da MS da silagem na zona central do silo e no tratado com benzoato de sódio foram acima de 640 g kg⁻¹, enquanto que as silagens não tratadas e tratadas com duas cepas de *L. buchneri* apresentaram valores próximos a 600 g kg⁻¹.

Gráfico 2 – Efeitos dos aditivos nas perdas de matéria seca em diferentes zonas do silo trincheira com silagem de milho. Centro (silagem do centro do silo), controle (silagem sem inoculante), CLB (silagem inoculada com cepa comercial de *Lactobacillus buchneri*), ILB (silagem tratada com cepa original de *Lactobacillus buchneri*), BS (silagem tratada com benzoato de sódio (2 g kg⁻¹))



Fonte: Silva *et al.* (2014).

Cabe ressaltar que o trabalho supracitado teve como período máximo de armazenamento 4 meses, tornando desconhecido o efeito do aditivo a longo prazo. De fato, deverá contribuir para o aumento da estabilidade anaeróbia da silagem, mas, até o momento, tais informações são desconhecidas pela comunidade científica.

MÉTODOS UTILIZADOS PARA MENSURAÇÃO DE ESTABILIDADE ANAERÓBIA DE SILAGENS DE LONGO PRAZO

Na avaliação de silagens, as principais variáveis a serem avaliadas estão relacionadas à mensuração de perdas de matéria seca e nutrientes, compostos voláteis (ácidos orgânicos, álcoois e ésteres); composição microbiológica (quantificação de leveduras, fungos filamentosos, bactérias ácido lácticas, enterobactérias, entre outras quando se fizer necessário); pH; composição química; digestibilidade *in vitro* da MS (DIVMS) e nutrientes; estabilidade aeróbia (medições de temperatura); e variáveis relacionadas ao animal (consumo, preferência, digestibilidade, metabolismo e desempenho).

Para retratar mudanças na estabilidade anaeróbia de silagens, avaliações comparativas ao longo do tempo, como as descritas por Udén (2017), são necessárias, principalmente contrastando avaliações aos 30 dias, considerando esse tempo como o fim dos processos mais intensos de fermentação, a tempos maiores de armazenamento. Na literatura, a maioria dos trabalhos que avaliam tempo de armazenamento limitam-se a avaliações de, no máximo, um ano, uma vez que, na pesquisa científica, há uma exigência por respostas imediatas. Ensaios para expressar o balanço de nutrientes e as mensurações do avanço das infiltrações nos silos ao longo do tempo, quer seja pelas paredes ou pelos filmes plásticos, são necessários.

Diante do que foi abordado no texto, do ponto de vista de valor nutritivo, modificações na DIVMS, DIVA, parede celular são interessantes. Tais avaliações podem ser realizadas em mini silos experimentais, mas existe a possibilidade de realização em silos em nível de fazenda por meio da alocação de sacos traçadores (LIMA *et al.*, 2017), os quais podem retratar, de forma mais acurada e precisa, mudanças nas características das silagens.

Ainda não existem inferências na literatura sobre quebra na estabilidade anaeróbia de silagens no armazenamento, apenas quando se abre o silo e se expõe a massa ao oxigênio. Entretanto, tal quebra em silos ainda vedados poderá ser reportada por meio da expressão da magnitude de perdas que aconteceram ao longo do tempo de armaze-

namento. Tais pesquisas poderão elucidar quanto tempo a silagem de determinada cultura poderá ficar armazenada e qual o grau de comprometimento considerando o valor nutritivo e as características fermentativas. Essas informações contribuirão, de forma significativa, para a conservação de forragens em regiões semiáridas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Seguindo as necessidades de atendimento de demandas por forragens conservadas por mais de um ano, o manejo da ensilagem é fundamental na redução de perdas durante o período de armazenamento dos silos, causadas principalmente por infiltrações de ar ao longo do tempo. Ainda durante esse período, modificações podem ser observadas principalmente no tocante à composição química e, em menor escala, no padrão de fermentação. Dessa forma, o uso de silos trincheira, compactação eficiente, filmes de barreira de oxigênio, vedação das paredes laterais, proteção física da lona e aplicação de aditivos nas regiões mais susceptíveis à infiltração pode reduzir perdas durante períodos longos de armazenamento. Do ponto de vista metodológico, ensaios para expressar o balanço de nutrientes e as mensurações do avanço das infiltrações nos silos ao longo do tempo podem fornecer informações importantes para a melhoria do processo de armazenamento de silagens a longo prazo.

Cabe ainda refletir sobre a denominação da fase anaeróbia estável, uma vez que a fermentação não cessa por completo, apenas diminui a intensidade enquanto outras pequenas fermentações poderão ocorrer em função das condições de armazenamento e do tempo de estocagem.

REFERÊNCIAS

AMARAL, R. C.; QUEIROZ, B. C.; GARCIA, E. H. C.; SÁ NETO, A.; BERNARDES, T. F.; NUSSIO, L. G. Aerobic deterioration in maize silages under different covering methods of the plastic film. *In*: SCHNYDER, H.; ISSELSTEIN, J.; TAUBE, F.; AUERSWALD, K.; SCHELLBERG,

J.; WACHENDORF, M.; HERRMANN, A.; GIERUS, M.; WRAGE, N.; HOPKINS, A. (ed.). *Proceedings of XXIII General Meeting of the European Grassland Federation*. Kiel, Germany, 2010. p. 83.

ASHBELL, G.; KASHANCHI, Y. In silo losses from wheat ensiled in bunker silos in a subtropical climate. *Journal of Science and Food Agriculture*, v. 40, n. 2, p. 95-103, 1987.

ASHBELL, G.; WEINBERG, Z. G. Top silage losses in horizontal silos. *Canadian Agricultural Engineering*, v. 34, n. 2, p. 171-175, 1992.

BERNARDES, T. F.; DANIEL, J. L. P.; ADESOGAN, A. T. *et al.* Silage review: Unique challenges of silages made in hot and cold regions. *Journal of Dairy Science*, v. 101, n. 5, p. 4001-4019, 2018.

BERNARDES, T. F. Advances in silage sealing. In: SILVA, T. da; SANTOS, E. M. (ed.). *Advances in silage production and utilization*. Rijeka, Croatia, 2016. v. 1, p. 53-62.

BERNARDES, T. F.; RÊGO, A. C. Study on the practices of silage production and utilization on Brazilian dairy farms. *Journal of Dairy Science*, v. 97, n. 3, p. 1852-1861, 2014.

BERNARDES, T. F.; WEINBERG, Z. Aspectos associados ao manejo da ensilagem. In: REIS, R. A.; BERNARDES, T. F.; SIQUEIRA, G. R. (ed.). *Forragicultura: ciência, tecnologia e gestão dos recursos forrageiros*. Jaboticabal: M. de L. Brandel-ME, 2013. v. 1, p. 671-680.

BORREANI, G.; TABACCO, E.; SCHMIDT, R.; HOLMES, B. J.; MUCK, R. E. Silage review: factors affecting dry matter and quality losses in silages. *Journal of Dairy Science*, v. 101, n. 5, p. 3952-3979, 2018.

BORREANI, G.; TABACCO, E. Improving corn silage quality in the top layer of farm bunker silos through the use of a next-generation barrier film with high impermeability to oxygen. *Journal of Dairy Science*, v. 97, n. 4, p. 2415-2426, 2014.

CRESWELL, R.; MARTIN, F. W. *Dryland farming: crops & techniques for arid regions*, 1998. ECHO Staff. Disponível em: <http://>

cropsfordrylands.com/wp-content/uploads/Dryland-Farming-Crops-Tech-for-Arid-Regions.pdf. Acesso em: 22 out. 2018.

DER BEDROSIAN, M. C.; NESTOR, K. E.; KUNG JUNIOR, L. The effects of hybrid, maturity, and length of storage on the composition and nutritive value of corn silage. *Journal of Dairy Science*, v. 95, n. 9, p. 5115-5126, 2012.

FERRARETTO, L. F.; FREDIN, S. M.; MUCK, R. E.; SHAVER, R. D. Case study: microbial inoculant and ensiling time effects on fermentation profile, nitrogen fractions, and ruminal in vitro and in situ starch digestibility in corn shreddlage and late-maturity corn silage. *The Professional Animal Science*, v. 32, n. 6, p. 861-868, 2016.

FERRARETTO, L. F.; CRUMP, P. M.; SHAVER, R. D. Effect of ensiling time and exogenous protease addition to whole-plant corn silage of varied hybrids, maturities and chop lengths on nitrogen fractions and ruminal in vitro starch digestibility. *Journal of Dairy Science*, v. 98, n. 12, p. 8869-8881, 2015a.

FERRARETTO, L. F.; SHAVER, R. D.; MASSIE, S.; SINGO, R.; TAYSOM, D. M.; BROUILLETTE, J. P. Effect of ensiling time and hybrid type on fermentation profile, nitrogen fractions and ruminal in vitro starch and NDF digestibility in whole-plant corn silage. *The Professional Animal Science*, v. 31, n. 2, p. 146-152, 2015b.

GRANT, R. J.; ADESOGAN, A. T. Journal of Dairy Science Silage Special Issue: introduction. *Journal of Dairy Science*, v. 101, n. 5, p. 3935-3936, 2018.

HOLMES, B. Software application for sizing silos to maximize silage quality. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM OF FORAGE QUALITY AND CONSERVATION, 2009, Piracicaba. Proceedings... Piracicaba: ESALQ, 2009. p. 189-208.

JOBIM, C. C.; NUSSIO, L. G. Princípios básicos da fermentação na ensilagem. In: REIS, R. A.; BERNARDES, T. F.; SIQUEIRA, G. R. (ed.). *Forragicultura: ciência, tecnologia e gestão dos recursos forrageiros*. Jaboticabal: M. de L. Brandel-ME, 2013. v. 1, p. 649-660.

KLEINSCHMIT D. H.; KUNG JUNIOR, L. A meta-analysis of the effects of *Lactobacillus buchneri* on the fermentation and aerobic stability of corn and grass and small-grain silages. *Journal of Dairy Science*, v. 89, n. 10, p. 4005-13, 2006.

KUNG JUNIOR, L.; SHAVER, R. D.; GRANT, R. J.; SCHMIDT, R. J. Silage review: interpretation of chemical, microbial, and organoleptic components of silages. *Journal of Dairy Science*, v. 101, n. 5, p. 4020-4033, 2018.

LI, Y; NISHINO, N. Effects of ensiling fermentation and aerobic deterioration on the bacterial community in italian ryegrass, guinea grass, and whole-crop maize silages stored at high moisture content. *Asian-Australas Journal Animal Science*, v. 26, n. 9, p. 1304-1312, 2013.

LIMA, L. M.; DOS SANTOS, J. P.; CASAGRANDE, D. R.; ÁVILA, C. L. S.; LARA, M. S.; BERNARDES, T. F. Lining bunker walls with oxygen barrier film reduces nutrient losses in corn silages. *Journal of Dairy Science*, v. 100, n. 6, p. 4565-4573, Jun. 2017.

LINDGREN, S. E.; AXELSSON, L. T.; MCFEETERS, R. F. Anaerobic L-lactate degradation by *Lactobacillus plantarum*. *FEMS Microbiology Letters*, v. 66, n. 1-3, p. 209-213, 1990.

MCDONALD, P.; HENDERSON, A. R.; HERON, S. J. E. *The Biochemistry of Silage*. 2. ed. Chalcombe: Marlow, UK, 1991. p. 340.

MORRISON, I. M. Changes in the cell wall components of laboratory silages and the effect of various additives on these changes. *The Journal of Agricultural Science*, v. 93, n. 6, p. 581-586, 1979.

PAHLOW, G.; MUCK, R. E.; DRIEHUIS, F.; OUDE ELFERINK, S. J. W. H.; SPOELSTRA, S. F. Microbiology of ensiling. In: BUXTON, D. R.; MUCK, R. E.; HARRISON, J. H. (ed.). *Silage science and technology*. Madison: American Society of Agronomy, 2003. p. 31-93.

ROOKE, J. A.; HATFIELD, R. D. Biochemistry of Ensiling. In: BUXTON, D. R.; MUCK, R. E.; HARRISON, J. H. (ed.). *Silage*

science and technology. Madison: American Society of Agronomy, 2003. p. 95-135.

SAVOIE, P.; JOFRIET, J. C. Silage storage. *In*: BUXTON, D. R.; MUCK, R. E.; HARRISON, J. H. (ed.). *Silage Science and Technology*. Madison: American Society of Agronomy, 2003. p. 405-461.

SANTOS, E. M.; PEREIRA, O. G.; GARCIA, R.; FERREIRA, C. L. L. F.; OLIVEIRA, Microbial populations, fermentative profile and chemical composition of signalgrass silages at different regrowth ages. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa/MG, v. 40, n. 4, p. 747-755, 2011.

SILVA, N. C.; DOS SANTOS, J. P.; ÁVILA, C. L. S.; EVANGELISTA, A. R.; CASAGRANDE, D. R.; BERNARDES, T. F. Evaluation of the effects of two *Lactobacillus buchneri* strains and sodium benzoate on the characteristics of corn silage in a hot-climate environment. *Grassland Science*, Tochigi, v. 60, n. 3, p. 169-177, Sept. 2014.

SILVA, R. G. *et al.* Orçamentação forrageira de longo prazo no semiárido. *Revista Científica de Produção Animal*, Paraíba, v. 15, n. 2, p. 98-110, 2013.

UDÉN, P. Fresh and ensiled forage plants-total composition, silage losses and the prediction of silage composition from the crop. *Grass and Forage Science*, v. 73, n. 2, p. 420-431, 2017.

WEINBERG, Z. G.; ASHBELL, G. Engineering aspects of ensiling. *Biochemical Engineering Journal*, v. 13, n. 2-3, p. 181-188, 2003.

WILKINSON, J. M.; DAVIES, D. R. The aerobic stability of silage: key findings and recent developments. *Grass and Forage Science*, v. 68, n. 1, p. 1-19, 2013.

WINDLE, M. C.; WALKER, N.; KUNG JUNIOR, L. Effects of an exogenous protease on the fermentation and nutritive value of corn silage harvested at different dry matter contents and ensiled for various lengths of time. *Journal of Dairy Science*, v. 97, n. 5, p. 3053-3060, 2014.

YOUNG, K. M.; LIM, J. M.; DER BEDROSIAN, M. C.; KUNG JUNIOR, L. Effect of exogenous protease enzymes on the fermentation and nutritive value of corn silage. *Journal of Dairy Science*, v. 95, n. 11, p. 6687-6694, 2012.

ESTIMATIVA DA PRODUÇÃO DE FITOMASSA EM ÁREAS DE CAATINGA

José Morais Pereira Filho¹
Elisvaldo José Silva Alencar²
Vanderléia Alves do Vale²
Olaf Andreas Bakke³
Danilo Ramon Silva Pereira⁴

RESUMO

A vegetação da Caatinga, em sua maioria, encontra-se em estágio de sucessão secundária, com predominância de plantas arbustivas consideradas invasoras. Em parte desta vegetação, já há indícios de processo de desertificação. Nos estudos fitossociológicos dos diversos ecossistemas desse bioma, os autores reforçam o potencial para produção de forragem e geração de energia (lenha e carvão). Por outro lado, existe o consenso de que o desenvolvimento da região exige o uso racional dos recursos forrageiros, seja pela utilização de folhas e ramos das plantas lenhosas (árvores e arbustos), seja pelo consumo quase total das plantas herbáceas pelos ruminantes. Assim sendo, neste trabalho, serão abordados

¹ Professor da Unidade Acadêmica de Medicina Veterinária, Universidade Federal de Campina Grande (jmorais@cstr.ufcg.edu.br).

² Pós-graduando em Ciência Animal, Universidade Federal de Campina (johnny.alencar@hotmail.com).

³ Professor da Unidade Acadêmica de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Campina Grande (obakke@cstr.ufcg.edu.br).

⁴ Graduando em Medicina Veterinária, Universidade Federal de Campina Grande (daniloramon88@gmail.com).

e discutidos resultados de trabalhos que avaliaram e/ou estimaram a produção de fitomassa da caatinga, sobretudo da fitomassa pastável. A produção de matéria seca, ao longo do ano, varia muito com a quantidade e distribuição das chuvas, o que vai refletir em maior ou menor cobertura do solo pelas plantas herbáceas, arbustivas e arbóreas, mas, independentemente dos índices de chuvas, os resultados indicam uma relação entre a cobertura do solo e a produção de fitomassa. As espécies marmeleiro (*Croton sonderianus* Muell. Arg) e jurema preta (*Mimosa tenuiflora* (Wild.) Poiret) são as mais estudadas, principalmente sob dois aspectos: o primeiro com o objetivo de reduzir a presença destas e potencializar o surgimento e crescimento de espécies herbáceas de melhor valor nutritivo para os animais; o segundo com a finalidade de potencializá-las em sistemas silvipastoris, com uso múltiplo, que vão desde a produção de madeira, forragem, mel, uso medicinal até sombra aos animais.

Palavras-chave: Jurema preta. Marmeleiro. Raleamento. Rebrotação. Silvipastoril.

INTRODUÇÃO

A vegetação da Caatinga se caracteriza por ser predominantemente xerófila, decídua, que perde suas folhas durante o período de estiagem. Assim, a estimativa da produção de fitomassa da Caatinga é fundamental, pois se trata de um ambiente formado por ecossistemas frágeis, com grande variabilidade climática, principalmente em relação a longos períodos de déficit hídrico. Historicamente, a ocupação da Caatinga retrata a ação dos colonizadores, o chamado “homem branco”, que utilizou os recursos naturais da região de forma extrativista, que vai da extração de energia pela queima da madeira ao uso de suas plantas como recurso medicinais.

Pereira Filho e Bakke (2010) relatam que, nas últimas décadas, o superpastejo por herbívoros doméstico, associado à agricultura itinerante, vem sendo caracterizado como o principal responsável pela

degradação dos ecossistemas da Caatinga. Quadro que se agrava quando se considera a concentração de terra/renda, a exclusão social, política e econômica existente na região. Atualmente, a vegetação da Caatinga encontra-se em estágio de sucessão secundária, mas, em sua maior parte, é passível de manipulação e utilização sustentável, princípio que, segundo Animut *et al.* (2005), é comum em pastagem nativa de regiões semiáridas. Aspecto que tem levado pesquisadores e produtores ao consenso de que o desenvolvimento da região exige o uso racional dos recursos forrageiros, oriundo das plantas lenhosas (árvores e arbustos) e herbáceas para alimentação de animal, especialmente para caprinos, ovinos e bovinos.

Dentro desse contexto, parece pertinente conhecer a produção de matéria seca, sobretudo a fitomassa pastável, o que varia muito em função da participação de plantas lenhosas, que, ao aumentarem a sua participação, mantêm a produção total, mas afetam significativamente a matéria seca pastável. São muitos os trabalhos que estimam o potencial de produção de fitomassa da Caatinga. Nos últimos 40 anos, os trabalhos mais citados são os desenvolvidos no estado do Ceará, sumarizados por Araújo Filho (2013), que afirma que “A produção média anual de fitomassa da parte aérea da vegetação da caatinga, considerando as formações arbóreas e arborescentes, situa-se em torno de 6 toneladas por hectare, assim distribuídas: 2 toneladas de madeira e 4 toneladas de folhas, flores e frutos”. O autor afirma ainda que “Essas médias sofrem fortes variações em razão, principalmente, das mudanças das características da estação das chuvas, do tipo de solo e do estágio de sucessão secundária, resultante do uso passado e presente da área”. Partindo dessa afirmação, Soares (2017) destaca a difícil missão de quantificar essa matéria seca ao longo do ano e reitera a necessidade de utilização de metodologias que permitam gerar resultados que possibilitem a estimativa indireta da produção de fitomassa da parte aérea da vegetação da caatinga.

Assim sendo, neste trabalho, serão abordados e discutidos resultados de trabalhos, que, de alguma forma, avaliaram e/ou estimaram a produção de fitomassa da Caatinga, consideran-

do aspectos como relação da cobertura do solo e produção de fitomassa; disponibilidade de fitomassa de pé ao pastejo; produção de serrapilheira; controle de plantas dominantes em sistemas silvipastoris.

CARACTERÍSTICAS IMPORTANTES DA CAATINGA

A Caatinga é um dos biomas do Brasil, o único totalmente dentro da região semiárida e exposta, predominantemente, a três tipos de clima: o que abrange a maior parte da Caatinga é o BShw' – semiárido, com curta estação chuvosa no verão-outono e precipitações nos meses de março e abril; o segundo é o BSht' – semiárido, com curta estação chuvosa no outono-inverno e maiores precipitações nos meses de maio e junho; e o de menor abrangência de vegetação de caatinga, o BShw – semiárido, com curta estação chuvosa no verão e precipitações concentradas nos meses de dezembro e janeiro.

A vegetação da Caatinga se apresenta em três estratos distintos: arbóreo, arbustivo e herbáceo, com destaque para plantas caducifólias que perdem suas folhas à medida que se caracteriza a estação seca, muitas delas apresentando espinhos. É importante ressaltar a existência de um substrato formado de cactáceas e bromeliáceas, além de um elevado número de espécies vegetais, normalmente anuais e com destaque para a presença de gramíneas e dicotiledôneas herbáceas com características forrageiras. Trabalhos como os de Araújo Filho (2013), Bakke *et al.* (2010) e Araújo Filho e Crispim (2002) reiteram a identificação de 12 tipos de caatingas, com destaque para a caatinga arbustivo-arbórea, predominante nos sertões e onde prevalecem atividades pastoris, e a caatinga arbórea, característica das vertentes e pés-de-serras e dos aluviões, locais em que há presença significativa da agricultura.

Em geral, os trabalhos sobre a fitossociologia da caatinga afirmam o seu grande potencial para produção de forragem, geração de energia (lenha e carvão), plantas frutíferas e medicinais. Ao considerar apenas as plantas lenhosas, Araújo Filho e Crispim (2002) relatam

a presença de cerca de 596 espécies arbóreas e arbustivas. Pereira Filho *et al.* (2010) e Bakke *et al.* (2007) constataram que, nos levantamentos feitos na Caatinga, a ação antrópica tem conduzido esse bioma a um processo de sucessão secundária e que são mais frequentes as espécies lenhosas pioneiras, como o marmeleiro (*Croton sonderianus* Muell. Arg.) Carvalho *et al.* (2001) (Figura 1) e a jurema preta (*Mimosa tenuiflora* (Wild.) Poiret) Formiga *et al.* (2011a) (Figura 2). Já em relação às plantas herbáceas, Formiga *et al.* (2011b), trabalhando em áreas de caatinga raleada na Paraíba, observaram maiores frequências para a alfazema brava (*Hyptissuaveolens* Point), a malva branca (*Sida cordifolia* L.), o feijão-de-rola (*Phaseolus patyróides* L.), o centrosema (*Centrosema sp.*) e a erva-de-ovelha (*Stylosanthes humilis*) entre as dicotiledôneas; as milhãs (*Brachiaria plantaginea* e *Panicum sp.*), o capim rabo de raposa (*Setaria sp.*) e o capim panasco (*Aristida setifolia* H.B.K.) entre as gramíneas (Figuras 3 e 4).

Independente das características da Caatinga, a produção de fitomassa e a disponibilidade desta aos animais depende da composição florística e do nível de cobertura do solo, especialmente pelos componentes arbóreo e arbustivo. Portanto, o aumento da produção de fitomassa pastável requer o uso de técnicas de manejo (GUILMARÃES-BEELLEN *et al.*, 2006; ARAÚJO FILHO, 2013; PEREIRA FILHO; SILVA; CÉZAR, 2013) da vegetação que potencialize o crescimento das plantas herbáceas e a rebrotação das plantas lenhosas, cuja folhagem fica disponível aos animais.

Figura 1 – Caaatinga sucessional com predominância de marmeleiro (*Crotonsonderianus* Muell. Arg.)



Fonte: foto de José Morais.

Figura 2 – Caaatinga sucessional com predominância de jurema preta (*Mimosa tenuiflora* (Wild.) Poiret)



Fonte: foto de José Morais.

Figura 3 – Sucessão progressiva da vegetação da Caatinga



Fonte: foto de José Morais.

Figura 4 – Sucessão regressiva da vegetação da Caatinga



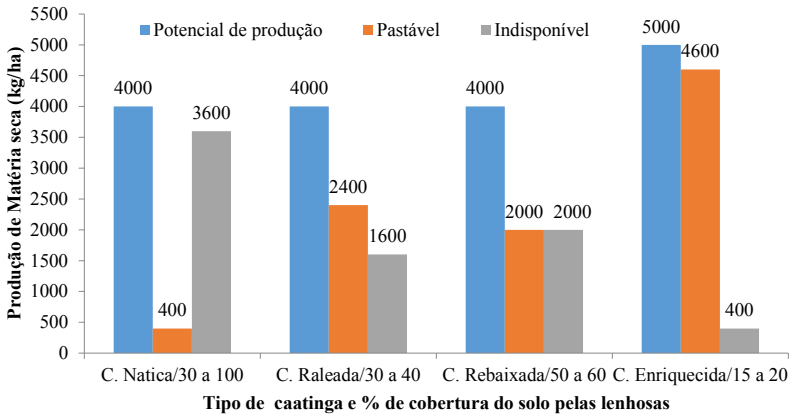
Fonte: foto de José Morais.

COBERTURA DO SOLO E PRODUÇÃO DE FITOMASSA NA CAATINGA

Os trabalhos que avaliam a produção de matéria seca da Caaatinga têm apresentado resultados que confirmam a grande variação na produção de matéria seca e afirmam que o nível de cobertura do solo, especialmente pelas plantas lenhosas, tem relação direta com a fitomassa produzida. No Gráfico 1, é possível verificar que, em áreas

de caatinga nativa, a cobertura do solo variou de 30 a 100%, mas a tendência natural é manter um potencial de 4000 kg de MS ha⁻¹. Com o controle de plantas consideradas indesejáveis, como as ricas em substâncias antinutricionais (MAKKAR, 2003) e/ou tóxicas (AGAN-GA; TSHWENYANE, 2003) e invasoras de baixo valor nutritivo, o potencial altera pouco, mas a disponibilidade para pastejo aumenta consideravelmente. Nesse sentido, os autores destacam que, se o nível de cobertura do solo pelas plantas arbustivas e arbóreas for reduzido para 15 a 20% (Figura 5 e 6), seguido de introdução de uma gramínea adaptada à região, o potencial de produção de matéria seca gira ao redor de 5000 kg de Ms ha⁻¹; destacando ainda que a fitomassa pastável pode atingir cerca de 4500 kg de MS ha⁻¹.

Gráfico 1 – Estimativa de produção de matéria seca (kg de MS ha⁻¹) total e pastável em função da cobertura do solo pelas plantas lenhosas, em áreas de caatinga



Fonte: adaptado de Araújo Filho (2013) e Pereira Filho e Bakke (2010).

Figura 5 – Área de caatinga manipulada com 20% de cobertura pelas espécies lenhosas



Fonte: foto de José Morais.

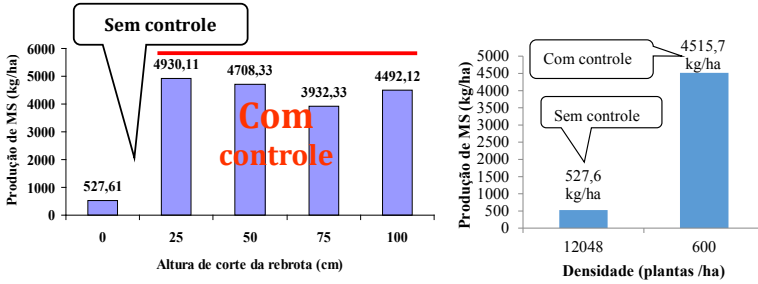
Figura 6 – Área de caatinga manipulada com cobertura de 70% pelas espécies lenhosas



Fonte: foto de José Morais.

É importante destacar que a redução da cobertura do solo por arbustos e árvores e a manutenção de bons índices de disponibilidade de forragem herbácea, ou seja, o raleamento, exigem controle da rebrota das plantas lenhosas, que deverá ser realizado durante a estação chuvosa. Para Carvalho *et al.* (2001), se a principal planta a ser controlada for o marmeleiro, o rebaixamento deve ser feito no final do período de estiagem e suas rebrotas cortadas quando atingirem 75 a 100 cm de comprimento, o que normalmente ocorre em torno de 40 dias após o início das chuvas. Com essa prática, os autores verificaram que uma densidade de 12.048 marmeleiros/ha possibilitou apenas 527,6 kg de matéria seca por hectare, mas, com o controle dessa espécie, o número de plantas/ha foi reduzido para 600 e a disponibilidade subiu para 3932,3 kg ha⁻¹ (Gráficos 2 e 3).

Gráfico 2 – Produção de matéria seca em função da altura de rebrota e da densidade do marmeleiro

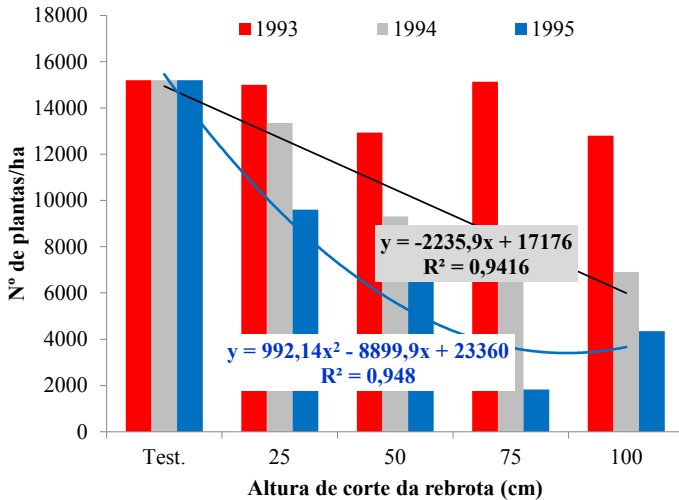


Produção de matéria seca (gramíneas + dicotiledôneas herbáceas) em função do controle do marmeleiro, no período de 1994 a 1996, Sobral, Ceará.

Densidade e produção de matéria seca do marmeleiro em área de caatinga manipulada.

Fonte: Carvalho *et al.* 2001.

Gráfico 3 – Densidade de plantas de marmeleiro em função do controle da rebrota



Fonte: Carvalho *et al.* (2001).

É importante frisar que, em qualquer trabalho de avaliação do controle de espécies arbustivas e arbóreas, em ecossistemas naturais, seja através da densidade (plantas ha^{-1}), ou da produção de matéria seca (kg de MS ha^{-1}), exigem-se avaliações por períodos longos (STODDART, 1975; PEREIRA FILHO, *et al.*, 1997). Carvalho *et al.* (2001) avaliaram o controle do marmeleiro, que foi cortado no período de estiagem e tiveram suas rebrotas cortadas na época chuvosa, e, somente ao final do terceiro ano de controle, os resultados foram satisfatórios. Todavia, os melhores resultados foram obtidos quando as rebrotas foram cortadas aos 75cm de altura, reduzindo a população da planta dos patamares de 16.000 exemplares (antes do corte de uniformização) para cerca de 900 plantas ha^{-1} ; aspecto que potencializou a produção de matéria seca.

Já em relação à jurema preta, Pereira Filho, Cezar e Gonzaga Neto (2006) recomendaram controlar essa espécie rebaixando-as no final do período seco e contando as rebrotas quando a maioria atingir sete milímetros de diâmetros (Figuras 7 e 8). Com esse procedimento, os autores observaram que, em áreas com 1.731 espécimes de jurema preta/há, a disponibilidade de matéria seca foi 847,7 kg ha^{-1} , e, após o tratamento, a densidade de jurema foi reduzida para 500 a 600 plantas ha^{-1} e a disponibilidade do estrato herbáceo associado ao enriquecimento com capim buffel (*Cenchrus ciliaries*) aumentou para 3.098,6 kg ha^{-1} (Figura 8 e Gráfico 4).

Figura 7 – Jurema preta com Controle de rebrotas



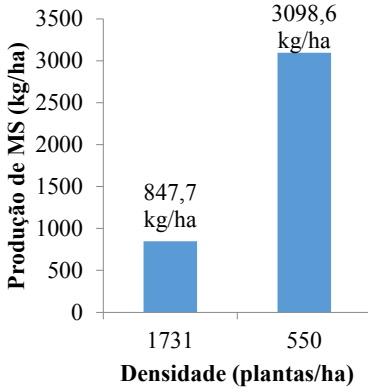
Fonte: foto de Elisvaldo Alencar.

Figura 8 – Jurema preta sem Controle de rebrotas



Fonte: foto de Elisvaldo Alencar.

Gráfico 4 – Densidade da jurema preta e disponibilidade de matéria seca em áreas de caatinga manipulada



Fonte: adaptado de Formiga *et al.* (2011a).

Figura 9 – Caatinga com controle da jurema preta e ressemeada com capim buffel



Fonte: foto de Elisvaldo Alencar.

Na Tabela 1, observa-se a cobertura do solo e a produção de matéria seca em função das diferentes épocas. As maiores coberturas do solo foram de 73,82% e 73,44%, observadas nas épocas 5 e 1 (fevereiro de 2018 e agosto de 2017), e a menor foi de 56,66% obtida na época 4 (dezembro de 2017), com todas as demais épocas apresentando resultados intermediários e semelhantes entre si. Neste mesmo trabalho, a disponibilidade de matéria seca de serrapilheira (todo o material vegetal não fixado ao solo) variou de 986,07 kg ha⁻¹ em agosto de 2017 a 2232,31 kg ha⁻¹ obtida em de 2018, confirmando a premissa de que há grande variação na disponibilidade de matéria seca (fitomassa de pé e/ou serrapilheira e restolhos vegetais) ao longo do ano, com as chuvas se caracterizando como um dos fatores determinantes do crescimento das plantas herbáceas e rebrotação das lenhosas (arbustos e árvores), o que reflete na cobertura do solo pela fitomassa de pé no período das chuvas e pela serrapilheira na estação de estiagem.

Araújo Filho *et al.* (2002) destacam que, ao manejar a caatinga de forma silvipastoril, ou seja, controlando as espécies lenhosas (árvo-

res e arbustos) para manter densidade inferior a 300 plantas por hectare e níveis de cobertura do solo pelas de estrato lenhoso entre 20 e 30%, a produção de matéria seca tende a seguir o mesmo comportamento da cobertura do solo. Em qualquer situação de manejo da caatinga (HOLANDA *et al.*, 2017) defendem a necessidade de avaliar a produção de serrapilheira e demais matéria vegetal da Caatinga oriundo do estrato lenhoso e herbáceo, seja pela sua importância na sustentabilidade do sistema, seja pela sua participação na dieta dos ruminantes, principalmente na época de estiagem.

Tabela 1 – Cobertura do solo e disponibilidade de material vegetal (serrapilheira, etc.) em áreas de caatinga submetida ao manejo silvipastoril em diferentes épocas do ano

Ano	Mês	Época	Cobertura do solo (%)	Matéria seca (kg ha)
2017	Agosto	1	73,44 a	986,07 b
2017	Outubro	2	65,66ab	1781,30 a
2017	Novembro	3	69,64 ab	2010,83 ab
2017	Dezembro	4	56,60b	1663,06 a
2018	Fevereiro	5	73,82 a	1929,13 ab
2018	Março	6	71,07 ab	1468,56 a
2018	Abril	7	58,13 ab	1444,40 a
2018	Junho	8	66,29 ab	1348,32 b
2018	Julho	9	71,23 a	2232,31 a

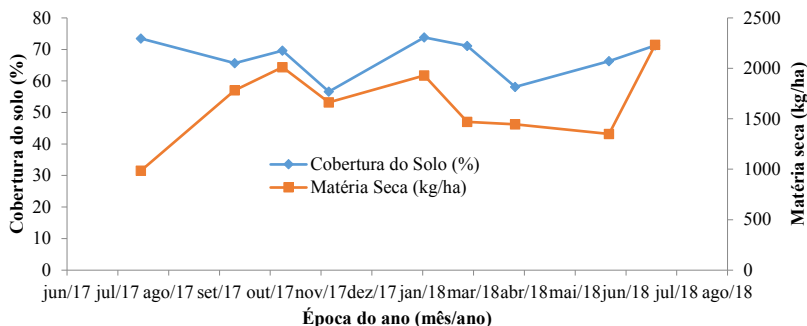
* Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença estatística ($p < 0,05$).

Fonte: adaptada de Pereira (2017).

Pereira (2017), trabalhando em áreas de caatinga com rebaixamento e controle da jurema preta e raleando as demais plantas para manter até 500 plantas lenhosas (árvores e arbustos) por hectare, observou-se que cobertura de 30 a 70% manteve produção de matéria seca de serrapilheira variando entre 900 a 2200 kg de matéria seca por hectare (Gráfico 5). O autor destaca que, das nove épocas de avaliação, somen-

te em duas ocorreu comportamento diferente da cobertura do solo em relação à produção de serrapilheira.

Gráfico 5 – Cobertura do solo e produção de material vegetal (serrapilheira, etc.) em áreas de caatinga, submetida ao manejo silvipastoril em diferentes épocas do ano



Fonte: Adaptado de Pereira (2017).

O manejo silvipastoril da jurema preta (plantas cortadas em dezembro de 2015 e manejadas para permitir o crescimento de 1, 2, 3 e todas as rebrotas) em áreas de caatinga, por meio do controle do número de rebrota, vem sendo avaliado desde 2015, e, ao particularizar a produção de serrapilheira, foi observado que não houve diferença na cobertura do solo pelos estratos lenhosos e herbáceos (65 a 69%) e também na disponibilidade de MS (1500 a 1900 kg ha⁻¹) de serrapilheira (Tabela 2).

Tabela 2 – Cobertura do solo e disponibilidade de matéria seca de serrapilheira em área de caatinga submetida ao manejo silvipastoril

Manejo da jurema preta	Cobertura do Solo (%)	Disponibilidade de MS (kg ha ⁻¹)
Controle (todas as rebrotas)	65,10	1916,30
Somente 1 rebrota	67,72	1853,69
Somente 2 rebrota	69,43	1500,84
Somente 3 rebrota	66,47	1605,37

Fonte: Pereira (2017).

Formiga *et al.* (2012) avaliaram disponibilidade MS (kg ha⁻¹) em caatinga raleada e enriquecida com capim buffel e submetida ao pastejo de caprinos ou ovinos e observaram que as gramíneas não foram afetadas pela espécie animal, diferentemente das dicotiledôneas e da serrapilheira que foi afetada pelo pastejo e pelas diferentes épocas de avaliação (Tabela 3). A produção de fitomassa do estrato herbáceo apresentou uma grande variação, nas diferentes épocas de avaliação, mas a serrapilheira, fitomassa de pé e produção total de matéria seca apresentaram comportamento semelhante.

Tabela 3 – Disponibilidade da MS (kg ha⁻¹) da vegetação herbácea e da serrapilheira em área de caatinga enriquecida com capim buffel e pastejada por caprinos (Boer x SRD)

ÉPOCA	PMS B	PMS D	PMS O	PMS S	PMS FP	PMS T
12/09/2014	1146,5 a	778,89 a	75,02 a	1261,28 a	2000,4 a	3261,7 a
14/10/2014	951,3 a	566,89 ab	4,02 a	947,54 b	1522,2 ab	2469,7 ab
17/11/2014	693,5 a	419,27 bc	16,08 a	732,73 bc	1128,8 ab	1861,6 b
18/12/2014	525,7 a	268,58 c	0,00 a	509,77 c	794,3 b	1304,1 b

* Letras iguais seguidas na mesma coluna não diferem de $P > 0,1$ % de probabilidade pelo teste de Tukey.

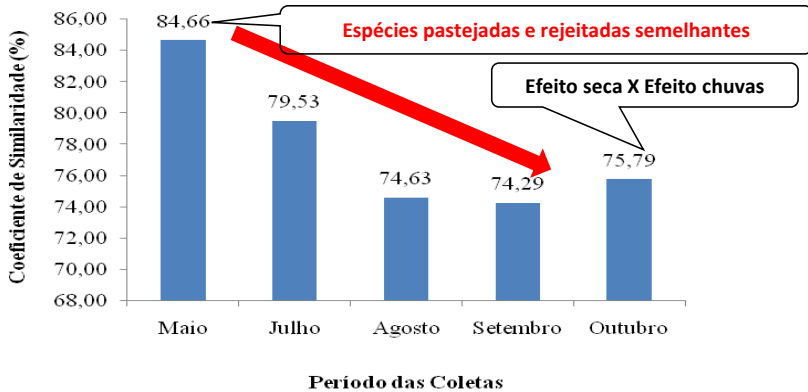
PMSB = Produção de matéria seca do Buffel, PMSD = Produção de matéria seca das dicotiledôneas, PMSO = Produção de matéria seca de outras gramíneas, PMSS = Produção de matéria seca da serrapilheira, PMSFP = Produção de matéria seca da fitomassa em pé, PMST = Produção de matéria seca total

Fonte: Formiga *et al.* (2012).

Outro aspecto importante na avaliação da produção de fitomassa de pé é o efeito do pastejo nos diferentes componentes florísticos da vegetação. Nesse sentido, uma boa alternativa de avaliação é observar o coeficiente de similaridade da vegetação disponível ao pastejo, por meio da metodologia de Bray e Curtis (1957). No Gráfico 6, pode ser observada alta similaridade (74,29 a 84,66) na vegetação herbácea das áreas pastejadas por caprinos e ovinos, indicando uma provável semelhança na composição botânica da dieta desses animais, que

devem ter se comportado como selecionadores oportunistas, assim como o efeito residual das chuvas nas diferentes espécies de gramíneas e dicotiledôneas herbáceas. Dependendo da intensidade e distribuição das chuvas, as plantas de melhor valor nutricional, independentemente de serem gramíneas ou dicotiledôneas, foram selecionadas igualmente pelos caprinos e ovinos, contrariando a premissa de que os caprinos são ramoneadores (PAPACHRISTOU; DZIBA; PROVENZA, 2005), enquanto os ovinos são considerados pastejadores e selecionadores de gramíneas (ANIMUT *et al.*, 2005).

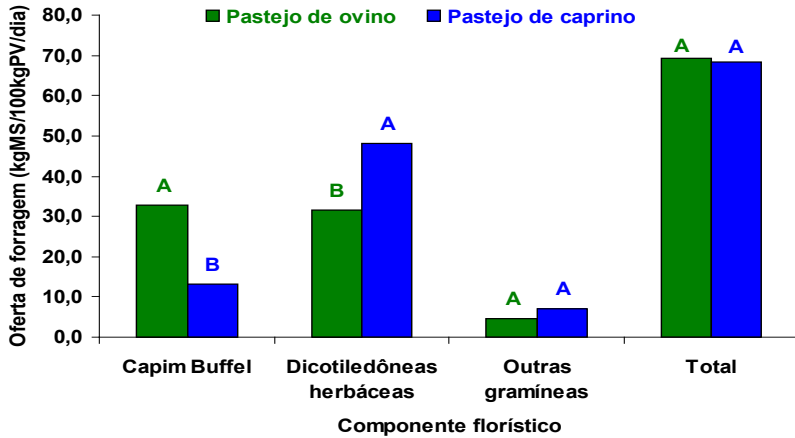
Gráfico 6 – Similaridade da vegetação herbácea em áreas de caatinga manipulada e submetida ao pastejo de caprinos e ovinos



Fonte: adaptado de Formiga *et al.* (2012).

Um dos pontos questionados nos estudos de pastejo em áreas naturais é a oferta de matéria seca aos animais. Formiga *et al.* (2011b) trabalhando com caprinos e ovinos em caatinga raleada e enriquecida com gramíneas constaram uma oferta superior a 50 kg de matéria seca para cada 100 kg de peso vivo dia⁻¹ de ocupação (Gráfico 7).

Gráfico 7 – Oferta de forragem do estrato herbáceo em caatinga raleada e enriquecida com gramíneas, submetida ao pastejo de caprinos e ovinos



Fonte: Formiga *et al.* (2011b).

Um resultado inesperado (Gráfico 7) foi a maior oferta de matéria seca de capim buffel nas áreas pastejadas pelos ovinos e de dicotilédôneas herbáceas nos piquetes pastejados por caprinos, contrariando a máxima de que caprinos são animais que preferem plantas de folhas largas e os ovinos selecionam mais as gramíneas (NGWA; PONE; MAFENI, 2000; PAPACHRISTOU; DZIBA; PROVENZA, 2005).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Avaliar e estimar a produção de fitomassa da Caatinga exige, tanto por parte dos pesquisadores como pelos demais agentes que utilizam seus recursos naturais, uma discussão com maior profundidade, pois se trata de um bioma totalmente brasileiro que apresenta características importantes a serem consideradas, seja qual for a sua utilização:

1 – A exploração racional dos recursos naturais da Caatinga passa pelo prévio conhecimento de suas características ecológicas, pois

a Caatinga é um bioma formado por vários ecossistemas, com grande variabilidade climática, sobretudo em relação aos baixos índices pluviométricos e sua irregular distribuição, que resultam em longos períodos de déficit hídrico;

2 – Deve-se reconhecer que o superpastejo é fator determinante na degradação/desertificação de parte da Caatinga, mas deve-se igualmente reconhecer a existência de trabalhos técnico-científicos, como o raleamento, rebaixamento e o enriquecimento da Caatinga, entre outros. Todos associam o nível de cobertura do solo pelos diferentes componentes florísticos com a quantidade e a qualidade da fitomassa produzida, bem como as diferenças no hábito de pastejo das diferentes espécies animais;

3 – É por demais necessário e até mesmo urgente, buscar alternativas de utilização da fitomassa produzida na Caatinga, sempre na perspectiva de redução da degradação e melhoria da biodiversidade;

4 – Finalmente, reconhecer que a utilização da fitomassa forrageira, oriundos das plantas herbáceas e lenhosas da Caatinga deve fazer parte de quaisquer alternativas de uso sustentável dos recursos naturais da Caatinga.

REFERÊNCIAS

AGANGA A. A.; TSHWENYANE, S. O. feeding values and anti-nutritive factors of forage tree legumes. *Pakistan Journal of Nutrition*, v. 2, p. 170-177, 2003.

ANIMUT, G. *et al.* Performance and forage selectivity of sheep and goats co-grazing. *Small Ruminant Research*, v. 59, p. 203-215, 2005.

ARAÚJO FILHO, J. A. *Manejo pastoril sustentável da caatinga*. 2. ed. Recife: Projeto Dom Hélder Câmara, 2013. 200 p.

ARAÚJO FILHO, J. A.; CARVALHO, F. C.; GARCIA, R.; SOUSA, R. A. Efeitos da manipulação da vegetação lenhosa sobre a produção e compartimentalização da fitomassa pastável de uma caatinga successional. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa/MG, v. 31, p. 11-19, 2002.

ARAÚJO FILHO, J. A.; CRISPIM, S. M. A. Pastoreio combinado de bovinos, caprinos e ovinos em áreas de caatinga no Nordeste do Brasil. *In: CONFERÊNCIA VIRTUAL GLOBAL SOBRE PRODUÇÃO ORGÂNICA DE BOVINOS DE CORTE*, 1., 2002. Corumbá. *Anais eletrônicos* [...]. Corumbá/MS: Embrapa Pantanal, 2002. p. 1-7.

BAKKE, I. A.; BAKKE, O. A.; ANDRADE, A. P.; SALCEDO, I. H. Forage yield and quality of a dense thorny and thornless “jurema preta” stand. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 42, n. 3, p. 341-347, mar. 2007.

BAKKE, O. A.; PEREIRA FILHO, J. M.; BAKKE, I. A.; CORDÃO, M. A. Produção e utilização da forragem de espécies lenhosas da caatinga. *In: GARIGLIO, M. A.; SAMPAIO, E. V. S. B.; CESTARO, L. A.; KAGEYAMA, P. Y. Uso sustentável e conservação dos recursos florestais da caatinga*. Brasília: Serviço Florestal Brasileiro, 2010. p. 160-179.

BRAY, J. R.; CUTIS, J. I. An ordination of the upland forest communities of Southern Wisconsin. *Ecology Monographs*, v. 27, p. 325-349, 1957.

CARVALHO, F. C.; ARAÚJO FILHO, J. A.; GARCIA, R.; PEREIRA FILHO, J. M.; ALBURQUERQUE, V. M. Efeito do corte da parte aérea na sobrevivência do marmeleiro (*Croton sonderianus* Muell. Arg.). *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa/MG, v. 30, n. 3, supl. 1, p. 930-934, 2001.

FORMIGA, L. D. A.; PEREIRA FILHO, J. M.; NASCIMENTO JÚNIOR, N. G.; SOBRAL, F. E. S.; BRITO, I. C. A.; SANTOS, J. R. S.; SILVA, S. G. Diâmetro do caule sobre a desidratação, composição química e produção do feno de Jurema preta (*Mimosa tenuiflora* Wild. Poir.). *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, Salvador, v. 12, n. 1, p. 22-31, jan./mar. 2011a.

FORMIGA, L. D. A. S.; PEREIRA FILHO, J. M.; OLIVEIRA, N. S.; SILVA, A. M. A.; CÉZAR, M. F.; SOARES, D. C. Valor nutritivo da vegetação herbácea de caatinga enriquecida e pastejada por ovinos e caprinos. *Revista Brasileira de Saúde Produção Animal*, Salvador, v. 12, n. 2, p. 403-415, abr./jun. 2011b.

FORMIGA, L. D. A. S.; PEREIRA FILHO, J. M.; SILVA, A. M. A.; NADJANARA, S. O.; SOARES, D. C.; OLAF, A. B. Forage supply in thinned Caatinga enriched with buffel grass (*Cenchrus ciliaris* L.) grazed by goats and sheep. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, Maringá, v. 34, n. 2, p. 189-195, Apr./June 2012.

GUIMARÃES-BEELLEN, P. M.; BERCHIELLI, T. T.; BEELEN, R.; MEDEIROS, A. N. Influence of condensed tannins from Brazilian semi-aride legumes on ruminal degradability, microbial colonization and enzymatic activity in Saanen goats. *Small Ruminant Research*, v. 61, n. 1, p. 35-44, 2006.

HOLANDA, A. C.; FELICIANO, A. L. P.; FREIRE, F. J.; SOUSA, F. Q.; FREIRE, S. R. O.; ALVES, A. R. Aporte de serrapilheira e nutrientes em uma área de Caatinga. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 27, n. 2, p. 621-633, abr./jun. 2017.

MAKKAR, H. P. S. Effects and fate of tannins in ruminant animals, adaptation to tannins, and strategies to overcome detrimental effects of feeding tannin-rich feeds. *Small Ruminant Research*, v. 49, p. 241-256, 2003.

NGWA, A. T.; PONE, D. K.; MAFENI, J. M. Feed selection and dietary preferences of forage by small ruminants grazing natural pastures in the Sahelian zone of Cameroon. *Animal Feed Science and Technology*, v. 88, p. 253-266, 2000.

PAPACHRISTOU, T. G.; DZIBA, L. E.; PROVENZA, F. D. Foraging ecology of goats and sheep on wooded rangelands. *Small Ruminant Research*, v. 59, p. 141-156, 2005.

PEREIRA FILHO, J. M.; ARAÚJO FILHO, J. A.; CARVALHO, F. C.; REGO, M. C. Disponibilidade de fitomassa do estrato herbáceo de uma Caatinga raleada submetida ao pastejo alternado ovino-caprino. *Livestock Research for Rural Development*, v. 19, n. 1, 2007. Disponível em: <http://www.lrrd.org/lrrd19/1/pere19002.htm>. Acesso em: 12 mar. 2011.

PEREIRA FILHO, J. M.; ARAÚJO FILHO, J. A.; REGO, M. C.; CARVALHO, F. C. Variações plurianuais da composição florística do estrato herbáceo de uma caatinga raleada, submetida ao pastejo alternado ovino-caprino. *Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia*, Viçosa/MG, v. 26, n. 2, p. 234-239, 1997.

PEREIRA FILHO, J. M.; BAKKE, O. A. Produção de forragem de espécies herbáceas da caatinga. *In*: GARIGLIO, M. A.; SAMPAIO, E. V. S. B.; CESTARO, L. A.; KAGEYAMA, P. Y. *Uso sustentável e conservação dos recursos florestais da caatinga*. Brasília: Serviço Florestal Brasileiro, 2010. p.145-159.

PEREIRA FILHO, J. M.; CEZAR, M. F.; GONZAGA NETO, S. Utilização racional dos recursos forrageiros da Caatinga. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE PRODUÇÃO DE CAPRINOS E OVINOS, 1., 2006, Campina Grande. *Anais [...]*. Campina Grande: ENCAPRI, 2006. p. 170-178.

PEREIRA FILHO, J. M.; SILVA, A. M. A.; CÉZAR, M. F. Manejo da Caatinga para produção de caprinos e ovinos. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, v. 14, n. 1, p. 77-90, 2013.

PEREIRA FILHO, J. M.; VIEIRA, E. L.; SILVA, A. M. A.; CÉZAR, M. F.; CARVALHO JÚNIOR, A. L. Efeito da altura de corte no controle da jurema preta [*Mimosa tenuiflora* (WILD) POIR.]. *Revista Caatinga*, Mossoró, v. 23, n. 2, p. 51-58, abr./jun. 2010.

PEREIRA, D. R. S. *Relação da cobertura do solo com a produção de serrapilheira em caatinga submetida ao manejo silvipastoril*. 2017. 30 f. Monografia (Graduado em Medicina Veterinária) – Universidade Federal da Campina Grande, Patos/PB, 2017.

RICHARDSON, F. D.; HAHN, B. D.; HOFFMAN, M. T. On the dynamics of grazing systems in the semi-arid succulent Karoo: The relevance of equilibrium and non-equilibrium concepts to the sustainability of semi-arid pastoral systems. *Ecology, Modelling*, v. 187, p. 491-512, 2005.

SOARES, D. L. *Efeito do raleamento da caatinga e do manejo da jurema preta (Mimosa tenuiflora [Willd.] Poir.) na composição florística e química da vegetação lenhosa*. 2017. 66 f. (Dissertação de Mestrado) – Universidade Federal de Campina Grande, Patos/PB, 2017.

STODDART, L. A.; SMITH, A. D.; BOX, T. W. *Range Management*. 3. ed. New York: McGraw Hill, 1975. 532 p.

ESTIMATIVA DO CONSUMO DE FORRAGENS POR RUMINANTES EM ECOSISTEMAS SEMIÁRIDOS

Divan Soares da Silva¹
Ariosvaldo Nunes de Medeiros¹
Alberício Pereira de Andrade²
André Luiz Rodrigues Magalhães²

RESUMO

O consumo de massa de forragens por ruminantes em pastejo sofre influência por diversos fatores que dificultam a adoção de um método adequado, principalmente quando se trata de ecossistema semiárido, por apresentar diversidades de espécies vegetais nos extratos herbáceos, subarbustivo, arbustivo e arbóreo, além das condições do meio ambiente em que os ruminantes desempenham suas funções. Assim esta revisão tem como finalidade apresentar as diversas metodologias de estimar consumo de matéria seca por ruminantes a pasto, descrevendo alguns métodos, suas vantagens e desvantagens, além de fazer referência aos métodos que sofreram adaptações para a estimativa de consumo no ecossistema semiárido do Brasil. O conhecimento da quantidade e da qualidade da forragem consumida pelos animais em pastejo é de fundamental importância, por ser a base da produção animal, com os principais métodos empregados atualmente em pastagens cultivadas por meio de medidas diretas, indiretas e pelo comportamento ingestivo.

¹ Professor do Departamento de Zootecnia, Universidade Federal da Paraíba (divan-13silva@gmail.com) (ariosvaldo.medeiros@gmail.com).

² Professor da Unidade Acadêmica de Garanhuns, Universidade Federal Rural de Pernambuco (albericio3@gmail.com) (andre30036@gmail.com).

vo animal. As medidas diretas têm como base a diferença de massa de forragem antes e pós pastejo, através de medidas no animal ou na pastagem. Nas medidas indiretas, são aplicados principalmente o uso de indicadores internos e/ou externos, na determinação da produção fecal e da digestibilidade. A estimativa do consumo por comportamento animal tem como base a determinação do tempo de pastejo, do tamanho do bocado e do número de bocados e suas variáveis. Considerando a diversidade de metodologias aplicadas e estudadas em pastagens cultivadas, com suas limitações e fontes de erros nos últimos anos, a estimativa de consumo de massa de forragem por animais a pasto tem evoluído com adaptações e aperfeiçoamentos, para obter resultados com maior precisão, menos onerosos e laboriosos.

Palavras-chave: Avaliação de pastagens. Caatinga. Comportamento animal. Diversidade florística. Ingestão de matéria seca.

INTRODUÇÃO

Na região Semiárida do Brasil, a caatinga é a vegetação predominante, ocupando uma área de aproximadamente 800.000km² do Nordeste, o que corresponde a 70% da região, reunindo a maior diversidade espacial e temporal de paisagens do país (DRUMOND; KILL; LIMA, 2000; SILVA; ANDRADE, 2013). A caatinga é a principal fonte de alimento para a produção animal da região, onde mais de 70% das espécies botânicas participam da dieta dos ruminantes domésticos (PETER, 1992; LIMA, 2006; COUTINHO *et al.*, 2013), mas pouco se sabe sobre a capacidade de ingestão desses animais nos diferentes sistemas de pastejo. Alguns estudos têm sido conduzidos com a finalidade de se estimar o consumo de matéria seca (CMS), sendo ainda um desafio à nutrição animal. Os métodos empregados têm limitações, podendo induzir os pesquisadores a erros, mesmo com as adaptações que têm sido empregadas nos poucos trabalhos conduzidos na região Semiárida.

A estimativa do consumo voluntário de matéria seca (MS) por ruminantes varia de acordo com a qualidade e quantidade de forragens

disponível para o animal, mas é essencial o conhecimento dessa estimativa por representar a quantidade de nutrientes ingeridos pelos animais, com respostas da produção animal.

A produção de ruminantes em carne, leite e peles tem-se difundindo em todo o mundo, sendo uma das mais importantes criações econômicas de vários países, mas, para que se tenha uma resposta satisfatória, a produção animal precisa estar relacionada com a nutrição animal, que, por sua vez, depende da exigência nutricional, da composição do alimento, da digestibilidade e da quantidade de nutrientes ingeridos, sendo a ingestão de MS o fator mais importante, considerando que define a performance animal, por ser o primeiro determinante da ingestão de nutrientes necessários ao atendimento de exigência de manutenção e de produção (NOLLER; NASCIMENTO JÚNIOR; QUEIRÓZ, 1996).

Para se obter a resposta da produção animal, em transformar os alimentos ingeridos, com eficiência, seja em confinamento ou em pastejo, faz-se necessário conhecer o quanto foi consumido e aproveitado pelo animal. Considerando o sistema de produção animal, a estimativa de consumo não é tão simples, principalmente quando os animais são manejados total ou parcialmente em áreas de pastagens naturais, devido às influências de variáveis, como os fatores relacionados com o próprio animal, com a pastagem e com o ambiente. Assim o conhecimento da forragem consumida pelos animais em pastejo, principalmente nas regiões áridas e semiáridas, é de fundamental importância, por ser a base da produção animal. É relevante conhecer a quantidade e qualidade da forragem ingerida, se atende total ou parcialmente as exigências de manutenção, crescimento e produção dos animais.

Os métodos propostos para se estimar o consumo animal a pasto mais utilizados são aqueles aplicados nas pastagens cultivadas. Ao serem utilizados nas pastagens naturais, contudo, nem sempre dão respostas satisfatórias, o que requer, em alguns casos, adaptações que permitam prever valores de consumos pelo menos mais próximos do que o animal está consumindo. Os métodos usados de forma direta com os animais, usando marcadores internos e externos, com base na energia líquida, avaliando o comportamento animal ou os que são

medidos na pastagem, com cortes na forrageira e uso de instrumentos são os mais usuais.

O uso de metodologia adequada para estimar o consumo animal a pasto é de difícil definição devido a diversos fatores que influenciam o pastejo animal. Segundo Newman, Parsons e Penning (1994), os animais buscam seu alimento tentando uma combinação ótima do balanço digestivo, envolvendo velocidade de ingestão, taxa de passagem e taxa de absorção de nutrientes. Gordon e Illius (1992) afirmam que as decisões que os animais tomam em pastejo diante do complexo ambiente de pastagens é chamado de forrageamento. Essas decisões são responsáveis pelo consumo do animal em pastejo.

Assim essa revisão tem como objetivo apresentar os vários métodos empregados na estimativa de consumo de matéria seca por ruminantes a pasto, descrevendo alguns métodos, suas vantagens e desvantagens, além de fazer referência aos métodos que sofreram adaptações para a estimativa de consumo no ecossistema semiárido do Brasil.

TÓPICOS DO DESENVOLVIMENTO

O Brasil apresenta vários biomas, sendo a Caatinga na região semiárida um dos menos conhecidos e estudados, principalmente na exploração da pecuária. Poucos estudos foram conduzidos na determinação da quantidade e qualidade das espécies forrageiras, dependente da irregularidade da precipitação, do entendimento da estrutura e dinâmica de funcionamento do ecossistema.

A estimativa do consumo voluntário de matéria seca (MS) por animais a pasto é um desafio à nutrição animal porque os métodos utilizados apresentam limitações e normalmente induzem os pesquisadores a erros. Sabe-se que o consumo voluntário varia de acordo com o animal, tipo de pastagem, condições ambientais, quantidade e qualidade do alimento disponível. Segundo Gomide (1993), o consumo de MS por animais a pasto é afetado pela altura da forragem, relação folha/caule, densidade volumétrica do relvado e pela disponibilidade de forragem. Considerando o ecossistema semiárido, a estimativa do consumo

pelo animal é mais agravante, devido à diversidade de espécies vegetais presentes na Caatinga, sua estrutura horizontal e vertical, o tipo animal, a época do ano, período chuvoso ou de estiagem, a preferência animal por determinada espécie, os diferentes padrões fenológicos e estratos (herbáceo, subarbuscivo, arbustivo e arbóreo) das plantas da Caatinga, a presença de compostos secundários que fazem com que os animais as rejeitem (Figura 1).

Figura 1 – Diversidade na Caatinga



Fonte: elaborada pelo autor.

O desempenho animal é determinado pela capacidade do animal de consumir forragens, o que é influenciado por fatores relacionados ao animal, tipo de animal, tipo de pastagem, ao meio ambiente e as interações do meio (CARVALHO *et al.*, 2007), em que o consumo não pode ser medido diretamente, o que tem implicado propostas de várias metodologias a serem aplicadas ao longo dos anos, sendo algumas adequadas, com resultados satisfatórios e outras não, por serem trabalhosas, dispendiosas e caras (PENNING, 2004; CARVALHO *et al.*, 2007). Por outro lado, há dificuldade na determinação da digestibilidade da MS da

pastagem, visto que as metodologias utilizadas, *in vitro*, *in situ*, ou *in vivo* têm permitido a obtenção de resultados conflitantes e com pouca acurácia.

Os métodos empregados para estimar consumo voluntário de ruminantes a pasto são essenciais para a avaliação de pastagens e têm sido bastante empregados e avaliados em pastagens cultivadas, mas em pastagens naturais ainda são escassos os resultados que permitam afirmar que o método é adequado ou ideal. Segundo Astigarraga (1997), o método ideal deve considerar a qualidade da dieta selecionada e a quantidade ingerida pelo animal durante o dia. Os métodos mais usuais para estimar consumo voluntário de animais a pasto são: variação do peso animal durante o pastejo; métodos indiretos com uso de marcadores internos e externos ou uso de indicadores fecais; o desaparecimento de forragens antes e após o pastejo animal e estudos do comportamento animal a pasto. Na estimativa de consumo de forragem por animais a pasto, devem ser levadas em consideração as atividades dos animais (PENNING; RUTTER, 2004, CARVALHO *et al.*, 2013) registradas automaticamente, com usos de aparelhos e sistemas automatizados, como o Ethosys, GIS/GPS, Vibracorders, IGER Behaviour Recorder, APEC e gravadores acústicos.

Os marcadores internos são caracterizados por componentes presentes no alimento, dispensando a avaliação no animal, apenas determinando a concentração do marcador interno no alimento e nas fezes dos animais. Já os marcadores externos utilizam compostos inertes, como o óxido de cromo, dióxido de titânio e hidroxifenilpropano (LIPE), que são ofertados aos animais em quantidades determinadas, além dos indicadores fecais como o N-fecal, que pode ser avaliado por meio de equações de regressão para determinar a digestibilidade e o consumo. Nesse caso, faz-se necessário realizar um ensaio convencional de digestibilidade com coleta total de fezes, quantidade ingerida de forragens e quantificar as sobras.

Um dos métodos para estimar o consumo de MS é a variação no peso animal. A estimativa do consumo de forragens é avaliada pelo peso do animal antes e após o pastejo, considerando o ganho de peso do ani-

mal como o consumo de forragem. É necessário que os animais usem coletores de fezes e urina durante todo o tempo de avaliação, balanças de precisão nas pesagens dos animais, antes e pós pastejo, para efetuar as estimativas insensíveis de peso perdido (EIPP), além do peso perdido por excreção de urina e fezes. Para aplicação desse método, alguns cuidados são necessários, como a determinação do EIPP, que pode ser efetuado num período curto de tempo, recomendado pelo menos de uma hora antes da estimativa de consumo de forragem pelos animais em pastejo, onde são medidas as perdas por respiração e evaporação de água. Os animais são privados de alimentos por meio de focinheiras, sendo em seguida utilizados coletores de fezes e urina, e as medidas são consideradas pela alteração no peso animal. Para estimar o consumo de MS, os animais, após o procedimento adotado, são liberados para a pastagem por um período curto de tempo, podendo ser de uma hora, e daí são pesados (MCMENIMAN, 1997). O consumo de forragem (CF) é determinado: $CF (g\text{dia}^{-1}) = TC \times \text{tempo de pastejo}$, onde $TC (g\text{min}^{-1}) = MPCiT + (PPI) \times t1 / t2$; sendo TC a taxa de consumo ($g\text{min}^{-1}$); MPCiT, mudança no peso em curto intervalo de tempo de pastejo (g); PPI, perda de peso insensível ($g\text{min}^{-1}$); t1, tempo necessário para estimativa da MPCiT; e t2 é o tempo gasto em pastejo durante a estimativa de MPCiT.

O método agrônômico ou diferenças no peso da forragem é um dos mais antigos. A estimativa de consumo é efetuada por meio de cortes da forrageiras antes do pastejo e depois do pastejo, sendo a diferença de peso a quantidade consumida pelo animal. O cálculo pode ser realizado pela fórmula: $CF = (Q1 - Q2) / (\text{número de animais} \times \text{dias de pastejo})$, sendo Q1 = quantidade de forragem anterior ao pastejo; Q2 = quantidade de forragem restante após a retirada dos animais do pasto.

O método requer determinar a disponibilidade de forragem na área de pastagem. Podem ser aplicadas várias metodologias, como o uso de quadrantes (por exemplo, um quadrado de 1 m^2), para obtenção da média de matéria seca das amostras que será extrapolada para toda a área da coleta; faz-se então o corte de todo o material dentro do quadrante (Figura 2). É um método destrutivo e requer certa quantidade de amostras representativas da área avaliada.

Figura 2 – Uso do quadrado para determinar disponibilidade de massa de forragem



Fonte: elaborada pelo autor.

A disponibilidade de forragem pode ser determinada por estimativa visual, segundo duas técnicas similares descritas por Gardner (1967) e Campbell e Arnold (1973). Essas técnicas são consideradas simples, rápidas, não destrutivas e de baixo custo. A técnica consiste em um estimador, que deve ser treinado. Na área a ser avaliada, serão distribuídos quadrados em diversos pontos, e, em cada ponto, será estimada a massa de forragem existente. Em seguida, corta-se rente ao solo toda a massa, pesa-se, coloca-se na estufa para determinar a MS. Considerando os valores de todas as amostragens estimadas e com os valores reais, obtém-se uma equação de regressão, que servirá de calibração. O estimador coleta visualmente várias amostras na área de pastagem a ser avaliada, calcula a média de peso e substitui na equação de regressão, obtendo-se o valor real de MS, transformado em $MS\ ha^{-1}$.

Pode-se usar a metodologia do rendimento comparativo proposto por Haydock e Shaw (1975), em que se usam padrões, atribuindo notas de 1 a 5 para as amostras coletadas, na área de pastagem a ser avaliada. O procedimento é simples: faz-se um reconhecimento de toda a área, identificam-se os padrões, usando o quadrado (sendo o de maior e menor disponibilidade os extremos 1 e 5, enquanto o 3 é o médio, entre o 1 e o 5; o 2 e 4 são intermediários entre o 1 e 3 e o 3 e 5). O amostrador pode fazer várias avaliações atribuindo as notas a cada ponto. No final da avaliação, corta-se cada padrão para obter o peso real, e, com os números de notas atribuídas, determina-se a quantidade de massa por área. Semelhante ao método anterior em que, com os dados das notas, obtém-se uma equação de regressão e, com as avaliações das amostras, tem-se a média e estima-se a quantidade de massa de MS.

Outra alternativa para se estimar o consumo de forragem pelo animal a pasto é por determinação da produção líquida de forragem (taxa de acúmulo de forragem menos a senescência), considerando a altura ou o índice de área foliar do pasto, pré-estabelecido (ANDRADE; NASCIMENTO JÚNIOR, 2001). Normalmente, esse método é empregado quando há um pasto sob lotação contínua e a produção líquida é estável, sendo a estimativa do consumo do animal considerada como o produzido que é consumido. A dificuldade é manter a produção líquida estável.

O método Botanal foi desenvolvido por Hargreaves e Kerr na Austrália por meio de um programa computacional, em que os dados obtidos são usados para calibrar estimativas visuais de produção de MS e a composição botânica da área avaliada, considerando a presença de todas as espécies por meio da determinação da frequência e da porcentagem de cobertura do solo. O método, na realidade, é a junção do método do peso seco escalonado para estimativa da composição botânica e do método do rendimento comparativo, que estima a produção de MS (HAYDOCKE; SHAW, 1975; MANNETJE'T, 1987).

Outros métodos têm sido utilizados para estimar a quantidade de massa de forragem, como a sonda eletrônica, que tem por princípio a mudança na capacitância em estimar a massa forrageira, determinada

pelo fato de a capacitância do ar ser baixa e a da forragemalta. A Atenuação Beta, por sua vez, tem como base uma fonte radioativa (estrôncio 90 ou Cloro 36), colocada no centro da unidade a ser amostrada, passando a emitir partículas beta em direção ao perímetro, sofrendo interferências por parte da forrageira na transmissão das partículas, enquanto os detectores posicionados no perímetro da área a ser amostrada contam o número de partículas recebidas relacionadas com a massa de forragem (MANNETJE'T, 1987).

Análise de espectro por meio da reflectância de radiação de ondas curtas pela forragem faz a estimativa de produção de massa de forragem pela proporção entre radiância ou reflectância, medidas em dois comprimentos de onda em duas bandas, por meio de um radiometer digital.

A medida da altura não comprimida também é um método de medida indireta da produção de massa de forragem com base na altura do pasto, normalmente usando uma régua graduada, sendo a medida tomada da base do solo até a curvatura média da folha mais alta no ponto de amostragem do pasto ou considerando a última folha estendida.

Os diversos métodos de avaliar a massa de forragem disponível não requerem equipamentos sofisticados nem de custo elevado, o problema são os erros de amostragem, o número de amostras colhidas, a taxa de crescimento da forragem, a seletividade do animal em pastejo, a baixa precisão experimental e a baixa exatidão por medição, por apresentar uma aproximação do valor real da massa forrageira. Assim esses métodos devem ser usados em períodos curtos de pastejo e em pastagens homogêneas. A altura do pasto pode apresentar melhores resultados se a densidade for uniforme e constante, mesmo em pastagens homogêneas, a massa de forragem será superestimada quanto mais alto for o pasto, pois maiores densidades são normalmente encontradas nos estratos inferiores, na base da vegetação (PEDREIRA, 2002).

Considerando as dificuldades na determinação do consumo e da digestibilidade de forma direta com animais em pastejo, os métodos indiretos, com uso de indicadores, são confiáveis, podem ser comparados a partir das mensurações de elementos diferentes daquele ingeridos pelos animais e por permitir o uso de artifícios matemáticos para esti-

mativa do consumo voluntário a pasto (CARDOSO, 1977; CARVALHO *et al.*, 2007).

O uso de indicadores para estimar o consumo voluntário de forragem por animais ruminantes a pasto tem por base o fato de que, na passagem do alimento pelo trato gastrointestinal do animal, a concentração do indicador vai aumentando, devido à redução dos constituintes do alimento por digestão e absorção, permitindo assim, pela relação entre a excreção fecal diária, considerada como indigestibilidade da dieta consumida, a concentração do indicador ingerido e nas fezes e, por meio de uma relação reversa, o cálculo da quantidade de matéria seca consumida diariamente (PIAGGIO *et al.*, 1991; DETMANN, 1999).

Segundo Teixeira *et al.* (2013), é possível estimar a digestibilidade com indicadores devido ao fato de que a excreção fecal é diretamente relacionada ao consumo e inversamente proporcional à digestibilidade. Assim, para animais em pastejo, faz-se necessário conhecer a concentração do indicador interno e do nutriente nas fezes e no alimento. A coleta de fezes de animais em pastejo pode ser realizada diretamente no reto do animal (Figura 3) ou logo após a defecação (KOZLOSKI *et al.*, 2006; FERREIRA *et al.*, 2009). A coleta total de fezes com uso de sacolas presas aos animais permite determinar a produção fecal, mas tem recebido críticas por vários motivos: por causar desconforto no animal, devido ao peso das fezes nos arreios usados para prender a sacola; por perdas de fezes quando o animal se deitar ou pela consistência das fezes, necessita-se recolher os dejetos duas ou mais vezes ao dia; dificuldade em usar o equipamento necessário em fêmeas; pela contaminação com urina; pela possibilidade de modificar o comportamento ingestivo do animal e, conseqüentemente, o consumo a pasto, devido ao uso de coletores (MOORE; SOLLENBERBER, 1997; LIPPKE, 2002).

Figura 3 – Coleta de fezes



Fonte: elaborada pelo autor.

Os indicadores podem ser externos e internos. O óxido crômico é um dos indicadores externos mais usuais, mesmo apresentando problemas no seu uso, por não apresentar uma mistura homogênea com a digesta, passagem mais rápida no rúmen do que a parte fibrosa da forragem e acúmulo em algumas partes do trato digestivo (DETMANN *et al.*, 2001), mas tem sido usado com resultados satisfatórios. Pode ser fornecido por infusão contínua, por considerar que a dosagem da concentração na amostra fecal seja representativa da concentração em toda a matéria seca fecal (OWENS; HANSON, 1992). O cálculo pode ser realizado pela equação descrita por Smith e Reid (1955): Excreção Fecal (g dia^{-1}) = indicador fornecido (g dia^{-1}) / concentração do indicador nas fezes (g g MS^{-1}). Pode-se também usar o cromo mordente, ligado à parede celular, em dose única, com subseqüentes amostragens de fezes em tempos definidos com a finalidade de estimar a curva de excreção do indi-

gador nas fezes e assim conhecer a excreção total do indicador e determinar a produção fecal (BURNS; POND; FISHER, 1994; POND; BURNS; FISHER, 1995; BERCHIELLI; ANDRADE; FURLAN, 2000).

Para se estimar o consumo de forragem com uso de indicadores, é necessário determinar a digestibilidade da forragem. Para tanto, existem várias técnicas, como digestibilidade *in vivo*, *in vitro* e *in situ*, ou o uso de indicadores internos (no alimento) ou externos (fora do alimento) adicionados à forragem ou ambos. Os principais indicadores internos são fibra em detergente neutro indigestível (FDNi); fibra em detergente ácido indigestível (FDAi); cinza insolúvel em ácido (CIA); sílica; lignina; N-alcanos (PENNING; JOHNSON, 1983; COCHRAN *et al.*, 1986; TEIXEIRA *et al.*, 2013). Como indicadores externos, temos: as terras raras (Itérbio, Cério, Lantânio, Praseodímio, Disprósio), óxido crômico, a lignina purificada e enriquecida (LIPE). Cada indicador apresenta vantagens e desvantagens de uso, características de um indicador (BERCHIELLI; OLIVEIRA; GARCIA, 2005; SALIBA; RODRIGUEZ, 2009).

Para a estimativa do consumo diário de MS, segundo Detmann *et al.* (2001), deve-se primeiramente calcular a excreção fecal, parâmetro referência da indigestibilidade da dieta consumida, e, em seguida, determinar indiretamente a digestibilidade da dieta. O consumo pode ser calculado pela equação: $CMS = EF / (1 - DIG)$, em que CMS = consumo de matéria seca (kg dia⁻¹); EF = excreção fecal (kg dia⁻¹); DIG = digestibilidade da dieta.

O uso do N-Alcanos como indicador interno pode estimar a produção fecal e a digestibilidade da dieta, permitindo estimar o consumo de forragem pelo animal a pasto. Os alcanos consistem de cadeias de carbonos variando de 25 a 35 Carbonos, encontradas nas ceras cuticulares das plantas, por ser uma estrutura superficial relacionada à redução das perdas de água da planta pela respiração cuticular, sensível às condições ambientais (MCMENIMAN, 1997; OLIVEIRA; SALATINO, 2000). Assim, o perfil de N-alcanos estaria sujeito a variações atribuídas ao fator clima, bem como a outros fatores que podem afetar a concentração de N-alcanos, por exemplo, espécie vegetal, fração da planta e estado fenológico (DOVE; MAYES, 1991; BERCHIELLI; OLIVEIRA; GARCIA, 2005).

A estimativa do consumo de forragem, usando o N-alcano, pode ser estimada, segundo McMeniman (1997), pela equação: $I = (F_i/F_j \times D_j) / (H_i - F_i/F_j \times H_j)$, onde: H_i e F_i são as concentrações de cadeia ímpar de N-alcanos na forrageira e nas fezes, respectivamente; H_j e F_j são as concentrações de mesma cadeia de N-alcanos na forrageira e fezes, respectivamente; D_j é a dose diária de mesma cadeia de N-alcano. Devido a suas características, o alcano tem sido usado com o propósito de estimar o consumo animal quando este recebe suplemento (DOVE; MAYES, 1996) desde que a composição do alcano no suplemento seja diferente da composição do pasto e seja conhecida a taxa de recuperação do alcano.

O trabalho conduzido por Paris *et al.* (2009) para estimar consumo do pasto de Coastercross-1 consorciada com *Arachis pintoi* usando a técnica de n-alcanos no período de dezembro e abril mostrou que o consumo dos animais do pasto não apresentou diferenças ($P > 0,05$) e que o coeficiente de digestibilidade da MS pela utilização dos n-alcanos foi semelhante aos CDMS *in vitro* das lâminas foliares da Coastercross.

A lignina purificada e enriquecida (LIPE) é um polímero hidroxifenilpropano modificado (uma lignina purificada de Eucalipto) enriquecido com grupamentos fenólicos não comumente encontrados na lignina da dieta animal (SALIBA *et al.*, 2003). Caracterizando a composição estrutural da LIPE, antes e após a sua passagem pelo trato gastrointestinal de ovinos. Saliba *et al.* (2004) observaram que as amostras da lignina fecal apresentaram espectros similares aos do LIPE, demonstrando assim que o indicador não foi digerido nem absorvido durante a passagem pelo trato gastrointestinal, sendo recuperado totalmente nas fezes. O uso do LIPE como indicador para estimar consumo a pasto tem apresentado restrição, devido a sua determinação por espectrometria no infravermelho, equipamento oneroso que requer uma adequada calibração com um grande número de amostras homogêneas em sua constituição química (FONTANELI; FONTANELI, 2007).

Segundo Genro *et al.* (2012), o LIPE é um método simples de uso, mas a sua quantificação precisa ser melhor avaliada em experimento de longa duração com ruminantes. Os alcanos podem ser usados

para estimar consumo de bovinos de corte em pastagens naturais, desde que se tenha uma amostra bastante acurada da dieta consumida pelos animais. Trabalhando com a finalidade de estimar o consumo de matéria seca e o desempenho de cordeiros submetidos a três níveis de suplementação de concentrado na Caatinga, Santos (2006) utilizou a combinação de um indicador externo LIPE para estimar a produção fecal e o indicador interno FDNi para estimativa da fração indigestível da dieta. O autor observou que a dieta sem concentrado apresentou menor ingestão e que a adição do concentrado aumentou a ingestão de MS.

Com o objetivo de estimar o consumo e digestibilidade da matéria seca em ovelhas Santa Inês suplementadas a pasto no pré e pós-parto, Sousa (2014) usou a LIPE* como indicador externo e a FDNi, FDAi e MSi como indicadores internos. Concluiu que a suplementação concentrada influenciou no consumo de MS total, com maiores valores para os animais que receberam 1,5%PV e que a MSi como indicador apresentou a melhor estimativa do CMS quando comparada ao estimado pela FDAi e FDNi.

O uso do LIPE como indicador externo para determinar a produção fecal e a FDNi para estimativa da fração indigestível da dieta foi estudado por Santos (2006) para estimar o consumo de MS de ovinos em pastejo na Caatinga submetidos a três níveis de suplementação. A ingestão de matéria seca (IMS), expresso em %PV e em g kg^{0,75}, apresentou comportamento decrescente em função do concentrado (Tabela 1).

Tabela 1 – Estimativa de ingestão diária de matéria seca utilizando a FDNi para estimativa da digestibilidade, em função de diferentes níveis de concentrado

Item	Níveis de suplementação			
	0 %	1,0%	1,5%	CV (%)
IMS (FDNi) g dia ⁻¹	506 ^a	675 ^b	856 ^c	8,49
IMS (% PV)	2,95 ^c	3,14 ^b	3,49 ^a	11,87
IMS (g kg ^{0,75} dia ⁻¹)	60,70 ^c	66,40 ^b	75,30 ^a	9,77

* Médias seguidas da mesma letra nas linhas não diferem significativamente ao nível de 1% de probabilidade.

IMS = Ingestão da matéria seca.

Fonte: adaptada de Santos (2006).

O trabalho conduzido por Ydoyaga (2006) com a finalidade de estimar o consumo de matéria seca de garrotas pastejando uma caatinga manipulada, suplementadas na época chuvosa do ano, no sertão de Pernambuco, sendo os tratamentos sem suplementação (T); 1 kg de torta de algodão (TA); 10 kg de palma forrageira (PF) e 5,0 kg de palma + 0,5 kg de torta de algodão (TA + PF), usando o Cr2O3 para determinação da produção fecal e FDAi para indigestibilidade e a estimativa do consumo de matéria seca calculada pela equação proposta por Detmann *et al.* (2001): $CMS = \{[(MSFE \times \%FDAiF) - FDAiS] / \%FDAiForr\} + CMSS$, em que: CMS = Consumo de MS (kg dia⁻¹); MSFE = MS fecal excretada (kg dia); FDAiF = concentração do indicador nas fezes (kg kg⁻¹); FDAiS = indicador presente no suplemento (kg dia⁻¹); FDAiForr = concentração do indicador na forragem (kg kg) e CMSS = consumo de matéria seca do suplemento (kg dia⁻¹). As novilhas das raças Guzerá e Girolando apresentaram um consumo total de 5,44 e 6,75 kg de MS dia⁻¹, respectivamente. Não houve efeito da suplementação sobre o consumo de MS do pasto, mas sim sobre o consumo de matéria seca total (Tabela 2).

Tabela 2 – Consumo total, de pasto, dos suplementos em kg de MS dia, em percentagem de peso vivo (PV) e média do peso vivo (kg), em função dos tratamentos: sem suplementação (T); suplementação com 1,0 kg de torta de algodão (TA); 10 kg de palma forrageira (PF) e 0,5 kg de torta de algodão + 5,0 kg de palma forrageira (TA + PF) e das raças utilizadas, período chuvoso, sertão de Pernambuco – 2003

Tratamentos	Consumo de MS (kg dia)			Média PV(kg)	PV%
	Pasto	Suplemento	Total		
Sem suplemento (T)	4,83 ^a	-	4,83 ^b	221	2,1 ^b
Torta algodão (TA)	6,58 ^a	0,73 ^a	7,31 ^a	242	3,0 ^a
Palma Forrageira (PF)	4,72 ^a	0,60 ^{ab}	5,32 ^{ab}	211	2,5 ^{ab}
TA + PF	5,67 ^a	0,39 ^b	6,06 ^{ab}	228	2,6 ^{ab}
Raça					
Guzerá	4,87 ^b	0,57 ^a	5,44 ^b	217	2,5 ^a
Girolando	6,16 ^a	0,59 ^a	6,75 ^a	234	2,8 ^a
CV (%)	38,91	30,02	26,48	0	14,93

Médias seguidas por letras iguais na coluna não diferem entre si ($P > 0,05$) Duncan.
Fonte: adaptada de Ydoyaga (2006).

A estimativa de consumo de forragem pelo animal pode ser a partir dos requerimentos de energia para manutenção e produção com o conhecimento da concentração energética da forragem, usando a equação: $CMS = (EM + EP)/EF$, onde CMS = consumo de matéria seca (kg dia); EM e EP = exigências de energia para manutença e produção, respectivamente (unidade energética/dia); e EF = energia da forragem (unidade energética kg MS⁻¹). De acordo com o método, pode-se observar é necessário determinar as exigências em energia que, segundo Detmann *et al.* (2001), diversos sistemas de predição de energia estão disponíveis, como o americano National Research Council (NRC), o britânico Agricultural and Food Research Council (AFRC), entre outros que fornecem dados ou equações a respeito da quantidade de energia necessária para atingir determinado desempenho animal, e deve-se optar por um deles para avaliar o alimento e o desempenho.

Dificuldades na aplicação desse método podem surgir devido às diferenças nas exigências para ganho quanto a raça, sexo e plano nutricional prévio, e em animais lactantes que podem apresentar períodos de perda de peso, no qual a energia corporal é desviada para o atendimento das exigências, além da gestação e a lactação, devendo-se nesta mensurar a produção de leite (BAKER, 1982; MOORE; SOLLEMBERGER, 1997).

A estimativa de consumo voluntário de forragem por animais em pastejo pelo método do comportamento animal teve início com os estudos de Stobbs (1973). O método é confiável e auxilia no entendimento de como os animais ajustam seu comportamento em função das variações ocorridas no pasto e no meio ambiente (CHACON; STOBBS; SANDLAND, 1976). A estimativa do consumo de matéria seca (CMS) se dá em função do tempo de pastejo (TP) e da taxa de pastejo (TX), em que $CMS = TP \times TX$, sendo considerado que $TX = NB \times TmB$, onde NB = número de bocados por unidade de tempo e TmB = tamanho médio de bocado (TB), assim $CMS = TP \times NB \times TmB$.

O uso do comportamento animal a pasto deve levar em consideração que os animais estão num ambiente heterogêneo e complexo, portanto o desempenho animal deve ser avaliado de modo temporal e

espacial. Carvalho *et al.* (2007) definem o tempo de alimentação como sendo o tempo de pastejo menos os intervalos intrarrefeições. A taxa de bocados como uma variável do pastejo é, usualmente, observada em diferentes períodos do dia, registrando-se o tempo necessário à ocorrência de um pré-determinado número de bocados.

O tempo de pastejo (TP) pode ser definido como o tempo em que o animal está apreendendo a forragem e mastigando-a, mais o tempo que o animal caminha ao longo da pastagem com a cabeça baixa, em busca de alimentos (CHACON; STOBBS; SANDLAND, 1976). Segundo Jamieson e Hodgson (1979), a avaliação do tempo de pastejo e de outras atividades, como ruminção e descanso deve ser realizada a cada dez minutos, desde o nascer até o por do sol, considerando o tempo de pastejo como a média das atividades registradas durante o período avaliado. Devem-se levar em consideração os dados qualitativos e quantitativos da forragem disponível, além do estado fisiológico, tamanho do animal, idade, sexo e efeito da suplementação.

O número de bocados (NB) deve ser avaliado visualmente, com uso de binóculos (FORBES, 1988) ou, segundo Chacon, Stobbs e Sandland (1976), por meio de um aparelho “vibracorder” e dois contadores (A e B), que medem o número de movimentos da mandíbula, sendo um contador (A) com ação contínua, enquanto o outro (B) funciona junto ao vibracorder, somente quando em atividade de pastejo. Não há consenso sobre o intervalo para a contagem do número de bocados, Stobbs (1975) recomenda intervalos de cinco minutos, enquanto Erlinger, Tolleson e Brown (1990) recomendam que as observações sejam realizadas de um a dois minutos distribuídas ao longo do dia.

O estudo conduzido por Chacon, Stobbs e Sandland (1976) mostrou que o NB deve ser calculado pela equação: $NB = Pd + Md + Mu + Ru$, em que Pd = bocado de apreensão; Md = bocado de mastigação com cabeça baixa; Mu = bocado de mastigação com cabeça alta, e Ru = bocado de ruminção.

O tamanho do bocado (TmB) é a quantidade de massa de forragem que o animal consegue apreender, normalmente mensurada pelo uso de animais fistulados no esôfago com coleta de extrusa e registro

dos números de bocados durante a coleta em curtos períodos de tempo (CHACON; STOBBS; SANDLAND, 1976). Pode ser calculado pela equação: $TMB = E / NB$, sendo E = peso seco da extrusa; NB = número de bocados. A coleta da extrusa por animal fistulado (Figura 4) tem sofrido restrição, principalmente devido ao bem-estar animal, além da contaminação por nitrogênio salivar e a ocorrência das perdas de materiais solúveis, que pode comprometer a digestibilidade e a acurácia das análises (MINSON; STOBBS; HEGARTY, 1976), além do pouco tempo de colheita da extrusa que pode não ser representativa da forragem consumida durante o período de pastejo (MCMENIMAN, 1997).

Figura 4 – Animal fistulado esôfago/coleta extrusa



Fonte: elaborada pelo autor.

A taxa de bocados pode ser determinada por meio do equipamento telemetry (LACA; UNGAR; SELIGMAM, 1992) sendo transmitidos

sons dos movimentos mandibulares, gravados em “receivers” e posteriormente analisados.

Outras alternativas foram testadas para estimar o TmB. Erlinger, Tolleson e Brown (1990) se referem à técnica de pesagem – pastejo – pesagem, em que o animal é pesado em intervalos de tempo suficientes para realização de 1.000 bocados, assim, o acréscimo do peso do animal é dividido por 1.000, e o resultado é o peso do bocado. O valor obtido é em massa verde de forragem, com base na MS disponível, extrapola-se para MS. Já Both *et al.* (1999) e De Vries (1995) fazem referência ao uso do método de *handplucking* ou coleta manual, em que se observa o animal pastejando e tenta-se coletar amostras de forragens manualmente imitando o animal.

Na estimativa de consumo de massa de forragem através do comportamento animal em pastejo, faz-se necessário considerar os níveis de escolha dos animais ordenados hierarquicamente para descrever o processo de pastejo, sendo de fundamental importância na interpretação das respostas comportamentais dos animais (CARVALHO *et al.*, 2013). O método de comportamento animal pode fornecer dados aproximados do pasto no período em que as observações foram realizadas, mesmo considerando que o tempo de pastejo possa ser registrado por vários dias, mas o peso e a taxa de bocados são registrados durante um período de tempo mais curto, às vezes pouco minutos a cada dia, o que pode não resultar em uma acurada estimativa do total consumido para um conjunto de dias ou um longo período de tempo. O comportamento do animal pode ser diferente de um dia para outro, de animal para animal, problema de seletividade animal, principalmente em pastagens naturais ou consorciadas.

O uso de sistemas automatizados e de aparelhos foram desenvolvidos para auxiliar na coleta de dados relacionados aos bocados, como os *Vibracorders*, APEC, *Medilog*, *Ethosys* e o *IGER Behaviour Recorder*. O último registra os movimentos mandibulares totais e os distingue em bocados e movimentos mandibulares não associados ao pastejo, além do tempo efetivo de alimentação, posteriormente analisados pelo software *Graze*.

A Caatinga é um conjunto de diversos ecossistemas, rica em espécies lenhosas decíduas, cactáceas e plantas herbáceas anuais e de ciclo curto (ANDRADE *et al.*, 2013), que são explorados pelos herbívoros domésticos de formas diversificadas, apresentando uma plasticidade no comportamento com diferenças claras de comportamento no pastejo (CELAYA *et al.*, 2007; CELAYA *et al.*, 2008). Os caprinos e ovinos caracterizam-se pela extrema capacidade de adaptação às mais diversas condições ambientais e às diferentes dietas, associada à sua acentuada capacidade de aclimação (CUNHA *et al.*, 1997). Os ovinos parecem ser altamente competitivos em relação às espécies herbáceas mais palatáveis e de qualidade nutricional superior, enquanto os caprinos demonstram melhor aproveitamento quando se alimentam de pasto de alta qualidade com a vegetação lenhosa, permitindo uma utilização mais eficiente e diversificada dos recursos alimentares disponíveis (CELAYA *et al.*, 2007).

Nascimento Júnior (2018) conduziu um trabalho em duas áreas de caatinga para avaliação do comportamento dos caprinos em pastejo, em três períodos do ano, sendo utilizados, em cada área, três caprinos para observação, sendo que, em um dos animais, foi colocado um GPS e uma câmera (Figura 5). Cada animal foi monitorado por meio de observação direta, pelo método de amostragem focal (ALTMAN, 1974), por um avaliador devidamente treinado, tendo em mãos uma planilha com etograma e um cronômetro com relógio digital (NAKO, modelo NA-613D) para o registro do tempo de cada atividade exercida pelo animal de forma contínua.

Figura 5 – Caprinos equipados com GPS e câmera para a avaliação do comportamento



Fonte: Nascimento Júnior (2018).

As câmeras digitais (Sony, modelo HDR-AS20) foram colocadas no animal em coletes na região do esterno, permitindo a filmagem da boca do animal apreendendo o alimento. As câmeras registraram, em forma de vídeos, as atividades realizadas pelos animais com o propósito de averiguar suas preferências durante o pastejo. O percurso realizado pelos caprinos, durante os períodos de avaliação, foi determinado por meio de um aparelho de GPS Garmin e Trex-10 (H), fixado no colete em região próxima à escápula. Os aparelhos foram programados para registrar os pontos em intervalos de trinta segundos, os quais foram plotados com ajuda do *software* Trackmaker para verificar a distância percorrida por cada animal. O comportamento animal em pastejo foi realizado em dois dias consecutivos das 6 às 16h30. Os resultados mostraram que os caprinos gastaram maior tempo na ingestão das espécies arbustivas/arbóreas durante o período seco nas áreas avaliadas, sendo que, no período chuvoso, a contribuição das arbustivas/arbóreas na dieta dos caprinos se deu pelas folhas (71%). Concluiu-se que os caprinos apresentam alta plasticidade no hábito alimentar, podendo comportar-se como um animal pastejador ou ramoneador, o que depende da quantidade e qualidade da forragem.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A produção animal nos ecossistemas semiáridos, principalmente no nordeste do Brasil, é dependente das condições climáticas que influenciam de forma direta na produção de massa de forragem e pela diversidade de espécies forrageiras representadas pela Caatinga, nos estratos herbáceos, subarbustivos, arbustivo e arbóreo. Assim, as técnicas utilizadas para estimativa de consumo de forragem em pastejo pelos ruminantes foram desenvolvidas e testadas em pastagens cultivadas e na maioria homogêneas e poucas nas pastagens naturais, usando os métodos diretos e indiretos, com medidas no próprio animal, requerimento de energia para manutenção e produção de indicadores internos e externos, da produção fecal/indigestibilidade, por meio do comportamento ingestivo do animal e auxílios dos recursos de equipamentos tais como *Vibracorders*, *APEC*, *Medilog*, *Ethosys*, o *IGER Behaviour Recordere* gravadores acústicos, todos com suas limitações e fontes de erros, mas com avanços significativos pelos resultados obtidos. Considerando a realidade da região Semiárida do Nordeste do Brasil, os métodos de estimativa de consumo por animais em pastejo existentes e aplicados na Caatinga necessitam de adaptações, onde o uso de indicadores e o do comportamento animal ingestivo pode ser uma opção. Mesmo com todas as dificuldades na determinação dos componentes, tempo de pastejo e taxa de pastejo, pode ser viável, desde que os avanços nos recursos da tecnologia se tornem acessíveis, pois os pequenos ruminantes têm suas particularidades, principalmente na seletividade das partes dos vegetais constituintes da Caatinga e da velocidade de apreensão dos alimentos. Assim consideramos que um maior aprofundamento na técnica com o comportamento animal em pastejo no ecossistema semiárido, associados à combinação de outros procedimentos, possibilite os esclarecimentos necessários para atingir os objetivos propostos, estimativa do consumo animal nos ecossistemas semiárido.

REFERÊNCIAS

- ALTMANN, J. Observational study of behavior: sampling methods. *Behaviour*, p. 227-267, 1974.
- ANDRADE, A. C.; NASCIMENTO JÚNIOR, D. *Avaliação da digestibilidade e do consumo de pasto*. 2001. Disponível em: <http://atividaderural.com.br/artigos/530b7cf874df1.pdf>. Acesso em: 20 maio, 2005.
- ANDRADE, A. P.; SILVA, D. S.; BRUNO, R. L. A.; FERREIRA, G. D. G.; ALBUQUERQUE, A. L. S. A caatinga no contexto da variabilidade sazonal da disponibilidade de forragem. *In: SILVA, G. S.; GUERRA, I. Diversidade do saber científico: reflexões sobre ciência, saúde e esporte*. Juazeiro do Norte: IFCE, 2013. p. 17-39.
- ASTIGARRAGA, L. Técnicas para la medición del consumo de ruminantes en pastoreo. *In: SIMPÓSIO SOBRE AVALIAÇÃO DE PASTAGENS COM ANIMAIS*, 1997, Maringá. *Anais [...]*. Maringá: Cooper Graf. Artes Gráficas Ltda., 1997. p. 1-23.
- BAKER, R. D. Estimating herbage intake from animal performance. *In: LEAVER, J. D. (ed.). Herbage intake handboock*. Dumfries: The British Grassland Society, 1982. p. 77-94.
- BERCHIELLI, T. T.; ANDRADE, P.; FURLAN, C. L. Avaliação de indicadores internos em ensaios de digestibilidade. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa/MG, v. 29, n. 3, p. 830-833, 2000.
- BERCHIELLI, T. T.; OLIVEIRA, S. G.; GARCIA, A. V. Aplicação de técnicas para estudos de ingestão, composição da dieta e digestibilidade. *Archives of Veterinary Science*, v. 10, p. 29-40, 2005.
- BOTH, M. C.; SILVA, M. A.; FISCHER, V.; SEIDEL, E. Utilização da técnica de coleta manual para estimativa de consumo de forragens por ovinos em pastejo. *In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA*, 26., 1999, Porto Alegre. *Anais [...]*. Porto Alegre: SBZ, 1999.

BURNS, J. C.; POND, K. R.; FISHER, D. S. Measurement of forage intake. In: FAHEY JÚNIOR, G. C. (ed.). *Forage quality evaluation and utilization*. Nebraska: American Society of Agronomy, 1994. 988 p.

CAMPBELL, N. A.; ARNOLD, G. W. The visual assessment of pasture yield. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry*, v. 13, p. 263-67, 1973.

CARDOSO, R. M. *Efeito da adubação da pastagem de capim gordura (Melinis minutiflora, Beauv), sobre o consumo de nutrientes e a produção de leite*. 1977. 61 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa/MG, 1977.

CARVALHO, P. C. F.; TRINDADE, J. K.; BREMM, C.; MEZZALIRA, J. C.; FONSECA, L. Comportamento ingestivo de animais em pastejo. In: REIS, R. A.; BERNARDES, T. F.; SIQUEIRA, G. R. (ed.). *Forragicultura: ciência, tecnologia e gestão dos recursos forrageiros*. Jaboticabal: M. de L. Brandel-ME, 2013. p. 525-545.

CARVALHO, P. C. F.; KOZLOSKI, G. V.; RIBEIRO FILHO, H. M. N.; REFFATTI, M. V.; GENRO, T. C. M.; EUCLIDES, V. P. B. Avanços metodológicos na determinação do consumo de ruminantes em pastejo. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa/MG, v. 36, supl. esp., p. 151-170, 2007.

CELAYA, R.; BENAVIDES, R.; GARCÍA, U.; FERREIRA, L. M. M. Grazing behaviour and performance of lactating suckler cows, ewes and goats on partially improved heathlands. *Animal*, v. 2, p. 1818-1831, 2008.

CELAYA, R.; OLIVÁN, M.; FERREIRA, L. M. M.; MARTÍNEZ, A. Comparison of grazing behaviour, dietary overlap and performance in non-lactating domestic ruminants grazing on marginal heathland areas. *Livestock Science*, v. 106, n. 2, p. 271-281, 2007.

CHACON, E.; STOBBS, T. H.; SANDLAND, R. L. Estimation of herbage consumption by cattle using measurements of eating behavior. *Journal of the British Grassland Society*, v. 31, p. 81-87, 1976.

COCHRAN, R. C.; ADAMS, D. C.; WALLACE, J. D.; GALYEAN, M. L. Predicting digestibility of different diets with internal markers: evaluation of four potential markers. *Journal of Animal Science*, v. 63, p. 1476-1483, 1986.

COUTINHO, M. J. F.; CARNEIRO, M. S. S.; EDVAN, R. L.; PINTO, A. P. A pecuária como atividade estabilizadora no semiárido brasileiro. *Veterinária e Zootecnia*, v. 20, n. 3, p. 434-441, 2013.

CUNHA, E. A.; SANTOS, L. E.; RODA, D. S.; POZZI, C. R.; OTSUK, I. P.; BUENO, M. S.; RODRIGUES, C. F. C. Efeito do sistema de manejo sobre o comportamento em pastejo, desempenho ponderal e infestação parasitária em ovinos suffolk. *Pesquisa Veterinária Brasileira*, v. 17, n. 3/4, p. 105-111, 1997.

DE VRIES, M. F. W. Estimating forage intake and quality in grazing cattle: are consideration of the hand-plucking method. *Journal Range Management*, v. 48, n. 4, p. 370-375, 1995.

DETMANN, E. *Cromo e constituintes da forragem como indicadores, consumo e parâmetros ruminais em novilhos mestiços, suplementados, durante o período das águas*. 1999. 115 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa/MG, 1999.

DETMANN, E. *et al.* Cromo e indicadores internos na determinação do consumo de novilhos mestiços, suplementados, a pasto. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa/MG, v. 30, n. 5, p. 1600-1609, 2001.

DOVE, H.; MAYES, R. W. Plant wax components: a new approach to estimating intake and diet composition in herbivores. *American Institute of Nutrition*, v. 126, p. 13-26, 1996.

DOVE, H.; MAYES, R. W. The use of plant wax alkanes as marker substances in studies of the nutrition of herbivores: a review. *Australian Journal of Agricultural Research*, v. 42, p. 913-952, 1991.

DRUMOND, M. A.; KILL, L. H. P.; LIMA, P. C. F. Estratégia para uso sustentável da biodiversidade da caatinga. In: SEMINÁRIO BIODIVERSIDADE DE CAATINGA, 2000, Petrolina: *Anais [...]*. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2000.

ERLINGER, L. L.; TOLLESON, D. R.; BROWN, C. J. Comparison of bite size, biting rate and grazing time of beef heifers from herds distinguished by mature size and rate of maturity. *Journal Animal Science*, v. 68, p. 3578-3587, 1990.

FERREIRA, M. A.; VALADARES FILHO, S. C.; MARCONDES, M. I.; PAIXÃO, M. L.; PAULINO, M. F.; VALADARES, R. F. D. Avaliação de indicadores em estudos com ruminantes: digestibilidade. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa/MG, v. 38, n. 8, p. 1568-1573, 2009.

FONTANELI, R. S.; FONTANELI, R. S. Uso e abuso da espectroscopia no infravermelho (NIRS). In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL AVANÇOS EM TÉCNICAS DE PESQUISA EM NUTRIÇÃO DE RUMINANTES, 2007, Pirassununga. *Anais [...]*. Pirassununga, 2007. p. 160-193.

FORBES, T. D. A. Researching the plant animal interface: the investigation of ingestive behaviour in grazing animals. *Journal Animal Science*, v. 66, p. 2369-2379, 1988.

GARDNER, A. L. *Estudio sobre los métodos agronómicos para la evaluación de las pasturas*. Montevideo: Instituto Interamericano de Ciências Agrícolas, 1967. 80 p.

GENRO, T. C. M. *et al.* Técnicas para estimativa de consumo sob pastejo. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO DA PASTAGEM, 6., 2012, Viçosa/MG. *Anais [...]*. Viçosa/MG: UFV, 2012. p. 21-51.

GOMIDE, J. A. Produção de leite em regime de pasto. *Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia*, Viçosa/MG, v. 22, n. 4, p. 591-613, 1993.

GORDON, I. J.; ILLIUS, A. W. Foraging strategy: from monoculture to mosaics. In: SPEEDY, A. W. (ed.). *Progress in sheep and goat research*. Wallingford: CAB International, 1992. p. 153-178.

HAYDOCK, K. P.; SHAW, N. H. The comparative yield method for estimating dry matter yield of pasture. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry*, v. 15, p. 663-670, 1975.

JAMIESON, W. S.; HODGSON, J. The effect of variation in sward characteristics upon the ingestive behaviour and herbage intake of calves and lambs under a continuous stocking management. *Grass Forage Science*, v. 34, p. 273-82, 1979.

KOZLOSKI, G. V. *et al.* Uso do óxido de cromo como indicador da excreção fecal de bovinos em pastejo: variação das estimativas em função do horário de amostragem. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 36, n. 2, p. 599-603, mar./abr. 2006.

LACA, E. A.; UNGAR, E. D.; SELIGMAN, N. G. Effects of sward height and bulk density on bite dimensions of cattle grazing homogeneous swards. *Grass and Forage Science*, v. 47, p. 91-102, 1992.

LIMA, G. D. C. Alternativas de produção e conservação de recursos forrageiros estratégicos no semi-árido nordestino. In: ENCONTRO NACIONAL DE PRODUÇÃO DE CAPRINOS E OVINOS, 1., 2006. *Anais [...]*. Campina Grande: SEDAP/SEBRAE/INSA, 2006.

LIPPKE, H. Estimation of forage intake by ruminants on pasture. *Crop Science*, v. 42, p. 869-872, 2002.

MANNETJE'T, L. Measuring quality of grassland vegetation. In: MANNETJE'T, L. (ed.). *Measurement of grassland vegetation and animal production*. Berkshire: CAB International, 1987. cap. 4, p. 63-95.

MINSON, D. J.; STOBBS, T. H.; HEGARTY, M. P. Measuring the nutritive value of pasture plants. In: SHAW, N. H.; BRYAN, W. W. (ed.). *Tropical pasture research*. Oxford: CAB International, 1976. p. 308-338.

MCMENIMAN, N. P. Methods of estimating intake of grazing animals. In: SIMPÓSIO SOBRE TÓPICOS ESPECIAIS EM ZOOTECNIA, 33., 1997, Juiz de Fora. *Anais [...]*. Juiz de Fora: SBZ, 1997. p. 133-168.

MOORE, J. E.; SOLLENBERBER, L. E. Techniques to predict pasture intake. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE PRODUÇÃO ANIMAL EMPASTEJO, 1997, Viçosa. *Anais [...]*. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1997. p. 81-96.

NASCIMENTO JÚNIOR, J. R. S. *Comportamento alimentar de caprinos em pastejo e características morfo-qualitativas de cibalas em áreas de caatinga*. 2018. 110 f. Tese (Doutorado Integrado em Zootecnia) – Universidade Federal da Paraíba, Areia/PB, 2018.

NEWMAN, J. A.; PARSONS, A. J.; PENNING, P. D. A note on the behavioral strategies used by grazing animals to alter their intake rates. *Grass and Forage Science*, v. 49, p. 502-505, 1994.

NOLLER, C. H.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; QUEIRÓZ, D. S. Determinando as exigências nutricionais de animais em pastejo. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGENS, 13., 1996, Piracicaba. *Anais [...]*. Piracicaba: Fealq, 1996. p. 319-352.

OLIVEIRA, F.; SALATINO, A. Major constituents of the foliar epicuticular waxes of species from the Caatinga and Cerrado. *Zeitschrift für Naturforschung*, v. 55, p. 688-692, 2000.

OWENS, F. N.; HANSON, C. F. External and internal markers for appraising site and extent of digestion in ruminants. *Journal of Dairy Science*, v. 75, p. 2605-2617, 1992.

PARIS, W.; CECATO, U.; FUKUMOTO, N.; DAMASCENO J. C.; BARBEIRO, L.; MENEZES, L. F. G. Uso de *N*-alcanos para estimar o consumo e a digestibilidade da pastagem de coastcross-1 consorciada com *Arachis pintoi*. *Revista Brasileira Saúde Produção Animal*, v. 10, n. 3, p. 525-535, jul./set. 2009.

PEDREIRA, C. G. S. Avanços metodológicos na avaliação de pastagens. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 2002, Recife. *Anais [...]*. Recife: SBZ, 2000.

PENNING, P. D. Animal-based techniques for estimating herbage intake. In: PENNING, P. D. (ed.). *Herbage intake handbook*. 2. ed. Reading: The British Grassland Society, 2004. p. 53-94.

PENNING, P. D.; JOHNSON, R. H. The use of internal markers to estimate herbage digestibility and intake. 2. Indigestible acid detergent fiber. *Journal Agricultural Science*, p. 100-133, 1983.

PENNING, P. D.; RUTTER, S. M. Ingestive behaviour. *In*: PENNING, P. D. (ed.). *Herbage Intake Handbook*. 2. ed. Reading: The British Grassland Society, 2004. p. 151-175.

PETER, A. M. B. *Composição botânica e química da dieta de bovinos, caprinos e ovinos em pastoreio associado na caatinga nativa do semiárido de Pernambuco*. 1992. 86 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 1992.

PIAGGIO, L. M.; PRATES, E. R.; PIRES, F. F.; OSPINA, H. Avaliação das cinzas insolúveis em ácido, fibra em detergente ácido indigestível e lignina em detergente ácido indigestível como indicadores internos da digestibilidade. *Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia*, Viçosa/MG, v. 20, n. 3, p. 306-312, 1991.

POND, K. R.; BURNS, J. C.; FISHER, D. S. *Intake monitoring systems: electronic and markers*. Raleigh: Department of Animal Science, 1995. 15 p.

SALIBA, E. O. S.; RODRIGUEZ, N. M. Uso de indicadores na avaliação da digestibilidade em ruminantes. *In*: SIMPÓSIO INTERNACIONAL AVANÇOS EM TÉCNICAS DE PESQUISA EM NUTRIÇÃO DE RUMINANTES, 2., 2009, Pirassununga. *Anais [...]*. Pirassununga: USP, 2009. p. 50-67.

SALIBA, E. O. S.; PILO-VELOSO, D.; RODRIGUEZ, N. M.; CAPANEMA, E. A.; CHEN, L. C. Structural characterization of lignin from *Eucalyptus Grandis* before and after exposure to the gastrointestinal tract of ruminants. *In*: SIMPÓSIO MUNDIAL DE LIGNINAS, 8., 2004, São Carlos. *Anais [...]*. São Carlos, 2004.

SALIBA, E. O. S.; RODRIGUEZ, N. M.; PILO-VELOSO, D.; TEIXEIRA, G. L.; RIBEIRO, S. L. M. Estudo comparativo da digestibilidade pela técnica da coleta total com lignina purificada como indicador de digestibilidade para ovinos em experimento com feno de Tifton 85. *In*: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 40., 2003, Santa Catarina. *Anais [...]*. Santa Catarina: SBZ, 2003.

SANTOS, E. M. *Estimativa de consumo e desempenho produtivo de cordeiros em pastejo na caatinga, submetidos a diferentes níveis de suplementação*. 2006. 42 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Campina Grande, Patos/PB, 2006.

SILVA, D. S.; ANDRADE, A. P. A Caatinga como suporte forrageiro. *In: REIS, R. A.; BERNARDES, T. F.; SIQUEIRA, G. R. (ed.). Forragicultura: ciência, tecnologia e gestão dos recursos forrageiros*. Jaboticabal: M. de L. Brandel-ME, 2013. p. 187-199.

SMITH, A. M.; REID, J. T. Use of chromic oxide as an indicator of fecal output for the purpose of determining the intake of a pasture herbage by grazing cows. *Journal of Dairy Science*, v. 38, n. 5, p. 515-524, 1955.

SOUSA, S. V. *Estimativa do consumo, digestibilidade da matéria seca e metabolismo mineral ósseo em ovelhas Santa Inês suplementadas no pré e pós-parto*. 2014. 79 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Campus Professora Cinobelina Elvas, Universidade Federal do Piauí, Bom Jesus/Piauí, 2014.

STOBBS, T. H. The effect of plant structure on the intake of tropical pastures. I. Variation in the bites size of the grazing cattle. *Australian Journal Agricultural Resource*, v. 24, n. 6, p. 809-819, 1973.

STOBBS, T. H. The effect of plant structure on the intake of tropical pastures. III. Influence of fertilizer nitrogen of the size of bite harvested by jersey cows grazing *Setaria anceps* cv. kazungula swards. *Australian Journal Agricultural Resource*, v. 26, p. 997-1007, 1975.

TEIXEIRA, I. A. M. A.; CANESIN, R. C.; BERCHIELLI, T. T.; RESENDE, K. T. Métodos biológicos e laboratoriais na avaliação da qualidade de plantas forrageiras. *In: REIS, R. A.; BERNARDES, T. F.; SIQUEIRA, G. R. (ed.). Forragicultura: ciência, tecnologia e gestão dos recursos forrageiros*. Jaboticabal: M. de L. Brandel-ME, 2013. p. 457-478.

YDOYAGA, D. F. *Caracterização da Caatinga, consumo e desempenho de novilhas das raças Guzerá e Girolando, suplementadas durante o período chuvoso, em Serra Talhada-PE*. 2006. 107 f. Tese (Doutorado Zootecnia) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2006.

RESUMOS

Application of spectral indexes of vegetation in fragments of natural pastures of semiarid in Ceará

Leonardo Fiusa de Moraes*¹
Ana Clara Rodrigues Cavalcante²
Deodato do Nascimento Aquino³
Ellen da Costa Gomes¹
Francieli de Oliveira Costa¹
Carlos Alexandre Gomes Costa¹
Magno José Duarte Cândido¹

Remote sensing data have significant potential for the study of vegetation dynamics and this allows monitoring of events such as the beginning or the peak of pasture growth. As morphological changes occur in the forage canopy, there are also variations in the absorbed, transmitted and reflected fractions of the incident solar radiation, and these variations allow the monitoring of the vegetation. The objective in this study was to evaluate the variability of the normalized difference vegetation index (NDVI) and the soil adjusted vegetation index (SAVI) in two fragments of natural pastures located in Tauá-CE during the dry and rainy period of 2018. Two areas of natural pasture were chosen, both located in Cachoeirinha, Tauá - CE. The polygon of the studied area was made, obtaining the limits through terrestrial control points through a GPS, and in then processed in the tool Google Earth pro. Images of the sentinel-2 satellite were obtained, representing the rainy

¹ Universidade Federal do Ceará, Fortaleza-CE, Brasil.

² Embrapa Caprinos e Ovinos, Sobral-CE, Brasil.

³ Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária, Fortaleza-CE, Brasil.

* leonardofiusa@yahoo.com.br

season (May) and the dry period (September) of 2018. Initially, the atmospheric correction of the images was performed using the SCP routine (Semi-Automatic Classification Plugin) to obtain the vegetation indexes using the raster calculator tool of the free software QGIS (version 2.18). The bands 4 (red) and 8 (near infrared) were used to calculate the indexes means using the following equations: $NDVI = (B8 - B4) / (B8 + B4)$ and $SAVI = (1 + L) * (B8 - B4) / (B8 + B4 + L)$, where L is the soil adjustment factor (0.5). The preserved pasture presented higher values for NDVI and SAVI (0.50 and 0.38, respectively) in comparison to the thinned pasture (0.43 and 0.35), in the evaluation performed during the rainy season. During the dry season, there was no statistical difference ($p > 0.05$) between the thinned and preserved pastures regarding NDVI (mean of 0.32), and SAVI (0.20). The lower values of SAVI in the rainy season can be explained by the presence of the soil adjustment factor (L), which, for considering soil exposure, generates a lower final value when compared to NDVI. The higher vegetation indexes obtained in the rainy season occurred due to the greater vigor of the vegetation during this time of the year. This happens because the vegetation is rich in photosynthetic pigments, which are mainly found in photosynthetically active leaves and these are the ones that absorb the energy, reducing the reflectance.

Keywords: Spectral response. Remote sensing. Vegetation vigor.

Acknowledgements: To Capes, for financing the Project and for providing the scholarship.

Avaliação do sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) utilizando diferentes adubos

Antonio Ivanilson Moreira Souza*¹
Glêidson Bezerra de Góes¹
Antonio Geovane de Morais Andrade¹
Raquel Miléo Prudêncio¹
Rildson Melo Fontenele¹

A cultura do sorgo tem grande importância para a agropecuária nordestina, predominando como suporte forrageiro na zona semiárida, devido à maior tolerância à deficiência hídrica no solo, podendo ser explorada em regiões onde a precipitação pluvial varia entre 300-700 mm anuais. Dessa forma, objetivou-se avaliar o desenvolvimento do sorgo, utilizando-se diferentes adubos na densidade de quinze plantas por metro linear. O experimento foi conduzido no setor de vegetação da Faculdade de Tecnologia CENTEC – FATEC, Sertão Central, no ano de 2018. O delineamento experimental foi o de blocos inteiramente casualizados, com três tratamentos (esterco bovino, esterco ovino, NPK101010 comercial e testemunha) com quatro repetições em cada área. A dose de NPK foi de 428,5 kg ha, já para os outros tratamentos foi de 40t/ha, sendo aplicada na fundação em sulcos com uma densidade de 15 plantas por metro linear. O plantio do sorgo da variedade ponta negra foi feito manualmente em leiras com espaçamento de 0,70m entre linhas e cada tratamento com 1,5 m linear. O plantio foi realizado em quatro canteiros de 1 por 6 metros divididos em quatro parcelas de 1,5 m cada. Três dias após semeadura, realizou-se desbaste para manter as plantas na quanti-

¹ Faculdade de Tecnologia CENTEC – FATEC Sertão Central, Centro de Ciências Agrárias.
* ivanilsonsouzaagro@gmail.com

dade populacional desejada. A irrigação foi manual em todo o período de desenvolvimento, e, após 90 dias de plantio, realizou-se avaliação de crescimento, sendo então observadas as variáveis: altura de planta (AP), número de folhas (NF) e diâmetro de caule (DC). Os dados obtidos foram expressos em centímetro (cm) e submetidos à análise de variância, e as médias comparadas entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Observou-se que, para a variável AP, apenas o esterco bovino diferiu, apresentando menor valor médio (139,40 cm). Para DC, o melhor resultado foi para NPK (12,0 cm), seguido pelo esterco ovino (10,70 cm) e parcela testemunha (10,50 cm), sendo o menor valor médio obtido com o esterco bovino (9,60 cm). Já para NF, não houve diferença entre os tratamentos, apresentando valores médios de 6,60; 6,60; 6,40; e 7,20 cm, para esterco bovino, ovino, NPK e testemunha, respectivamente. Tais resultados podem ser justificados pelo fato de que a área onde havia a adubação com esterco ovino e bovino estava sombreada durante toda a fase experimental. Dessa forma, havendo uma camuflagem do efeito do tratamento sobre as variáveis estudadas. Diante disso, conclui-se que mais estudos são necessários para se saber o real efeito da adubação sobre as variáveis estudadas.

Palavras-chave: Nordeste. Adubação. Forragem.

Biomass of forage cultivars in the dry season in the semiarid of Alagoas

Andressa Karoline dos Santos¹
Bruna Kelly da Silva Maciel¹
Joel Lago de Brito Junior¹
Maria Eloiza Oliveira Ferreira¹
Rafael João dos Santos Valentim¹
Ronielly de Santana Silva¹
Rosimeire Oliveira de Souza¹
Mariah Tenório de Carvalho Souza²

The objective of this work was to evaluate the biomass production of *Panicum maximum* and *Urochloa* sp. in the dry season, in the semi-arid region of Alagoas. The experiment was carried out at the Demonstrative and Experimental Forage Center of the Federal University of Alagoas, *Campus Arapiraca*. The climate of the region is characterized as tropical dry type Aw 'according to the classification of Köppen and Geiger, with average temperature of 23.7 ° C and average annual rainfall of 752 mm. Two cultivars of *Panicum maximum* (cv. BRS Zuri and cv. Massai) and three of *Urochloa* sp. (*U. decumbens* - cv. Basilisk, *U. brizantha* - cvs Piatã and Paiaguás), in a completely randomized design. Planting fertilization and correction were done according to soil chemical analysis. Two cuts were performed during the dry season (September 2017 to January 2018) and the means were

¹ Graduandos em zootecnia da UFAL Campus Arapiraca, Arapiraca-AL, Brasil.

² Pesquisadora PDCR, UFAL Campus Arapiraca, Arapiraca-AL, Brasil.

* andressa2043@gmail.com

submitted to analysis of variance with Tukey test at 5% probability. The cultivar BRS Zuri showed a higher dry biomass production (1750 kg ha⁻¹) when compared to the cultivar Massai (980 kg ha⁻¹). The cultivar Basilisk had a superior production ($p < 0.05$) to all evaluated cultivars (2940 kg ha⁻¹). Among the Brachiarias, cv. Paiaguás obtained lower dry biomass (1510 kg ha⁻¹). The *U. decumbens* species obtained the best result among all cultivars evaluated for the dry season in the region of the Alagoas, however the study should be continued for better accuracy of the experimental results.

Keywords: Brachiaria. Panicum, Productivity.

Acknowledgements: Capes, CNPq, Fapeal, Ufal.

Capacidade corporal de ovinos da raça Santa Inês em pastagem de *Brachiaria brizantha*

Ângela Maria Quintão Lana*¹
Joelma da Silva Souza¹
Gelson dos Santos Difante²
Roldão Teixeira de Carvalho Neto³
Pedro Henrique Cavalcante Ribeiro³
José Igor Gomes Bezerra³
Tânia Dayana do Carno¹
Marislayne de Gusmão Pereira³

Objetivou-se avaliar a capacidade corporal de ovinos de corte em pastagem de *Brachiaria brizantha* sob sistema intermitente. O experimento foi conduzido na Universidade Federal do Rio Grande do Norte em área experimental de 2,88ha dividida em oito módulos de 0,36ha, subdivididos em seis piquetes de 0,06ha. Foram utilizados 24 cordeiros machos e 24 fêmeas com 90 dias de idade e peso vivo de 19,04± 0,96 kg. O delineamento utilizado foi em bloco ao acaso com quatro cultivares (Marandu, Xaraés, Piatã e Paiaguás) e 12 animais (repetição). O índice de capacidade corporal (CC₁) foi calculado por meio do quociente entre o peso vivo (PV) e comprimento corporal (CC) e o índice de capacidade corporal (CC₂) pelo quociente entre o PV e operímetro torácico (PT).

¹ Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte-MG, Brasil.

² Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande- MS, Brasil.

³ Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal-RN, Brasil.

* angelaquintao@gmail.com

As estimativas dos parâmetros de regressão foram obtidas pelo método polinomial. Houve efeito linear crescente para CC_1 em função das idades, sexos e cultivares (Marandu = $0,016x + 0,273$; $r^2 = 0,955$, Xaraés = $0,0061x + 0,349$; $r^2 = 0,868$, Piatã = $0,0089x + 0,324$; $r^2 = 0,871$, Paiaguás = $0,007x + 0,338$; $r^2 = 0,928$ para fêmeas. E para os machos nas cvs. Xaraés = $0,0055x + 0,362$; $r^2 = 0,603$, Piatã = $0,0011x + 0,29$; $r^2 = 0,852$, Paiaguás = $0,0064x + 0,347$; $r^2 = 0,883$). No CC_2 observou-se efeito linear nas (cvs. Marandu = $0,005x + 0,0242$; $r^2 = 0,843$, Xaraés = $0,0003x + 0,257$; $r^2 = 0,710$, Piatã = $0,0005x + 0,241$; $r^2 = 0,777$ e efeito quadrático na cv. Paiaguás = $0,2912e^{0,0023x}$ $r^2 = 0,7772$). Os valores de CC_1 foram superiores a 0,50 kg cm para todos os ovinos, o que indica animais de conformação brevilinea, que é desejável para produção de carne. Foi observado maior CC_1 (6 kg cm) para fêmeas na cv. Marandu e machos na cv. Piatã com 4,22 kg cm aos 358 dias de idade. Nessa idade, o CC_2 das fêmeas foi maior nas cultivares Paiaguás, Marandu e Piatã, com valores de 0,67, 0,43 e 0,43, respectivamente. Os machos apresentaram CC_2 de 0,38 na cv. Paiaguás. Nas demais cultivares, não houve ajuste da função para a variável. Houve maior incremento nos valores de CC_1 em relação ao CC_2 em ambos os sexos e cultivares, com o aumento da idade dos animais. O CC reduz a taxa de crescimento a partir da idade em que o crescimento ósseo estabiliza. Por outro lado, o PV e o PT podem aumentar com o aumento da idade dos animais, em condições favoráveis. A capacidade corporal de ovinos de corte da raça Santa Inês mantidos em pastagem de *Brachiaria brizantha* sob sistema intermitente evidencia a potencialidade da utilização dessas cultivares para produção de carne.

Palavras-chave: Biometria. Produção animal. Forragem. Medidas zoométricas.

Agradecimentos: Ao CNPq pelo financiamento do experimento e concessão de bolsas de estudos e à Fapemig pelo auxílio concedido.

Características morfológicas do sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) em resposta a tipos de adubação

Raquel Miléo Prudêncio*
Glêidson Bezerra de Góes¹
Antonio Geovane de Morais Andrade¹
Antonio Ivanilson Moreira Souza¹
Rildson Melo Fontenele¹

A escolha da densidade de semeadura do sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) varia em função do ciclo da cultivar e das condições de umidade. As menores densidades podem propiciar maior eficiência na absorção de nutrientes pela cultura do sorgo. Com isso, objetivou-se neste trabalho avaliar o desenvolvimento do sorgo utilizando diferentes adubos na densidade de vinte plantas por metro linear. O experimento foi conduzido no setor de vegetação da Faculdade de Tecnologia CENTEC – FATEC Sertão Central no ano de 2018. O delineamento experimental foi o de blocos inteiramente casualizados, com três tratamentos (esterco bovino, esterco ovino, NPK101010 comercial e testemunha) com quatro repetições. A dose de NPK foi de 428,5 kg ha, já para os outros tratamentos foi de 40t/ha, sendo aplicada na fundação em sulcos com uma densidade de 20 plantas por metro linear. O plantio do sorgo da variedade ponta negra foi feito manualmente em leiras com espaçamento de 0,70 m entre linhas e cada tratamento com 1,5 m linear. O plantio foi realizado em quatro canteiros de 1 por 6 metros divididos em quatro parcelas de 1,5 m cada. Três dias após semeadura, realizou-se

¹ Faculdade de Tecnologia CENTEC – FATEC – Sertão Central, Centro de Ciências Agrárias.
* raquelprudencio16@gmail.com

desbaste para manter as plantas na quantidade populacional desejada. A irrigação foi manual em todo período de desenvolvimento e, após 90 dias de plantio, realizou-se avaliação de crescimento, onde foram observadas as variáveis: altura de planta, número de folhas e diâmetro de caule. Os dados obtidos foram expressos em centímetro (cm) e submetidos à análise de variância, e as médias comparadas entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Não houve diferença para altura de planta adubadas com diferentes fontes de adubos, apresentando valores médios de 225,0; 204,60; 217,60 e 205,70 para esterco bovino, ovino, NPK e testemunha, respectivamente. Para o diâmetro de caule, o único tratamento que diferiu foi esterco ovino (10,20 cm). Isso pode ter ocorrido devido ao sombreamento da área durante todo o período experimental. Já para o número de folha, o melhor resultado foi para o tratamento NPK (9,40 cm). Sendo que os tratamentos com esterco bovino e ovino não diferiram entre si, apresentando valores médios de 7,0 e 7,2 cm, respectivamente. Seguido pela parcela testemunha, que apresentou o menor valor médio (6,60 cm). Portanto, conclui-se que, para as condições desse experimento, depois do adubo NPK, o esterco bovino é o que apresenta os melhores resultados para as variáveis estudadas.

Palavras-chave: Adubação. Forragem. Nordeste.

Carcass weight and yield of sheep supplemented with three alternative sources from the biodiesel production chain in substitution to soybean meal

Leane Veras da Silva*¹
Magno José Duarte Cândido¹
Clemente Fernandes dos Santos Neto³
Roberto Cláudio Fernandes Franco Pompeu²
Ronaldo Carlos Lucas²
Odécia Gomes dos Santos¹
Rafael Nogueira Furtado⁴
Francisco Wellington Rodrigues Lima⁴

Alternative ingredients to soybean meal, that can generate animal performance and similar final product quality, can increase the viability of the productive system. The objective with this study was to evaluate the substitution of soybean meal for three protein sources from the biodiesel productive chain: babaçu cake, cottonseed cake (both replacing soybean meal in 100%) and castor bean cake detoxified with calcium hydroxide (replacing soybean meal in 54.83%). In the treatment with babaçucake it was necessary to add 0.86% of urea to balance with the other supplements. The four treatments were distributed in a completely randomized design. Twenty-two male non-castrated Morada Nova

¹ Universidade Federal do Ceará, Fortaleza-CE, Brasil.

² Embrapa Caprinos e Ovinos, Sobral-CE, Brasil.

³ Universidade Estadual Vale do Acaraú, Sobral-CE, Brasil.

⁴ Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Piauí, Brasil.

* leaneverass@gmail.com

sheep, with an initial average body weight of 15.5 kg were used. The animals were maintained in systems under rotational stocking in tanzania grass and supplemented based on a dry matter intake of 1.2% of the body weight / animal. When the body weight of the animals receiving the most favorable treatment reached an average of 28 kg, the animals were slaughtered. Before the procedure, they were fasted for solid foods and water for 16 hours. After obtaining the live weight at slaughter (LWS), the animals were desensitized by stunning, followed by bleeding through the carotid and jugular cutting. The legs, head and internal components were removed and the carcass was weighed, obtaining the hot carcass weight (HCW), then the hot carcass yield was calculated (HCY, % = $HCW / LWS \times 100$). The data were analyzed through analysis of variance (ANOVA) and comparison of means by the Tukey's test, at the level of 5% of probability. The carcasses' weights and yields of the animals fed soybean meal and cottonseed cake did not differ from the castor bean and babaçu cakes treatments ($P > 0.05$). Castor bean cake provided higher carcass weight and yield ($P < 0.05$) with means of 12.73 kg and 43.81% for HCW and HCY, probably due to the higher LWS observed in absolute values ($P > 0.05$), whereas the carcasses of animals fed ababaçu cake based diet presented means of 10.89 kg and 41.62% for HCW and HCY. Possibly, the supplement containing babaçucake caused a substitutive effect with depression in forage consumption, affecting the dry matter intake and reflecting in lower muscle tissue deposition in the carcass. The substitution of soybean meal for castor bean cake yielded more satisfactory results in comparison to the other alternatives studied.

Keywords: Ovine carcass. Oilseeds. Biodiesel by products. Supplementation.

Acknowledgements: To the Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior – Capes, for the financial aid provided through the scholarship.

Changes in RSVP-sperm binding after intermittent scrotal insulation

Aderson Martins Viana Neto*¹
Ana Luiza Malhado Cazaux de Souza Velho¹
Érica Pinto de Araújo¹
Antônia Moemia Lúcia Rodrigues Portela¹
Kamila de Sousa Otávio¹
Jorge André Matias Martins²
Airton Alencar de Araújo³
Arlindo de Alencar Araripe Noronha Moura¹

The climate effects on livestock animals have been frequently reported in recent years due to reproductive subfertility. Animals exposed to thermal stress have insufficient testicular thermoregulation, reduction of sperm quality, differences in hormone levels and changes in semen molecular composition. Among which, ram seminal vesicle proteins (RSVPs), important component of ram seminal plasma, bind to sperm membrane and they are associated with the fertilizing ability of sperm and the reversal of membrane damage. Therefore, the present study evaluated the modifications resulting from intermittent scrotal insulation on RSVP-sperm binding. Six adult and reproductively sound Morada Nova rams had their testis insulated during four consecutive nights

¹ Federal University of Ceara, Fortaleza-CE, Brazil; ² Ministry of Agriculture, Livestock and Food Supply, Matelândia-PR, Brazil.

² Federal Rural University of Pernambuco, Serra Talhada-PE, Brazil.

³ Ceara State University, Fortaleza-CE, Brazil.

* adersonv@gmail.com

(from 6:00 p.m. to 6:00 a.m.). Semen was collected by electroejaculation before and after intermittent scrotal insulation and it was analyzed by optical microscopy to sperm motility. Immunocytochemistry of RSVP in ram spermatozoa was performed before (day 0) and after scrotal insulation (day 4). After semen collection, 1×10^7 spermatozoa were washed with PBS, adhered on slides coated with poly-L-lysine and fixed with paraformaldehyde. Spermatozoa were incubated in 5% BSA blocking solution and then with polyclonal ram anti-RSVP primary antibody. The slides were then incubated with rabbit anti-IgG secondary antibody, FITC-conjugated, and thereafter DAPI. All slides were mounted with coverslips and analyzed by confocal microscopy under 1000x magnification. The images were scanned by the ZEN 2011 software. The data obtained were analyzed by t-test. The number of sperm cells immunolabelled with RSVP reduced from 54.9% to 34.6%, before and after scrotal insulation ($P < 0.05$), respectively. This is associated to lower sperm motility after intermittent scrotal insulation (day 0: 75%; day 4: 33%). Before scrotal insulation, RSVP was detected bound to the acrosome, equatorial and post-equatorial segments and midpiece of ram spermatozoa after ejaculation. However, after scrotal insulation, a low fluorescence intensity of the RSVP proteins was detected in midpiece. This reduction of RSVP-sperm binding may be associated with their lower concentration in seminal plasma. In addition, changes in sperm membrane, rich in polyunsaturated fatty acids, due to oxidative stress after scrotal insulation, compromised the RSVP-sperm binding. In conclusion, rams submitted to high temperatures may exhibit subfertility due to reduced RSVP-sperm binding.

Keywords: Ram. Seminal plasma. Testicular heat stress. Immunocy to chemistry.

Acknowledgements: Coordination of Improvement of Higher Education Personnel (Capes).

Characteristics of tillering of forage cultivars in dry season in the Alagoan semiárid region

Lucas Santos da Silva*¹
Neila Barbosa Farias¹
Chrislâyne Moura Araújo¹
José Valfrido Silva César Neto¹
Maria Danila da Silva Santos¹
Heloiza Maria Pires Santos¹
Luan Monteiro dos Anjos¹
Mariah Tenorio de Carvalho Souza²

The objective of this study was to evaluate tillering characteristics of forage cultivars in the dry season in the Alagoan semiárid region. The experiment was carried out at the Demonstration and Experimental Center of Forages of the Federal University of Alagoas, Campus Arapiraca, Alagoas, Brazil. For the tillering analysis, 25 experimental units of 4 m 2 were plotted in a completely randomized design. Two cultivars of *Panicum maximum* (Syn. *Urochloa*) (cv. BRS Zuri and cv. Massai) and three cultivars of *Urochloa* sp. (*U. decumbens* - cv. Basilisk, *U. brizantha* – cvs. Piatã and Paiaguás. The tillering characteristics were analyzed in two clumps per experimental unit, demarcated with colored rings and differentiated tillers for each generation, excluding the border effect of the plots. Tiller counts were repeated every 21 days and generations

¹ Graduandos em Zootecnia da Universidade Federal de Alagoas, Campus Arapiraca, Arapiraca-AL, Brasil.

² Pesquisadora PDCR, UFAL Campus Arapiraca, Arapiraca-AL, Brasil.

* lucas44pinheiro@gmail.com

were identified. The total number of tillers (TNT), tiller mortality rate (TMR), tiller survival rate (TSR), and tillering appearance rate (TAR) were calculated according to Souza's methodology (2014). The results were obtained through the Tukey test at 5% probability for the type I error through by SAEG software (2000). It was not possible to observe effects ($p \geq 0.05$) between the cultivars for the characteristics of tiller appearance rate (TAR) and tiller mortality rate (TMR). Therefore, when analyzing the results for NTR, the cultivar Basilisk presented a greater number of tillers (10.4) ($p < 0.05$) than the others for the dry season. The cultivar Massai showed a lower tiller survival rate (TSR) (74.17%) compared to the others. The cv. Basilisk showed a higher TSR (96.66%) compared to the others ($p < 0.05$). Therefore, the cultivar Basilisk (*U. decumbens*) to the detriment of the other cultivars, is more adapted to the semiarid region for tillering.

Keywords: Braquiária. Forragem. Perfilho. Semiárido.

Acknowledgements: Capes, CNPq, Fapeal, Ufal.

Chemical composition of sorghum silages supplemented with castor oil cake detoxified with calcium hydroxide

Alex dos Santos Rodrigues Júnior^{*1}

Clésio dos Santos Costa²

Rosane Claudia Rodrigues³

Ricardo Alves de Araújo²

Francisco Naysson de Sousa Santos⁴

Ivone Rodrigues da Silva⁵

Giovanna Oliveira Costa Sousa³

Juliana Rodrigues Lacerda Lima³

Sorghum has high potential for silage, considering that it presents ideal dry matter content, high levels of soluble carbohydrates and low buffer capacity. In addition, it is indicated for regions with high temperatures and it is impracticable to use irrigation, on the other hand it has low protein content, which may be limiting to animal performance. The objective of this study was to evaluate the chemical composition of forage sorghum silages supplemented with calcium hydroxide. The experiment was conducted in a completely randomized design with four treatments (0; 5; 10 and 15% inclusion of detoxified castor bean cake with

¹ Universidade Estadual Vale do Acaraú, Sobral-CE, Brasil.

² Universidade Federal do Ceará, Fortaleza-CE, Brasil.

³ Universidade Federal do Maranhão, Chapadinha-MA, Brasil.

⁴ Universidade Federal da Paraíba, Areia-PB, Brasil.

⁵ Universidade Federal do Piauí, Teresina-PI, Brasil.

* alex56rodrigues@gmail.com

calcium hydroxide) with four replicates. Forage sorghum was used as ensiled (*Shorgum Bicolor* var. Ponta Negra), harvested at 120 days of cycle. The material was ensiled in silos of PVC with 0.35 m of height and diameter of 0.10m, adopting a compression pressure of 550 kg m³. The following variables were evaluated: dry matter, crude protein, neutral and acid detergent fiber and hemicellulose. The data were analyzed by analysis of orthogonal polynomials ($P < 0.05$). A linear increase ($P < 0.05$) was observed for the dry matter content (DM) as a function of the levels used, for each 1% of inclusion, an increase of 0.52% of DM was observed. The values were within the recommended range to ensure a good fermentation process. The inclusion levels of the pie provided an effect ($P < 0.05$) on the crude protein content, for each 1% of inclusion an increase of 0.338%. This behavior is associated with the high protein content of castor bean (35%) when compared to forage sorghum (5.55%). Neutral and acid detergent fiber contents showed a behavior contrary to that observed for protein. As calcium hydroxide levels were elevated, a reduction was observed and for each 1% of pie inclusion, there was a decrease of 0.46 and 0.12%, respectively. This behavior is justified by the lower fiber content of the pie in relation to the sorghum. In addition, treatment with alkaline products provides a reduction in the constituents of the cell wall of the material, having as its main solubilized carbohydrate the hemicellulose. This behavior resulted in the reduction ($P < 0.05$) of this component as the castor bean cake. It is recommended that up to the 15% inclusion level of detoxified castor bean cake with calcium hydroxide can be used in silage from forage sorghum variety Ponta Negra.

Keywords: Alkaline. Silage. Ponta negra.

Acknowledgements: Capes for the financial support to carry out the experiment and grant the scholarship.

Circadian rhythm of superficial temperature in Morada Nova ewes during dry season evaluated by thermography

Aderson Martins Viana Neto*¹
Érica Pinto de Araújo¹
Felipe Viana de Carvalho¹
Sabrina Maria Araújo de Lima¹
Marina Rose Campos Barroso¹
Andreza Kelly Santos de Andrade¹
Patrícia Guimarães Pimentel¹
Airton Alencar de Araújo²

The small ruminant production is a relevant activity in the world. Climate change effects affect sheep and goat productive performance, being necessary choice breeds adapted to climatic conditions of region in which are reared. Hence, Morada Nova sheep have great diffusion at Brazilian northeast due their adaptability to edaphoclimatic conditions in this region. However, there are few reports about thermoregulation of animals in tropical semi-humid climate. Thus, the present study evaluated the circadian rhythm of the surface temperature of Morada Nova sheep during dry season by infrared thermography. The study was carried out at northeast of Brazil (3°44'33" S and 38°34'33" W), in a semi-humid tropical climate (Aw') during the dry season from October to December 2017. Six Morada Nova ewes, red variety (29 kg, 5 years), were allocated in a collective pen (10m²/animal) and fed with *Pennisetum pur-*

¹ Federal University of Ceara, Fortaleza-CE, Brazil.

² Ceara State University, Fortaleza-CE, Brazil.

* adersonv@gmail.com

purem, concentrate, mineral salt and water *ad libitum*. Air temperature and relative humidity were measured by datalogger recorded every 10 minutes. The surface temperature of animals was obtained by means of thermographic images, using infrared camera (Hottec® HT31). Images were obtained every three hours for a period of 24 hours. The analysis of the thermographic images was performed using the Infrared Reporter® software. The data were analyzed by ANOVA and the means compared by Tukey test at 5% probability. At noon the highest values of air temperature (34.3°C) and lower relative humidity (51%) were recorded. Differently, after 6 p.m. there was a reduction in temperature (27.5°C) and consequently an increase in relative humidity (73%). In this way, the temperature and humidity index (ITU) was higher at noon (83.9), a severe stress situation. Thermographic images showed an amplitude of 17.2°C to surface temperature, considering the minimum (34.1°C) and maximum (51.3°C; at noon). These data are in accordance to greatest environmental discomfort, high temperatures incidence and, consequently, greater heat absorption by the animal. Furthermore, thermogenesis occurred from 6 a.m., with a peak of surface temperature at noon, followed by a reduction ($P < 0.05$) from 3 p.m., evidencing heat loss by cutaneous thermolysis. The circadian cycle of surface temperature during dry season was well-marked to periods of gain (from 6 a.m. to noon) and heat loss (noon to 6 p.m.). This demonstrates the balance between thermogenesis (16.4°C) and thermolysis (15.6°C) showing that animals loses heat of skin surface most effectively during lower ambient temperature hours. In addition, this circadian rhythm of loss and heat gain is in deal with the daily rhythm of environmental parameters. In conclusion, the circadian rhythm of superficial temperature of Morada Nova ewes reared in tropical semi-humid climate, presents, during the dry period, a daily and balanced sequence of thermogenesis and thermolysis.

Keywords: Thermoregulation. Heat stress. Sheep. Tropical climate.

Acknowledgements: Coordination of Improvement of Higher Education Personnel (Capes).

Composição química de espécies forrageiras nativas da Caatinga no estado do Piauí

Ivone Rodrigues da Silva*¹
Estevam da Silva Neto¹
Maria Elizabete de Oliveira¹
Rosianne Mendes de Andrade da Silva Moura¹
Francelino Neiva Rodrigues¹
Daniel Louçana Costa Araújo¹
Jandson Vieira Costa¹

O bioma Caatinga possui uma elevada riqueza de espécies forrageiras, no entanto, existem poucas informações sobre a qualidade dessas plantas. Dessa forma, objetivou-se avaliar a composição química de plantas forrageiras presentes na dieta de ovinos em áreas de caatinga sucessional. O estudo foi conduzido no período de dezembro de 2015 a maio de 2016 no assentamento Lisboa, localizado no município de São João do Piauí. A identificação das espécies forrageiras consumidas pelos ovinos ocorreu em levantamento etnobotânico, adotando as figuras de informantes e informantes-chave. Para avaliar a disponibilidade das forrageiras, foram separadas duas áreas no assentamento. Cada área correspondeu a um sítio de pastejo: sítio 1 com predominância de espécies herbáceas e o sítio 2 com predominância de espécies arbustivas. Em cada sítio, foram marcados três transectos paralelos com 100m de comprimento, distantes entre si em 20m. Em cada transecto, foram delimitadas dez unidades experimentais, cada uma com área de 100m², sendo amostradas, dessa forma, 30 unidades, totalizan-

¹ Universidade Federal do Piauí.

* ivonezootecnista@gmail.com

do uma área amostral de 6.000m². No levantamento etnobotânico, os informantes indicaram 41 espécies forrageiras na dieta de ovinos em pastagem nativa de caatinga, distribuídas em 19 famílias e 34 gêneros. Das plantas identificadas como sendo de importância para a dieta de ovinos, foram analisadas apenas as que contribuíram com maior produção de forragem e que foram observadas durante todo o período de avaliação. As coletas das amostras foram realizadas mediante a técnica do pastejo simulado. As espécies de maior destaque na produção de forragem foram: marmeleiro (*Crotonsonderianus Müll. Arg*) da família Euphorbiaceae, besouro (*Senna rizzini H. S.*) e mata-pasto (*Senna obtusifolia L.*) da família Fabaceae. Para as espécies marmeleiro, besouro e mata-pasto, foram observados os seguintes valores de matéria seca: 44,11; 46,64; 37,77%, proteína bruta: 17,46; 14,79; 23,95%, fibra em detergente neutro: 46,53; 32,09; 35,7%, fibra em detergente ácido: 24,98; 32,09; 21,58%, nitrogênio insolúvel em detergente neutro: 53,90; 55,69; 47,76% e nitrogênio insolúvel em detergente ácido: 27,30; 24,38; 22,04%, respectivamente. Os valores de PB foram superiores ao mínimo de 7% necessário para uma adequada fermentação ruminal, no entanto, as frações de nitrogênio ligado à parede celular (NIDN e NIDA), podem influenciar negativamente no desempenho animal, e o baixo teor de FDN está relacionado à menor idade das plantas no momento da coleta. Entre as espécies selecionadas, a mata-pasto teve maior destaque, com valor superior de PB e menor teor de FDN.

Palavras-chave: Fabaceae. Forragem. Mata-pasto. Ovinos.

Consumo de matéria seca e FDN por cabras gestantes alimentadas com torta de mamona destoxificada

Patrício Leandro Pereira^{*1}

Ricardo Alves de Araújo²

José Neuman Miranda Neiva³

Roberto Cláudio Fernandes Franco Pompeu^{2,4}

Marcos Cláudio Pinheiro Rogério^{2,4}

Ronaldo Carlos Lucas²

Magno José Duarte Cândido²

Luiza de Nazaré Carneiro Silva¹

Em virtude da importância do manejo nutricional de cabras gestantes, tendo em vista que as transformações afetam não somente o aparelho reprodutivo, mas também todo o organismo da gestante, buscaram-se ingredientes alternativos visando à diminuição dos custos, entre os quais se destaca a torta de mamona, com seu elevado teor de proteínas, oriunda da indústria do Biodiesel. Trabalhos recentes têm demonstrado o potencial de utilização da torta e/farelo de mamona em substituição ao farelo de soja em dietas para ruminantes após a destoxificação. Dessa forma, considerando a importância da dieta sobre o período gestacional e a possibilidade de utilização de subprodutos da cadeia do biodiesel em dietas de ruminantes, objetivou-se avaliar a influência da torta de mamona destoxificada por soluções alcalinas sobre o consumo de matéria seca e fibra bruta de cabras Saanen e Anglo-Nubiana recriadas

¹ Universidade Estadual Vale do Acaraú, Sobral-CE, Brasil.

² Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, Brasil.

³ Universidade Federal do Tocantins, Palmas-TO, Brasil.

⁴ Embrapa Caprinos e Ovinos, Sobral-CE, Brasil.

* patricio123leandro@gmail.com

em confinamento. O trabalho foi conduzido no Centro Tecnológico de Produção de Leite de Cabra da Embrapa Caprinos e Ovinos, na cidade de Sobral-CE, de junho a novembro de 2016. Foram utilizadas 18 cabras (Saane Anglo-nubiana), com peso corporal de $42,08 \pm 5,33$ kg. Foram avaliadas três dietas, a primeira formulada com milho e farelo de soja (FS) e as demais com torta de mamona destoxificada por hidróxido de cálcio (TMD Ca(OH)_2) e outra por NaOH, em total substituição ao FS. Utilizou-se um delineamento inteiramente casualizado, com arranjo fatorial 3×2 (dieta \times raça). As dietas influenciaram ($P < 0,05$) o consumo dos nutrientes avaliados, sendo que as cabras alimentadas com dietas contendo FS e TMD Ca(OH)_2 não apresentaram diferenças entre si, sendo superiores àquelas alimentadas com dietas contendo TMD NaOH. As cabras alimentadas com TMD_{NaOH} apresentaram os menores consumos, tanto de MS ($1027,95 \text{ g dia}^{-1}$) quanto de FDNcp ($370,13 \text{ g dia}^{-1}$), o que pode estar relacionado ao teor de sódio na TMD por esse produto alcalino, pois maior inclusão de sódio na dieta de ruminantes altera a tonicidade do meio ruminal, desbalanceando seu nível de sódio em relação aos demais órgãos do corpo do animal, proporcionando um efeito autorregulador do consumo voluntário pelos animais. Dietas contendo torta de mamona destoxificada Ca(OH)_2 e NaOH não causam intoxicação às cabras, entretanto a TMD NaOH afeta o comportamento ingestivo. A torta de mamona destoxificada com hidróxido de sódio reduz o consumo de matéria seca e a eficiência de alimentação de cabras leiteiras gestantes.

Palavras-chave: Anglo-nubiana. Saanen. Ingestão. Soluções alcalinas.

Correlação da matéria seca produzida de *Andropogon gayanus* com teores residuais de macronutrientes em substratos adubados com biofertilizante bovino

Bruno dos Santos Santiago
Fernando Rodrigues da Costa
Lucas da Rocha Franco
José Maurício Maciel Cavalcante^{*1}

O andropogon (*Andropogon gayanus*) é uma gramínea adaptada às regiões secas e de baixa fertilidade, sendo importante opção de forragem para o Nordeste. Apesar de sua rusticidade, o andropogon apresenta boa resposta à adubação. Os biofertilizantes têm sido indicados como alternativa de baixo custo aos adubos químicos, despertando interesse de seu uso em espécies forrageiras. Assim, uma maior disponibilidade de nutrientes ao solo pelos biofertilizantes pode promover o desenvolvimento do andropogon. Nesse sentido, este trabalho teve como objetivo correlacionar a produção de matéria seca do capim andropogon com teores residuais de N, P e K em substratos com diferentes concentrações de biofertilizante bovino. O experimento foi desenvolvido no Instituto Federal do Piauí, Campus Uruçuí (Uruçuí-PI), num delineamento inteiramente casualizado de quatro tratamentos com cinco repetições. O biofertilizante foi produzido por fermentação de 40 L de esterco bovino em igual quantidade de água em biodigestor artesanal por 60 dias. O plantio do andropogon foi realizado em vasos de 9.0 L, mantendo quatro plantas por vaso. Como substrato, foi utilizado solo de área de

¹ Instituto Federal do Piauí - Campus Uruçuí, Uruçuí-PI, Brasil.

* mauricio.cavalcante@ifpi.edu.br

mata nativa, caracterizado como solo ácido, rico em alumínio e de baixa fertilidade natural após análise química. Ao substrato foi adicionado biofertilizante à 0%, 2.5%, 5.0% e 7.5% do volume de substrato nos vasos. Após 90 dias de cultivo, foi realizado corte dos exemplares de andropogon de cada tratamento e secos em estufa a 70°C até peso constante para obtenção da matéria seca produzida (MS, g vaso⁻¹). Amostras de substrato de cada tratamento experimental foram submetidas à análise química para determinação dos teores de nitrogênio (N, g kg⁻¹ de solo), fósforo (P, mg kg⁻¹) e potássio (K, cmol_c kg⁻¹), bem como a relação C/N. Os valores médios para produção de matéria seca foram correlacionados com os teores residuais de N, P e K com uso do teste de correlação de Pearson a 5% de significância, seguida de análise de regressão. A relação C/N nas amostras foi de 10:1. A produção de MS esteve positivamente correlacionada com os teores residuais de N ($r = 0.992$, $p = 0.01$), P ($r = 0.965$, $p = 0.04$) e K ($r = 0.985$, $p = 0.02$). As equações de regressão encontradas para MS e teores de N, P e K foram respectivamente: $MS = 30.387N - 10.261$ ($r^2 = 0.984$), $MS = 2.584P - 0.892$ ($r^2 = 0.932$) e $MS = 104.51K - 3.489$ ($r^2 = 0.970$). A disponibilização de nutrientes pelo biofertilizante bovino promove a produção do capim andropogon em solos de baixa fertilidade.

Palavras-chave: Adubação orgânica. Gramínea forrageira. Produtividade.

Agradecimentos: ao Instituto Federal do Piauí (IFPI) pelo fornecimento de bolsas pelo Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC – Edital nº 75, de 27/06/2017)

Crescimento e acúmulo de íons inorgânicos em plântulas de Jurema-branca em diferentes períodos de exposição à salinidade e déficit hídrico

Maria Aline Alves Mota*¹
Marcos Rafael de Sousa Rodrigues¹
Rafaela Magalhães Dias Carvalho¹
Francisco Igo Rodrigues¹
Nara Lídia Mendes Alencar²
Sâmia Paiva de Oliveira Moraes³

As respostas adaptativas de algumas espécies florestais aos estresses salino e hídrico têm sido bastante estudadas durante sua fase germinativa. Entretanto, pouco se sabe sobre esses mecanismos de tolerância em sementes das espécies nativas da Caatinga, e como as mesmas conseguem se desenvolver em condições de déficit hídrico e salinidade. Diante disso, objetivou-se, com este trabalho, avaliar os efeitos dos estresses salino e hídrico no desenvolvimento de plântulas de Jurema-branca [*Piptadenia stipulacea* (Benth.) Ducke], por meio dos parâmetros crescimento e dos teores de íons inorgânicos. O experimento constituiu-se de 3 tratamentos, com 5 repetições, contendo 20 sementes cada, sendo estas mantidas em câmara de germinação sob temperatura de 25°C e luz constante de 12/12h. Os tratamentos corresponderam às diferentes concentrações de 0 (controle-0 MPa); 80,72 mM de cloreto de sódio (NaCl) e 178,343 mM de polietilenoglicol (PEG), sendo os potenciais

* Insitituto Federal do Ceará, Crateús-CE, Brasil.

¹ Insitituto Federal do Ceará, Canindé-CE, Brasil.

³ Insitituto Federal do Ceará, Boa Viagem-CE, Brasil.

* maria-aline@hotmail.com.br

osmóticos das soluções de estresse correspondendo a $-0,4$ MPa. Durante os testes de germinação, foram realizadas coletas de sementes em três períodos diferentes aos: 4, 8 e 12 dias. Em cada um desses dias, foram retiradas das caixas dez sementes germinadas, as quais foram divididas em cotilédones e radícula. O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial 3×3 (três tratamentos: Controle, NaCl e PEG e três períodos de coletas) para a massa seca e 2×3 (dois tratamentos: Controle e NaCl e três períodos de coletas) para os teores de íons. Avaliaram-se as variáveis de massa seca e teores de íons inorgânicos (Na^+ , K^+ e Cl^-). As médias de massa seca não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos avaliados no cotilédone. Entretanto, houve diferenças significativas entre os teores de massa seca na radícula, com o 12º de coleta, apresentando as menores médias de 0,0061; 0,0644 e 0,0184 mg/g/MS para controle, NaCl e PEG, respectivamente. Houve diferenças significativas entre os tratamentos para os teores de Na^+ e K^+ , sendo que, em condições salinas, o Na^+ apresentou médias de 355,72; 402,01; 358,37 e 338,53; 364,98; 460,19 $\mu\text{mol/g/MS}$ e o K^+ 562,02; 612,27; 489,28 e 681,03; 815,92; 838,40 $\mu\text{mol/g/MS}$ para cotilédone e radícula, respectivamente. O acúmulo de Cl^- em condições salinas foi semelhante estatisticamente ao tratamento e controle. Concluiu-se que a massa seca do cotilédone foi menos afetada do que a massa seca da radícula em condições de estresse salino e restrição hídrica. O estresse salino exerce um efeito deletério no desenvolvimento das plântulas, causados pelo excesso de Na^+ e K^+ .

Palavras-chave: Caatinga. Restrição hídrica. Estresse salino. Tolerância.

Agradecimentos: Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (Funcap), Universidade Federal do Ceará (UFC) e Instituto Federal do Ceará (IFCE).

Cultivo de milho crioulo para silagem em sistemas tradicional e agroflorestal no semiárido: teor e produção de matéria seca

Amanda Cardoso Rocha^{*1}

Davi Moreira Matos²

Silas Primola Gomes¹

Andrezza Araújo de França¹

Elzania Sales Pereira²

Fred Denilson Barbosa da Silva¹

Maria Ivanilda de Aguiar¹

Guilherme Rocha Moreira³

O milho (*Zea mays* L.) apresenta grande importância na alimentação animal, no entanto, existem poucas avaliações em sistemas agroflorestais (SAF). Assim, avaliou-se o teor e a produção de matéria seca (MS) de milho crioulo para produção de silagem em SAF em Redenção-CE. O delineamento foi inteiramente casualizado, com dois tratamentos (sistema tradicional convencional – STC e SAF) e seis repetições, numa área de 1.200m², sem adubação. No SAF, a área foi preparada por meio do raleamento. A semente cultivada foi uma variedade crioula chamada “milho alto”. Adotou-se uma linha de cultivo por repetição com 15 m de comprimento e espaçamento de 50 cm. No momento do corte, aos 120 dias após o plantio, foram escolhidas aleatoriamente 5 plantas para medição da altura e colheita. Estas tiveram suas frações

¹ Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, Redenção-CE, Brasil.

² Universidade Federal do Ceará, Fortaleza-CE, Brasil.

³ Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife-PE, Brasil.

*amandarocha0796@gmail.com

separadas em colmo, folhas, sabugo, grãos e palha para determinação da massa. O restante do material foi picado, homogeneizado e ensilado em silos de laboratório. Para a análise da MS, as amostras foram pré-secas em estufa a 65 °C, moídas a 1 mm e secas em estufa a 105 °C. A produção total de MS kg ha⁻¹ foi obtida pela estimativa do número de plantas ha⁻¹, multiplicada pelo peso médio, em MS, das plantas. Os dados foram submetidos à análise de variância e teste de médias a 5% de significância. Em relação aos teores de MS das frações e da silagem de milho, o componente colmo diferiu ($P < 0,05$), apresentando teor de MS inferior no STC (23,48%) em relação ao observado para o SAF (26,72%). Foram observados valores inferiores ($P < 0,05$) de MS da folha, da palha, do sabugo e grãos das plantas colhidas no STC (40,65; 37,73; 31,63 e 32,28%, respectivamente), em relação ao SAF (59,37; 66,09; 44,30 e 43,04%, respectivamente). Os teores de MS das silagens de milho não diferiram ($P > 0,05$) entre os dois sistemas (31,35% no STC e 33,06% no SAF). A produção total de MS kg ha⁻¹ foi estimada em 12.800,0 kg ha⁻¹ e 6.500,0 kg ha⁻¹ no STC e no SAF, respectivamente. A produtividade no SAF foi de 50% da obtida no STC, função, provavelmente, da menor intensidade luminosa e, conseqüentemente, menor taxa fotossintética no SAF. O milho crioulo cultivado no SAF apresenta menor potencial de produção de matéria seca do que no sistema tradicional convencional. Apesar da menor produtividade observada no SAF, esse tipo de sistema gera uma série de outros benefícios que devem ser considerados na tomada de decisão.

Palavras-chave: Ensilagem. Forragem. Integração lavoura-pecuária-floresta. *Zea Mays* L.

Densidade de plantio da palma forrageira miúda [*Nopalea cochenillifera* (L.) Salm Dyck] nas características agronômicas aos 30 dias

Sara Helen Lima Nascimento Gonçalves*¹

Erlens Eder-Silva²

Bruno Rocha de Moura³

Cícero Leandro Maia¹

Cilene de Melo Vieira¹

Thaís Silva Siqueira Nascimento¹

Paulo Ricardo Vieira da Silva¹

Emanuell Medeiros Vieira¹

A região semiárida compreende grande parte do Nordeste brasileiro e tem características peculiares quanto às condições climáticas, edáficas e da vegetação. A irregularidade na distribuição das chuvas é o principal limitante na produção de forragem para a alimentação dos rebanhos. O clima é caracterizado por longos períodos de estiagem e altas temperaturas. A palma forrageira, entretanto, é uma das poucas opções de plantas adaptadas ao clima semiárido com alta eficiência produtiva. O objetivo do presente estudo foi avaliar o efeito da densidade de cladódios plantados nas linhas (com 10, 7, 5, 3 cladódios.m⁻¹) sobre o crescimento da palma forrageira miúda [*Nopalea cochenillifera* (L.) Salm Dyck] em condições de sequeiro. O experimento foi realizado na Fazenda Santa Marta localizada no município de Exu, Pernambuco,

¹ Graduando(a) em Zootecnia, Instituto Federal do Ceará, campus Crato.

² Professor Dr. do Instituto Federal do Ceará, campus Crato.

³ Técnico agropecuário do Instituto Federal do Ceará, campus Crato.

*sarahelen.lng@gmail.com

Brasil, no período de 30 dias após o plantio. O experimento foi conduzido nos anos 2016/17, quando o delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com oito repetições. Cada bloco teve três linhas com 5 m de comprimento com espaçamento entre linhas de 1 m, totalizando a área experimental de 30m², desprezando-se 5 m nas extremidades da mesma. Os tratamentos compreenderam quatro densidades de plantio, (T1) superadensado, espaçamento de 0,00 cm entre cladódios, (T2) espaçamento de 0,10 cm entre cladódios, (T3) espaçamento de 0,20 cm entre cladódios, (T4) espaçamento de 0,30 cm entre cladódios e oito repetições totalizando 32 parcelas experimentais. As variáveis utilizadas para as análises tiveram como base o número de cladódios primários e a espessura do cladódio. A análise estatística dos dados foi realizada com auxílio do programa Excel – Microsoft Excel. Quando as variáveis foram analisadas, houve aumento no número de cladódios emitidos por metro quadrado quando houve crescimento na densidade de plantio. Contudo, não foi verificada diferença entre números médios de cladódios emitidos por planta aos 30 dias após o plantio nas diferentes densidades, quando os valores constatados foram entre 1,7 e 3,2 (CV 69,8%). A espessura média dos cladódios variou entre 4 e 5 mm (CV 59,7%). Não houve diferença significativa entre os tratamentos relativos à densidade de cladódios. Conclui-se que as plantas de palma forrageira da variedade miúda em diferentes densidades de plantio aos 30 dias apresentam em média 1,7 cladódios primários emitidos com a espessura média de 45 mm.

Palavras-chave: Clima semiárido. Eficiência produtiva. Condições de sequeiro.

Desempenho de cordeiros Morada Nova em confinamento, oriundos de ovelhas suplementadas em pastagem nativa da Caatinga

Abdias Nascimento Luz^{*1}

Luciana Freitas Guedes²

Maria Socorro de Souza Carneiro¹

Andreza Kelly Santos de Andrade¹

Clésio dos Santos Costa¹

Cimara Gonzaga Vitor³

Alex dos Santos Rodrigues Junior⁴

Marcos Cláudio Pinheiro Rogério²

O desafio da programação fetal é viabilizar, por meio de um manejo nutricional adequado das ovelhas durante a gestação, o nascimento de cordeiros mais eficientes na utilização dos alimentos e com melhor desempenho, gerando menor tempo ao abate. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da suplementação durante a gestação de ovelhas mantidas em pastagem nativa, e seus efeitos sobre o desempenho de cordeiros Morada Nova. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado em arranjo fatorial 2x2, sendo duas estratégias de suplementação concentrada durante os dois terços iniciais da gestação (200 e 350 g dia⁻¹) e duas dietas na fase de terminação dos cor-

¹ Universidade Federal do Ceará, Fortaleza-CE, Brasil.

² Embrapa Caprinos e Ovinos, Sobral-CE, Brasil.

³ Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte-MG.

⁴ Universidade Estadual Vale do Acaraú, Sobral-CE, Brasil.

* abdiasluz@gmail.com

deiros (Prescrição 100% : feno de tifton 85 (28,90); milho (55,59), farelo de soja (10,24), óleo de soja (5,00), calcário (0,27); MS (94,11), PB (11,48), FDN (33,18), NDT (72,06); e Prescrição 85%: feno de tifton 85 (61,18), milho (27,20), OS (6,65), calcário (4,97); MS (95,97), PB (9,76), FDN (50,57), NDT (61,25), conforme NRC, 2007), com acesso *ad libitum* à dieta. Foram utilizados 28 cordeiros machos não castrados oriundos dos tratamentos com suplementação nas fêmeas. O confinamento iniciou-se com os cordeiros pesando em média 13,41 kg, com aproximadamente 90 dias de idade, e o período de confinamento foi de 115 dias. Foi avaliado o ganho de peso total, ganho de peso médio diário, escore de condição corporal e perímetro escrotal. Não foi observado efeito ($P > 0,05$) entre as estratégias de suplementação das fêmeas durante o período de gestação e as dietas aplicadas na terminação dos cordeiros sobre as variáveis avaliadas. O ganho de peso total variou de 11 a 19 kg durante o período de confinamento. O ECC variou de 2,5 a 3,25, com o GMD 140 g dia⁻¹. Com isso, podemos inferir que a suplementação durante os dois terços iniciais de gestação com 200 g dia⁻¹ é mais eficiente na produção de cordeiros, pois não modificou o tempo de permanência dos animais nos sistemas, trazendo vantagens economicamente para o sistema. Durante o confinamento, pode-se optar pelo uso da dieta com 85% de recomendação dos valores de NDT e PB, tendo em vista que os valores recomendados pelo NRC parecem estar superestimando as exigências de animais localmente adaptados às regiões semiáridas. Frente ao exposto, recomenda-se o uso de 200 g dia⁻¹ de suplemento concentrado nos dois terços iniciais da gestação para ovelhas e dietas com 85% dos valores de NDT e PB estipulados pelo NRC (2007) para terminação de cordeiros Morada Nova.

Palavras-chave: Ganho de peso. Nutrição materna. Programação fetal. Suplementação concentrada.

Agradecimentos: À Funcap, CNPq, Capes e Embrapa Caprinos e Ovinos pelo suporte técnico e financeiro na execução do experimento.

Desempenho de gramíneas perenes de verão em sistema silvipastoril com eucalipto

Ana Lúcia Hanisch*
Gilcimar Adriano Vogt¹
Gilson José Marcinichen Gallotti¹

Apesar dos benefícios que os sistemas silvipastoris (SSP) podem trazer à produção animal, em especial, relacionados ao conforto térmico e ao aumento da produtividade, ainda pouco se sabe sobre a adaptação e o desempenho das espécies forrageiras às condições de sombreamento promovidas pelo sistema. Este trabalho tem como objetivo avaliar a disponibilidade de forragem (DF) de três forrageiras perenes de verão, implantadas em um sistema silvipastoril com 150 árvores ha⁻¹ de eucalipto, distribuídas em espaçamento 2,5 x 30m. Foi utilizado delineamento em blocos casualizados, com quatro repetições e três tratamentos formados pelas espécies *Hemarthria altissima* cv. Flórida; *Axonopus catharinensis* – missioneira-gigante cv. SCS 315 Catarina-gigante e *Pennisetum purpureum* Schum. cv. BRS kurumi. Cada repetição foi formada por um piquete de 800m². A área experimental foi implantada em novembro de 2013 e, desde abril de 2014, vem sendo utilizada para pastejo com rebanho leiteiro, manejado em pastejo rotativo. Os animais iniciam o pastejo quando as pastagens atingem 0,30m de altura para as espécies *Hemarthria* e *missioneira-gigante* e 0,50m para o cv. *kurumi*. As avaliações de DF foram realizadas de novembro de 2016 a

¹ Epagri – Estação Experimental de Canoinhas, Canoinhas-SC, Brasil.

* analucia@epagri.sc.gov.br

fevereiro de 2017 por meio cortes no pasto (cinco cortes/piquete) com auxílio de quadros de 0,25 m², antes da entrada dos animais. O sombreamento foi medido no início e no final do período de avaliação, com medidor da radiação fotossinteticamente ativa, em dez pontos de amostragem/piquete e em dez pontos em área a pleno sol. Foram realizados cinco cortes no pasto, com intervalo médio de 25 dias entre eles para as três espécies. O eucalipto promoveu um sombreamento médio de 20% sobre as forrageiras. A DF total do período diferiu entre as três forrageiras ($p = 0,0030$), sendo de 8.350 kg MS ha⁻¹ para missioneira-gigante, a mais produtiva, confirmando seu potencial de adaptação a ambientes com restrição luminosa. *Hemarthria* e capim-elefante cv. kurumi apresentaram 6.037 e 4000 MS ha⁻¹, respectivamente. O sombreamento moderado promovido por árvores de eucalipto com três anos de crescimento foi suficiente para que o capim-elefante cv kurumi indicasse restrição de crescimento, sendo o menos produtivo. Nas condições avaliadas, a grama missioneira-gigante indicou potencial para produção forrageira nas condições de restrição luminosa dos SSP.

Keywords: *Axonopus catharinensis*. *Hemarthria*. Capim-elefante. Sombreamento.

Development of a livestock early warning system for the drylands of Northeast Brazil

Aldo Torres Sales*¹
Diego Nascimento¹
Rômulo Menezes¹
Josimar Gurgel²
Margaret Santiago¹
Cássia Fonseca¹
Dário Primo¹
Ivson Santana¹
Rodolfo Souza¹

The delicate balance between selecting and maintaining a stocking rate that meets the short-term economic goals needed for ranchers without breaking all-natural bio-cycles is one of the big challenges to assure the sustainability of livestock chain in the semiarid of Brazil. The integrative system based on forage demand and available was developed to define a livestock vulnerability index for the municipalities of the semiarid region Pernambuco State–Brazil. To determinate forage available land-cover maps from the MapBiomias were used. The maps were processed and redesign aiming to separate the lands classified as rangelands, pasturelands and agricultural fields. These three land-cover types were considered as potential forage support for the livestock sector in the semiarid region of Pernambuco. Using data available from the scientific literature and technical communication we developed a map of the potential forage production ($\text{kg ha}^{-1} \text{MS}^{-1}$). The data collected was clas-

¹ Universidade Federal de Pernambuco, Recife-PE, Brasil; Instituto Agrônômico de Pernambuco, Recife- PE.

* aldo.torres@ufpe.br

sified according to geographic coordinate, climate regimes, soils types, and plant communities. By crossing the map of potential forage production and the map of land cover we had an approach to the forage availability by municipality. In another hand, the forage demand was calculated using the annual database of animals reported by the Agricultural and Livestock Defense and Inspection Agency of the State of Pernambuco (ADAGRO), which registers the number of animals by species in each municipality. We considered for this study only the number of goats, sheep, cattle, horses, and mules reported in 2017. The number of animals was converted and standardized to animal units; we assume that the forage intake of one animal unit is 3% of its live body-weight; the result expressed the forage demand (kg MS^{-1} per municipality). The vulnerability index derived by the ratio between the forage demand and forage available, where municipalities that exhibited negative values are under risk of vulnerability while positive values implicate in the low vulnerability of its herds. Preliminaries results indicate that municipalities of the Sertão of Moxoto have a higher risk of vulnerability in Pernambuco. Due to a marked reduction of its herds caused by the drought of the last six years, municipalities of São Francisco and Pajeú region exhibited a low vulnerability of it herds which was not caused by high forage availability, but due to low forage demand. Livestock Early Warning System could be a handful to define public policies for sustainable agriculture.

Keywords: Forage available. Food security. Rangelands.

Acknowledgements: The research has the scholarship support of INCT/Brazil: National Observatory of water and carbon dynamics on Caatinga ecosystem (Grant 465764/2014-2) and the financial support from the National Council for Scientific and Technological development CNPq (Grant 441305/2017-2).

Direct and indirect evaluation of pre-grazing Leaf Area Index for the monitoring of a pasture area

Jeffete A. de A. Conrado*¹
Marcos N. Lopes¹
Sabrina S. Maia¹
Bruno B. do Nascimento¹
Antônia F. F. Torres¹
Clemente F. dos S. Neto¹
Eulália J. C. Méndez¹
Magno J. D. Cândido¹

The leaf area index (LAI) represents the relationship between the leaf area of one side of the leaf and the area of soil covered by it, which is an important variable for the monitoring of plant growth. The objective in this study was to compare two distinct methods of LAI evaluation in brachiaria grass pasture (*Urochloa decumbens* cv. Basilisk), through a destructive method (LAI_d) and an indirect non-destructive method (LAI_i). The experiment was carried out at the Center for Teaching and Studies in Forage Crops, of the Animal Science Department of the Federal University of Ceará, NEEF/DZ/UFC, during the dry season of 2018. The paddocks had approximately 580 m² with irrigation, and were grazed by Morada Nova sheep when the grass reached 85% of Light Interception (LI) until reaching a residual Leaf Area Index (rLAI) of 1.3. The experimental design was completely randomized with four replicates. The LAI was quantified through a PAR-LAI in agriculture

¹ Federal University of Ceara, Fortaleza-CE, Brasil.

* Jeffete_arnon@hotmail.com

analyzer model AccuPAR LP-80 (LAIi), and with a wood press with a known area of 4cm² (LAId), moreover, for the second method, the biomass within a 1260 cm² frame was cut, weighed and the leaf blade fraction removed. The methods were compared by parallelism tests for linear regressions between the different ways of quantifying the LAI, through the program Sisvar version 5.6. It was observed that for the residual and pre-grazing conditions, there were high correlations, -0.81 and 0.86, respectively. Since the leaf / stem ratio (unpublished data) in the pre-grazing condition was higher (as a result of the use of 85% LI at the time of grazing), it was not observed a higher accumulation of dead material, which could influence the overestimation of LAI by AccuPAR, in both conditions evaluated. For pastures maintained lower (85% LI), the LAI can be quantified by the different methods of measurement.

Keywords: LAI, Forage grasses. PAR-LAI. Wood press.

Acknowledgements: To Capes and UFC.

Effect of nitrogen on the tiller density of tamani-grass

Dayanne Ribeiro do Nascimento*¹
Elayne Cristina Gadelha Vasconcelos¹
Roberto Cláudio Fernandes Franco Pompeu²
Jefte Arnon de Almeida Conrado¹
Bruno Pereira de Almeida¹
Matheus Moreira Oliveira¹
José Breno da Silva Moreira¹
Magno José Duarte Cândido¹

The cultivars of the genus *Megathyrsus*, stand out for the high emission of leaves and tillers, which makes them attractive to intensive production systems. Tamani-grass was recently launched by Embrapa, so it is necessary to performed studies that seek to evaluate the effect of nitrogen on this forage, to guide a strategic recommendation of fertilization. The objective of this study was to evaluate the tiller populational density of tamani-grass, irrigated and submitted to nitrogen fertilization. The experiment was performed on a pasture at the Forage Teaching and Studies Nucleus from Federal University of Ceara (NEEF/DZ/CCA/UFC), in Fortaleza-CE, in the year 2017. The treatments consisted of nitrogen rates equivalent to 0; 100; 200; 300; 600 and 1.200 kg ha⁻¹ year⁻¹. A complete randomized block design was set up, with four treatments and three replicates. The management targets consisted of an interval between cuts of 3.0 new leaves per tiller and a residual leaf area index of 1.0. The tiller

¹ Universidade Federal do Ceará, Fortaleza-CE, Brasil.

² Embrapa Caprinos e Ovinos, Sobral-CE, Brasil.

* ribeirodayanne5@gmail.com

populational density (DPP) was estimated by counting the number of tillers in two frames with dimensions of 0.25 x 0.25 m, in locations representative of the average pasture condition. This evaluation was performed at the beginning and at the end of the interval between cuts. The data were submitted to analysis of variance and regression, the models were chosen according to the level of significance of linear and quadratic coefficients ("F" test, $p < 0.05$) and with the coefficient of determination. The SAS software (SAS Institute, 2003) was used as a tool to help the analysis. There was an increasing linear response for DPP, with increasing nitrogen fertilization. The highest rate of nitrogen fertilization evaluated provided an increase of 34.09% in relation to the absence of nitrogen fertilization, with estimated values of 1976 and 2998 tiller m^2 for the rate of .0 and 1.200 $kg\ ha^{-1}\ year^{-1}$, respectively. Nitrogen fertilization positively influences the tillering of plants from the tamani-grass from its absence to its highest evaluated rate.

Keywords: Intensive grassland management. *Megathyrus maximus*. Nitrogen fertilization. Tiller.

Acknowledgements: To the Forage Teaching and Studies Nucleus and Embrapa Goats and Sheep, for granting the necessary resources to conduct the research project.

Estabelecimento de gramíneas exóticas em Caatinga manipulada na região semiárida do Ceará

Bruna Ferreira Vasconcelos*¹
Isabelle Gomes Melo¹
Ana Clara Rodrigues Cavalcante²

Os sistemas silvipastoris surgem como uma inovação tecnológica no setor pecuário, que busca conciliar árvores, pastagens e animais em uma mesma área, de maneira benéfica tanto para a produtividade como para a sustentabilidade. No entanto, é essencial que a espécie forrageira implantada nesse sistema tenha características fisiológicas que permitam sua estabilidade nesse ambiente sem afetar sua produção de biomassa pastejável. Dessa forma, o objetivo desse trabalho foi avaliar o desempenho inicial de gramíneas exóticas em Caatinga raleada na região semiárida do Ceará. Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado (DIC), com duas repetições, representada por parcelas de 9 m² com 9 linhas em cada, em esquema fatorial. Os tratamentos foram dois níveis de manipulação da Caatinga: raleamento em faixas e raleamento em savana, com duas espécies exóticas de gramíneas tropicais: capim-massai (*Megathyrsus maximus*) e capim-búffel (*Pennisetum ciliare*), em Caatinga manipulada. O valor cultura das espécies plantadas foi de 10% e 40%, e a taxa de semeadura 70 gm⁻² e 11 gm⁻² para *P.*

¹ Universidade Estadual Vale do Acaraú, Sobral-CE, Brasil.

² Pesquisadora da Embrapa Caprinos e Ovinos, Sobral-CE.

* bruna_index@hotmail.com

ciliare e *M. maximus*, respectivamente. O monitoramento da germinação em campo foi realizado a cada sete dias durante 28 dias. O capim-buffel, independente do nível de manipulação, apresentou em média 71 plântulas por parcela. O capim-massai apresentou maior germinação no ambiente de faixas (67 plântulas por parcela), sendo mais afetado pelo sombreamento no ambiente de savana (08 plântulas por parcela). O capim-buffel apresenta implantação satisfatória tanto em Caatinga raleada em savana quanto em faixa, por outro lado, o capim-massai se estabelece melhor em Caatinga raleada em faixas.

Keywords: Germinação. *Megathyrsus maximus*. *Pennisetum ciliare*. Sistema silvipastoril.

Estabilidade aeróbia, pH e composição microbiológica de silagens de híbridos comerciais de milho

Rosana Ingrid Ribeiro dos Santos*¹

Larissa Lourenço de Oliveira¹

Sarah Oliveira Sousa Pantoja¹

Andreza Santos Amoras¹

Amanda Caroliny Marques de Queiroz¹

Nauara Moura Lage Filho²

Thiago Carvalho da Silva¹

Aníbal Coutinho do Rêgo¹

Na escolha de híbridos de milho para produção de silagem, devem-se observar características de adaptação ao ambiente, de produtividade e de valor nutritivo da cultura. Essas podem impactar na qualidade da forragem conservada. Objetivou-se determinar a estabilidade aeróbia, pH e microbiologia de quatro silagens de híbridos de milho cultivados no Nordeste Paraense, ensilados com elevado teor de matéria seca. O cultivo foi em sistema de plantio direto, no município de Igarapé-Açu-PA, caracterizado pela baixa altitude e regimes pluviométricos acima de 2 mil mm. Foi utilizado delineamento experimental em blocos casualizados com 4 tratamentos, sendo os híbridos: H1 (ciclo precoce, altura média de 2,45 m, textura do grão semidentado); H2 (ciclo semi-precoce, altura de 2,0m, grão semiduro); H3 (ciclo precoce, altura de

¹ Universidade Federal Rural da Amazônia-PA, Brasil.

² Universidade Federal do Pará, Castanhal-PA, Brasil.

* rosanaingridribeiro@gmail.com

2,40m, grão semiduro; e H4 (ciclo precoce para médio, altura de 2,0m e grão semiduro) com 4 blocos experimentais por tratamento, medindo 3 x 5 (15 m²). Os híbridos H1, H2, H3 e H4, foram ensilados com teor de matéria seca (MS) de 42,3, 40,6, 37,3 e 42,2% respectivamente. A ensilagem foi feita em minissilos cilíndricos de PVC com capacidade para 2,5 kg de forragem, armazenado com densidade de 600 kg m³. Após 91 dias da ensilagem, os minissilos foram abertos, e as silagens expostas em baldes para determinação da estabilidade aeróbia. A temperatura foi mensurada com termômetro tipo espeto, inserido na massa de silagem a cada quatro horas. Foram determinadas as variáveis (Tempo em horas de estabilidade-EST; Tempo em horas para temperatura máxima-THM; Temperatura máxima-TMAX e Amplitude-AMP), durante sete dias de exposição das silagens, além do pH, na abertura dos minissilos e após os 7 dias de exposição das silagens. Determinou-se também a composição microbiológica (mofos e leveduras) na abertura. Os dados foram avaliados pelo teste Tukey a 0,05% de probabilidade. Não houve diferença entre as silagens testadas para as variáveis EST, THM, TMAX e AMP. As silagens apresentaram EST entre 59,0 e 105,0 h. A contagem de mofos e leveduras não apresentou diferença entre os tratamentos, apresentando valores < 2,0 ufc/g⁻¹ de forragem. O pH na abertura foi semelhante entre H1 e H2. No entanto, H1 diferiu de H3 e H4, que apresentaram menores valores de pH, 3,49 e 3,44. O pH final, após sete dias de exposição, diferiu sendo o H4, diferente dos demais, com pH de 7,67. Nas condições de cultivo, as silagens não diferem quanto à estabilidade e microbiologia.

Palavras-chave: Leveduras. Mofos. Tempo de estabilidade.

Agradecimentos: Ao CNPq e Fapespa, pelas bolsas concedidas e às empresas KWS sementes, Dow sementes e Yara adubos pelo apoio na realização do experimento.

Estimativa da massa de forragem do capim Tifton 85 a partir do uso do aplicativo Canopeo

Eveline Lira Lima Moreira*¹
Mateus Alves Gonçalves¹
Antonia Samire Sipaúba Farias¹
Luiz Henrique Souza Nenem¹
Luana Monte Prado¹
Jéssica Livia Sousa¹
Valdson José da Silva¹

A determinação da massa de forragem é um fator chave no manejo de plantas forrageiras. Estudo recente indicou a possibilidade do uso do aplicativo Canopeo para estimativa da massa de forragem do sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] com boa precisão a partir de imagens do perfil da planta. Objetivou-se avaliar a possibilidade de uso do Canopeo[®] para a estimativa da massa de forragem e altura do capim Tifton 85 (*Cynodon* spp.). O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental da Universidade Estadual Vale do Acaraú, em Sobral-CE. Foram tiradas imagens do perfil do dossel do capim Tifton 85 para análise, utilizando o aplicativo, seguida da coleta da massa de forragem (dupla amostragem) em diferentes alturas (19, 25 e 31 cm). As imagens foram tiradas a aproximadamente 1 m de distância do perfil do dossel com o uso de um celular com câmera de 13 megapixels acoplada, colocando-se um suporte de cor preta inserido a 50 cm do perfil do dossel para gerar pixels não avaliados pelo aplicativo, uma vez que o mesmo reconhece apenas pixels de cor verde. A massa coletada foi

¹ Universidade Estadual Vale do Acaraú, Sobral-CE, Brasil.

* evelineliralima@gmail.com

levada a estufa de circulação de ar forçada a 55°C por 72 horas. Os dados foram analisados utilizando o PROC REG do SAS. Para avaliar o grau de correlação entre as medidas, foi analisado o coeficiente de correlação de Spearman (ρ) para avaliar a intensidade de correlação entre as medidas destrutivas de massa de forragem e altura, e os valores de cobertura verde estimados com o Canopeo a um nível de 5% de probabilidade. Foram considerados os valores de ρ em vez dos valores de R^2 considerado que a correlação entre as variáveis X e Y poderiam não ser lineares. A correlação (ρ) entre os valores de cobertura verde e altura foi $\rho = 0,75$, e cobertura verde e massa de forragem (kg m^{-2}) foi $\rho = -0,58$. Os valores de ρ foram relativamente baixos comparados com os valores de correlação reportados para o sorgo. Os baixos valores de correlação entre os valores podem ser resultado da elevada presença de material nos pastos de Tifton 85 nas condições estudadas, resultando menor valor de cobertura verde para maior valor de massa total de forragem. Mais estudos são necessários para avaliar se o uso do aplicativo Canopeo permite boas estimativas de massa de forragem em pastos em estágio vegetativo.

Palavras-chave: Dossel. Imagens. Precisão.

Agradecimentos: PIBIT/CNPq e ao Grupo GEPFOR/UVA

Estimativa da massa de touceira do capim *Andropogon* utilizando o aplicativo Canopeo®

Eveline Lira Lima Moreira*¹
Mateus Alves Gonçalves¹
Antonia Samire Sipaúba Farias¹
Luiz Henrique Souza Nenem¹
Luana Monte Prado¹
Jéssica Livia Sousa¹
Valdson José da Silva¹

Com o avanço tecnológico, o desenvolvimento e uso de aplicativos tem-se tornado bastante comum nos dias atuais e contribuído para facilitar nas atividades diárias, despertando interesse de diversas áreas e até mesmo no meio científico. Em 2015, pesquisadores da Oklahoma State University lançaram o aplicativo Canopeo para medir o índice de cobertura verde de diversas culturas. Estudos iniciais também indicaram a possibilidade do uso do Canopeo como uma ferramenta útil para a estimativa da massa de forragem do sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench]. Nesse sentido, este trabalho tem por objetivo avaliar o uso do aplicativo Canopeo para a estimativa massa e altura de touceiras do capim *Andropogon* (*Andropogon gayanus*). O experimento ocorreu na Fazenda Experimental da Universidade Estadual Vale do Acaraú, em Sobral-CE. O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado com sete repetições. Foram tiradas imagens do perfil de touceiras do capim *Andropogon* para análise, utilizando o aplicativo Canopeo,

¹ Universidade Estadual Vale do Acaraú, Sobral-CE, Brasil.

* evelineliralima@gmail.com

seguida da coleta da massa das touceiras (dupla amostragem) em touceiras com diferentes alturas (17, 20, 23, 33, 39, 41, e 49cm). As imagens foram tiradas a aproximadamente 1 m de distância do perfil do dossel com uso de celular com câmera de 13 megapixels acoplada, colocando-se um suporte de cor preta atrás de cada touceira para gerar pixels não avaliados pelo aplicativo, uma vez que o aplicativo reconhece apenas pixels de cor verde. A massa coletada foi levada a estufa de circulação de ar forçada a 55 °C por 72 horas para determinação da matéria seca da forragem. Os dados foram analisados utilizando o PROC REG do SAS. Para avaliar o grau de correlação entre as medidas, foi analisado o coeficiente de correlação de Spearman (ρ) para avaliar a intensidade de correlação entre as medidas destrutivas de massa de touceiras e altura, e os valores de cobertura verde estimados com o aplicativo Canopeo a um nível de 5% de probabilidade. A cobertura verde e altura apresentaram $\rho = 0,83$ e entre cobertura verde e massa de touceira (kg MS) foi $\rho = 0,74$, valores que podem ser considerados baixos em comparação aos valores de correlação reportados para o sorgo na 5ª semana de crescimento (ρ de até 97%). Mais estudos são necessários para avaliar a possibilidade de uso do aplicativo para estimar a massa de touceiras e de forragem de plantas forrageiras.

Palavras-chave: Ferramenta. Forragem. Imagens.

Agradecimentos: PIBIT/CNPq e ao Grupo GEPFOR/UVA

Estudo sobre modelos matemáticos para estimativa de biomassa herbácea na Caatinga sob diferentes formas de manejo utilizando índices de vegetação

Felipe Hermínio Meireles Nogueira*¹
Ellen da Costa Gomes¹
Maria Maiany Paiva Lima¹
Leonardo Fiusa de Morais¹
José Breno da Silva Moreira¹
Magno José Duarte Cândido¹

Em sistemas de produção animal a pasto no semiárido nordestino, fazem-se necessárias medições regulares da condição da pastagem a partir da estimativa de produção de biomassa e consequente disponibilidade de matéria seca para os animais, auxiliando nas decisões de manejo. A realização de estimativas de biomassa por métodos diretos é bastante dispendiosa, sendo que, por meio de técnicas de modelagem e sensoriamento remoto, torna-se possível o monitoramento da cobertura e estimativa da biomassa de forma mais rápida e com menor custo. Para isso, torna-se necessário o estudo sobre os índices de vegetação, que servem como base para a compreensão de diversas características importantes do dossel. No estudo, objetivou-se gerar modelos para a estimativa da produção de biomassa do estrato herbáceo em área de Caatinga sem manipulação e área de Caatinga raleada em faixa, fazendo uso dos índices de vegetação.

¹ Universidade Federal do Ceará, Fortaleza-CE, Brasil.

* felipeherminio@hotmail.com

As coletas de campo foram conduzidas na Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa Caprinos e Ovinos, localizada em Sobral, Ceará, durante a estação chuvosa de 2017 e 2018. Para avaliação da produção de biomassa herbácea, foram marcados dois transectos (um em cada tratamento) de avaliação permanente em formato de cruz, com 25 metros de comprimento para cada lado a partir do centro, com uma faixa de largura de 2 m. Quanto às coletas de biomassa, foram realizadas com molduras de ferro de 0,25 m x 1 m (0,25 m²). As amostras foram levadas à estufa de ventilação forçada de ar (55°C) até peso constante para posterior determinação da matéria seca. As coordenadas dos pontos de coleta foram obtidas para a correlação com os valores gerados pelos índices nas imagens do satélite Sentinel-2. Foram gerados os índices NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), SAVI (Vegetation Index Soil-Adjusted) e IAF (Índice de Área Foliar), para a imagem referente a cada mês da época chuvosa avaliada. Por meio do software LABfit®, foram registradas as equações mais satisfatórias para o conjunto de dados obtido. O modelo que melhor se ajustou à estimativa de biomassa (kg ha⁻¹) do estrato herbáceo em Caatinga sem manipulação e raleada em faixa foram, respectivamente: “ $Y = 3295,98 + (-170) \cdot \ln IAF$ ” ($R^2 = 0,1623$) e “ $Y = 1091,96 \cdot \exp(-0,398305/SAVI)/SAVI$ ” ($R^2 = 0,0519$). Devido à interferência dos outros componentes da vegetação, principalmente o estrato arbóreo, as equações não obtiveram um coeficiente de determinação bem ajustado, sugerindo-se avaliar em trabalhos posteriores a correlação dos índices com a biomassa total acima do solo.

Palavras-chave: Sensoriamento remoto. Modelagem. Raleamento. Pastagens naturais.

Acknowledgements: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Capes e Embrapa Caprinos e Ovinos.

Evaluation of pH from silages of maize, sorghum and millet genotypes grown in Cariri of Ceará

Antonio de Sousa Brito Neto^{*1}
Marcus Roberto Góes Ferreira Costa²
Fernando Lisboa Guedes³
José Lopes Viana Neto²
Joaquim Batista de Oliveira Neto⁴
Carlos Sergio Teixeira Rocha²
Patrícia Guimarães Pimentel¹
Ingrid Rodrigues Sousa⁴

The pH is a determinant factor of silage quality and it is initially determined by bromatological composition of the used plant. When the ensilage process is accomplished on the ideal stage of culture and crushing and compaction forage stages are performed properly, there are few biological modifications on material. The objective of this research was to evaluate the pH of silage maize genotypes, sorghum and millet, grown in rainfed system. The experiment was implanted in an area with soil classified as Vertissolo Hydromafico of clay texture. All cultivation has been carried out in dry conditions. For each culture, 4 genotypes were evaluated. After cutting, the forages collected were crushed in particles of 1 to 2 cm with the aid of a stationary sill machine and then ensiled in experimental silos of PVC measuring 500 mm in length and

¹ Federal University of Ceará, Fortaleza, Brazil.

² Federal Institute of Education, Science and Technological of Ceará, campus Crato, Brazil.

³ Brazilian Agricultural Research Corporation - Goats and Sheep, Sobral-CE, Brazil.

⁴ Federal Institute of Education, Science and Technological of Ceará, campus Crateús, Brazil.

* britows11@gmail.com

100 mm in diameter, containing 350 g of sand at the bottom of the silo. The compression was done manually seeking to obtain the density of 550 kg of green matter per cubic meter. For each genotype were made five experimental silos, represented the repetitions, being the genotypes the treatments. For the evaluation of silages the experimental design was entirely random. Among the corn genotypes, there was no significant difference between the pH of silage of the AL Bandeirante (3.68) genotypes, BRS 2020 (3.70) and AL Avaré (2.70). The gorutuba BRS genotype presented pH of 4.25, differing ($P < 0.05$) from the other. High pH values can be associated with undesirable microorganisms, depressing the quality of silage. However, very acidic silages can cause reduction in consumption. As for sorghum culture, there was no statistical difference between the silage of the BRS Ponta Negra genotypes, IPA 467, DOW 740 and Catissorgo, with the average value observed of 3.63. For the millet culture, the pH observed in the silage of the genots ADR 6010, BRS 1501 and ADR 500 was 3.72, 3.68 and 3.96 respectively, and not differing between them. These results characterize a well-preserved and quality silage. For silage of the ADR 300 genotype (4.63) a high pH ($P < 0.05$) was observed, indicating bad conservation. Except for the corn genotype, BRS Gorutuba, and millet, ADR 300, the other genotypes of maize, sorghum and millet set up as good options to be used in the form of silage. However, other quality parameters should be observed in the evaluation of silages.

Keywords: Forage. *Zea mays*. *Sorghum bicolor*. *Pennisetum americanum*.

Evaluation of pre-and post-grazing leaf area index using destructive and nondestructive methods

Jefte Arnon de Almeida Conrado*¹
Marcos Neves Lopes¹
Dayanne Ribeiro do Nascimento¹
Maria Eduarda Gomes de Andrade¹
Emanoella Karol Saraiva Otaviano¹
Samuel Rocha Maranhão¹
Vítor Hugo Maués Macedo²
Magno José Duarte Cândido¹

The Leaf area index (LAI) is an important measure for the process of understanding vegetation dynamics, since this variable is determinant for the biomass flow process. The objective in this study was to compare two distinct LAI evaluation methods in *Brachiaria* grass (*Urochloa decumbens* cv Basilisk), being the first one a direct destructive method (LAI_d) and indirect non-destructive method (LAI_i). The experiment was carried out at the Center for Teaching and Studies in Forage Crops, of the Animal Science Department of the Federal University of Ceará, NEEF/DZ/UFC, during the dry season of 2018. The paddocks had approximately 580 m² with irrigation, and were grazed by Morada Nova sheep when the grass reached 95% of Light Interception (LI) until reaching a residual Leaf Area Index (rLAI) of 1.3. The experimental design was completely randomized

¹ Federal University of Ceará, Fortaleza-CE, Brasil.

² Federal Rural University of Amazonia, Belém-PA.

* jefte_arnon@hotmail.com.

with four replicates. The LAI was measured in both the residual and pre-grazing conditions of the same cycle, being used for this one a PAR-LAI in agriculture analyzer model AccuPAR LP-80 (LAIi), and one with a wood press with a known area of 4 cm² (LAI_d). To calculate the IAF_d, the biomass within a 1260 cm² frame was cut, weighed and separated the leaf blade fraction from the stem and dead fractions. The methods were compared by parallelism tests for linear regressions between the different ways of quantifying the LAI, through the program Sisvar version 5.6. It was observed that for the residual condition the correlation between the evaluated methods was low ($r = 0.12$). However for the pre-grazing condition, there was a higher correlation between the methods ($r = -0.95$), possibly due to the presence of senescent material accumulation. The LAI estimation through the canopy analyzer might be underestimated in the residual condition, since pastures maintained lower cause a reduction in the light trap surface of the sensors, which does not happen in grasses maintained taller (pre-grazing condition). For the residual condition the LAI_d method is the most indicated, while for pre-grazing both can be used.

Keywords: LAI, biomass. Forage grasses. Methodology.

Acknowledgements: To Capes and UFC.

Evaluation of pH from silages of maize, sorghum and millet genotypes grown in Cariri of Ceará

Antonio de Sousa Brito Neto^{*1}
Marcus Roberto Góes Ferreira Costa²
Fernando Lisboa Guedes³
José Lopes Viana Neto²
Joaquim Batista de Oliveira Neto⁴
Carlos Sergio Teixeira Rocha²
Patrícia Guimarães Pimentel¹
Ingrid Rodrigues Sousa⁴

The pH is a determinant factor of silage quality and it is initially determined by bromatological composition of the used plant. When the ensilage process is accomplished on the ideal stage of culture and crushing and compaction forage stages are performed properly, there are few biological modifications on material. The objective of this research was to evaluate the pH of silage maize genotypes, sorghum and millet, grown in rainfed system. The experiment was implanted in an area with soil classified as Vertissolo Hydromafico of clay texture. All cultivation has been carried out in dry conditions. For each culture, 4 genotypes were evaluated. After cutting, the forages collected were crushed in particles of 1 to 2 cm with the aid of a stationary sill machine and then ensiled in experimental silos of PVC measuring 500 mm in length and 100 mm in

¹ Federal University of Ceará, Fortaleza, Brazil.

² Federal Institute of Education, Science and Technological of Ceará, campus Crato, Brazil.

³ Brazilian Agricultural Research Corporation - Goats and Sheep, Sobral-CE, Brazil.

⁴ Federal Institute of Education, Science and Technological of Ceará, campus Crateús, Brazil.

* britows11@gmail.com

diameter, containing 350 g of sand at the bottom of the silo. The compression was done manually seeking to obtain the density of 550 kg of green matter per cubic meter. For each genotype were made five experimental silos, represented the repetitions, being the genotypes the treatments. For the evaluation of silages the experimental design was entirely random. Among the corn genotypes, there was no significant difference between the pH of silage of the AL Bandeirante (3.68) genotypes, BRS 2020 (3.70) and AL Avaré (2.70). The gorutuba BRS genotype presented pH of 4.25, differing ($P < 0.05$) from the other. High pH values can be associated with undesirable microorganisms, depressing the quality of silage. However, very acidic silages can cause reduction in consumption. As for sorghum culture, there was no statistical difference between the silage of the BRS Ponta Negra genotypes, IPA 467, DOW 740 and Catissorgo, with the average value observed of 3.63. For the millet culture, the pH observed in the silage of the genots ADR 6010, BRS 1501 and ADR 500 was 3.72, 3.68 and 3.96 respectively, and not differing between them. These results characterize a well-preserved and quality silage. For silage of the ADR 300 genotype (4.63) a high pH ($P < 0.05$) was observed, indicating bad conservation. Except for the corn genotype, BRS Gorutuba, and millet, ADR 300, the other genotypes of maize, sorghum and millet set up as good options to be used in the form of silage. However, other quality parameters should be observed in the evaluation of silages.

Keywords: Forage. *Zea mays*. *Sorghum bicolor*. *Pennisetum americanum*.

Exports of Ca, Mg and S in pasture of tamani-grass fertilized under increasing rates of nitrogen

Raynara Cardonha Uchôa Lima^{*1}
Antonia Marta Sousa de Mesquita²
Elayne Cristina Gadelha Vasconcelos¹
Jefte Arnon de Almeida Conrado¹
Roberto Cláudio Fernandes Franco Pompeu³
Henrique Antunes de Souza⁴
Matheus Moreira Oliveira¹
Magno José Duarte Cândido¹

To quantify the exportation rates of calcium (Ca), magnesium (Mg) and sulfur (S) of tamani-grass under nitrogen fertilization, this research was carried out. The experiment was performed in an irrigated area at the Forage Teaching and Studies Nucleus from Federal University of Ceara (NEEF/DZ/CCA/UFC), in Fortaleza-CE. The treatments consisted of the application of urea as a source of nitrogen with doses of 0; 100; 200; 300; 600 and 1.200 kg ha⁻¹ year⁻¹. A complete randomized block design was set up, with three replicates. The tamani-grass was grown in 12.5 m² plots, having a pre-treatment frequency without the treatment of 1.200 kg ha⁻¹ year⁻¹, being lowered to a residual leaf area index (IAFr) of 1.0 estimated by the PAR/LAI analyzer Accupar LP-80. In order to collect biomass, a 0.25 m² frame was used to collect samples at the ground

¹ Universidade Federal do Ceará, Fortaleza-CE, Brasil.

² Universidade Estadual Vale do Acaraú, Sobral-CE, Brasil.

³ Embrapa Caprinos e Ovinos, Sobral-CE, Brasil.

⁴ Embrapa Meio Norte, Teresina-PI.

* raynara.cardonha@gmail.com

level. The harvested biomass was taken to the laboratory where they were washed in running water, and running water + neutral detergent, and finally in distilled water containing 0.3 ml of hydrochloric acid. Subsequently, they were taken to a 55 °C oven until constant weight was reached. Afterwards, the material was weighed on a precision scale and milled with a 1.0 mm sieve. The dry matter (DM) was digested in nitric-perchloric acid for two hours to determine Ca, Mg and S contents, by spectrophotometry, Ca and Mg by absorbance and S by turbidity with barium sulfate. The data were submitted to analysis of variance (ANOVA) by the F test ($p < 0.05$). The SISVAR computer program was used as a tool to help the analysis. It was observed a linear behavior for the Ca and Mg variables ($\hat{Y} = 16.469 + 0.0267x$ and $\hat{Y} = 18.483 + 0.0327x$, $p < 0.01$), respectively. The S showed quadratic behavior ($\hat{Y} = 7.923 + 0.0152x - 0.000004x^2$, $p < 0.05$). The rate of 1,200 kg ha⁻¹ year⁻¹ of N provided increases in the order of 216. 359 and 188% for Mg, S and Ca, respectively when compared to the treatment of 0 kg ha⁻¹ year⁻¹ of N. Nitrogen fertilization led to a greater cell wall division, reflecting the increased biomass, which can be verified by the export of these macronutrients. Thus, higher doses of N contribute to higher exports of Ca, Mg and S in the tamani-grass.

Keywords: Biomass. Nitric-perchloric acid. Spectrophotometry.

Exports of NPK from biomass of tamani-grass under increasing nitrogen rates

José Breno da Silva Moreira*¹
Antonia Marta Sousa de Mesquita²
Elayne Cristina Gadelha Vasconcelos¹
Marcos Neves Lopes¹
Dayanne Ribeiro do Nascimento¹
Henrique Antunes Souza⁴
Roberto Cláudio Fernandes Franco Pompeu³
Magno José Duarte Cândido¹

To quantify the export of Nitrogen (N), Phosphorus (P) and Potassium (K) by tamani-grass as a function of increasing rates of nitrogen fertilization. The experiment was performed at the Forage Teaching and Studies Nucleus -NEEF/DZ/CCA/UFC, in Fortaleza-CE. The treatments consisted of nitrogen applications at rates of 0, 100, 200, 300, 600 and 1.200 kg ha⁻¹ year⁻¹. A complete randomized block design was set up, with three replicates. (plots of 12.5 m²). As a source of N was utilized urea. The dry matter of the samples was ground and digested in nitric-perchloric acid to determine the contents of P, K and in sulfuric acid for N. The P was determined by spectrophotometry, K by flame photometry and N by the Kjeldahl method. The SISVAR 5.6 computer program was used as a tool to help the analysis. Was observed linear response for the

¹ Universidade Federal do Ceará, Fortaleza-CE, Brasil.

² Universidade Estadual Vale do Acaraú, Sobral-CE, Brasil.

³ Embrapa Caprinos e Ovinos, Sobral-CE, Brasil.

⁴ Embrapa Meio Norte, Teresina-PI.

* brenosmoreira@hotmail.com

export of nitrogen ($\hat{Y} = 85.267 + 0.324068x$), phosphorus ($\hat{Y} = 14.407 + 0.023524x$) e potassium ($\hat{Y} = 99.838 + 0.245333x$, ($p < 0.01$) in the production of total forage biomass as a function of nitrogen fertilization. With the increase of nitrogen through fertilization, N was exported to the canopy of tamani-grass, which allowed an increase of the photosynthetic processes, by the participation of N in the chlorophyll molecules. It was found that each kilogram of N applied the exported P increased by 0.0246, due to its importance in cell division, energy transfer, photosynthesis and other processes in the plant and that of K increased 0.0245 kg ha⁻¹, in view of its performance as an enzymatic activator and in the osmotic control. With this we can infer that with the nitrogen rates of 1.200 kg ha⁻¹ year⁻¹ there was still no saturation in the N export. In addition, the increase of nitrogen fertilization rate was proportional to the export of phosphorus and potassium, concluded that these nutrients were required in greater quantities by the plant.

Keywords: Macronutrients. *Megathyrus maximus*. Grassy, absorption of nutrients.

Flujo de biomasa del pasto Tierra verde sobre cuatro edades de crecimiento

Eulalia Josefina Contreras Méndez*¹
Rafael Nogueira Furtado'
Samuel Rocha Maranhão'
Theyson Duarte Maranhão'
Clemente Fernandes dos Santos Neto'
Diego Sousa Amorin'
Andreza Kelly Santos de Andrade'
Magno José Duarte Cândido'

El conocimiento del comportamiento de flujo de biomasa a lo largo de un período de descanso representa herramientas para definir prácticas de manejo que maximice la utilización de pastos. Frente a lo expuesto, se objetivó evaluar las características morfológicas del pasto tierra verde (*Cynodon dactylon*) en cuatro edades de crecimiento, el tema de caracterizar el crecimiento de esa gramínea a lo largo de período de descanso. Los tratamientos consistieron de cuatro edades de crecimiento (04-08, 08-12, 12-16 y 16-20 días) delineamiento en bloques completos al azar con tres repeticiones. El área experimental consistió de 210m² siendo dividida en tres bloques de 70 m², subdivididos en cinco parcelas, de 5 x 2,5 m². Cuatro días después del corte de uniformización fueron marcados dos puntos del piquete (10 puntos por bloque), totalizando 90 macollos evaluados a intervalos de dos días hasta 20

¹ Universidade Federal do Ceará, Fortaleza-CE, Brasil.
* jcm_23@hotmail.com

días de crecimiento. Fueron evaluados las tasas de índice de elongación foliar (TAEF), elongación de tallo (TET) y senescencia foliar (TSF), (cm macollo-1 día-1), tasa de acumulo de forraje total (TAFT) y forraje verde (TAFV); número de hojas totales (NTH), verdes (NHV), emergentes (NHE), expresos en hojas por macollo-1 y tasa de aparecimiento de hoja (TAH). Todas las variables fueron influenciadas por las edades de crecimiento. Se verificó mayor TAEF entre 4 y 8 días (10.78 cm macollo-1) y menor TAH (3.07 cm macollo-1 día-1) entre 16 y 20 días de crecimiento. La TEIT entre 8 y 12 días fue mayor que en las edades de 4 y 8 a 16 y 20 días, con valores respectivos de 2.16, 1.30 y 1.02 cm macollo-1 día-1. La TSH se intensificó entre 16 y 20 días, siendo superior a las demás edades. Las TEFT y TEHV fueron menores entre 16 y 20 días. En el NTH y NHV aumentaron con las edades, siendo mayores entre 12 a 16 días y 16 a 20 días. El NHE y TApH fueron mayores en el inicio del crecimiento, 4 a 8 días, disminuyeron hasta el menor valor, la edad de 16 a 20 días. Las características morfológicas varían a lo largo del período de descanso del pasto tierra verde. El crecimiento del pasto capim tierra verde entre 16 y 20 desfavorece la estructura del pasto y promueve pérdidas de forraje por senescencia.

Palabras-clave: *Cynodon dactylon*. Frecuencia de desfoliación. Morfología. Tasa de elongamiento de hoja.

Agradecimiento: Núcleo de Enseñanza en Estudios de Forraje, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT).

Fontes e doses de nitrogênio sobre a produção de forragem da grama missioneira-gigante

Ana Lúcia Hanisch*¹
Gilcimar Adriano Vogt¹
Gilson José Marcinichen Gallotti¹

A grama missioneira-gigante (*Axonopus catharinensis* Valls) cv. SCS315 Catarina gigante é uma forrageira nativa do Sul do Brasil e tem apresentado adaptação de uso em sistemas intensivos de produção com destacada adaptação à diferentes regiões edafoclimáticas, excelente aceitação pelos animais, alta produção de pasto e boa tolerância ao sombreamento e ao frio entre as espécies perenes de verão. Entre todos os nutrientes minerais, o nitrogênio (N) é quantitativamente o mais importante para o crescimento das pastagens e há demanda por informações técnicas a respeito de fontes e doses a serem aplicadas em pastagens perenes de verão. O objetivo deste trabalho foi avaliar a produção de matéria seca (MS) da missioneira-gigante submetida a diferentes doses de nitrogênio (0, 100, 200, 300 e 400 kg ha⁻¹ano⁻¹) de duas fontes: ureia e cama de aviário, gerando indicadores de uso adequado da adubação nitrogenada que permitam a melhoria da pastagem e a sustentabilidade da produção. Os experimentos foram conduzidos em área contígua, entre setembro/2015 e abril/2018, em Papanduva/SC. O delineamento experimental utilizado foi de blocos completos casualizados, com quatro repetições em ambos, em parcelas de 1,6 x 5,0m. Foi avalia-

¹ Epagri – Estação Experimental de Canoinhas, Canoinhas-SC, Brasil.

* analucia@epagri.sc.gov.br

da a produção de forragem, por meio de cortes realizados com auxílio de molduras de 1 m² por parcela, sempre que o pasto alcançava a altura média de 30 cm, com resíduo de 5cm. A adubação nitrogenada foi realizada em cobertura, particionados em 50 kg de N ha⁻¹ após cada corte, proporcionais às diferentes doses dos tratamentos. Houve resposta linear crescente na disponibilidade de forragem em decorrência do aumento das doses de ureia ($\hat{Y} = 7.300,04 + 4,30 \times R^2 = 0,82$). Com a cama de aviário, não houve efeito de doses. Em ambos os experimentos, houve efeito de anos, sendo verificado, em 2017, o valor de 8.441 kg ha⁻¹ ano⁻¹ com cama de aves, superior ao ano 2018 (7.270 kg ha⁻¹ ano⁻¹). Com uso de ureia, a produção de MS foi de 8.441 e 7.878 kg ha⁻¹ ano⁻¹, respectivamente para 2017 e 2018. A disponibilidade de forragem foi menor em ambos os experimentos devido à ocorrência de chuvas irregulares e períodos de déficit hídrico acentuados durante o período de crescimento da missioneira-gigante em 2018. É possível que esse fator tenha contribuído também para a ausência de efeito de doses com o uso da cama de aviário. Por se tratar de uma pastagem perene, os resultados são ainda inconclusivos e há necessidade de um maior período de avaliação.

Keywords: *Axonopus catharinensis*. Pastagem perene. adubação nitrogenada.

Gas exchanges in brachiaria grass pastures intercropped with *Clitoria ternatea* L.

Antônia Flávia Fernandes Torres*¹
Emanoella Karol Saraiva Otaviano¹
Bruno Bizerra do Nascimento¹
Leydiane Bezerra de Oliveira¹
Marcos Neves Lopes¹
Theyson Duarte Maranhão¹
Jefte Arnon de Almeida Conrado¹
Magno José Duarte Cândido¹

The morphophysiological differences between grasses and legumes reflect directly on their photosynthetic processes and the accumulation of biomass, thus the study of gas exchange is important because it allows a joint evaluation of the physiological processes in response to the extrinsic factors. The objective in this study was to evaluate the gas exchange in intercropped pastures of *Brachiaria decumbens* with the legume cunhã (*Clitoria ternatea*). The experiment was carried out at the Center for Teaching and Studies in Forage Crops of the Federal University of Ceará-NEEF/DZ/CCA/UFC, in Fortaleza-CE, during September and October of 2018. A completely randomized design was used, with two treatments (brachiaria grass and cunhã) with eight replicates. The gas exchange evaluations were carried out using the infrared gas analyzer-IRGA model LCpro-SD®, with measurements taken on brachiaria grass on the recent-expanded leaf blade of two representa-

¹ Federal University of Ceará, Fortaleza - CE, Brazil.

* flaviaftorres@outlook.com

tive tillers, and on the cunha, on the highest leaflet of leaves that had, at least, five leaflets. The variables quantified were: leaf carbon dioxide concentration (C_i ; ppm), leaf transpiration rate (E ; $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), stomatal conductance (g_s ; $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), leaf photosynthesis rate (A ; $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), water use intrinsic efficiency (A/g_s ratio; dimensionless) and water use instant efficiency (A/E ratio; dimensionless). The data were submitted to analysis of variance by the F test and, when significant, the means were compared by the Tukey's test at 5% of probability. All the variables studied presented significant difference ($P < 0.05$) between the treatments. The cunhã presented higher values of C_i (285.88 ppm), E ($4.56 \text{ mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) and g_s ($0.42 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) in comparison to the brachiaria grass (153.94 ppm, $2.77 \text{ mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ and $0.23 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, respectively). While the brachiaria grass presented higher values of A ($20.80 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), A/g_s ratio (93.08) and A/E ratio (7.63) in comparison to the cunhã, which presented values of $11.15 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, 31.84 and 2.47, respectively. Lower concentrations of C_i in brachiaria grass can be explained by the lower transpiration rate or the higher leaf photosynthesis rate, as they promote a reduction of the free carbon dioxide concentration in the mesophyll. The lowest value of g_s in brachiaria grass occurs as an attempt to avoid losses of water to the atmosphere through the stomatal closure, providing a higher water use efficiency (A/g_s and A/E ratios). Based on the results, it was inferred that the brachiaria grass showed greater efficiency in the use of water.

Keywords: Internal concentration of CO_2 . Stomatal conductance. Leaf photosynthesis rate. Leaf transpiration rate.

Acknowledgements: This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brazil (Capes) – Finance Code 001 and Center for Teaching Studies in Forage Crops of the Federal University of Ceará - NEEF/DZ/CCA/UFC.

Germinação de sementes de Jurema-branca [*Piptadenia stipulacea* (Benth.) Ducke] sob condições de estresse hídrico

Maria Aline Alves Mota^{*1}
Marcos Rafael de Sousa Rodrigues¹
Rafaela Magalhães Dias Carvalho¹
Francisco Igo Rodrigues¹
Nara Lídia Mendes Alencar²
Sâmia Paiva de Oliveira Moraes³

A tolerância ao estresse hídrico tem sido bastante estudada, com o intuito de identificar espécies com maior resistência a esse tipo de condição. Contudo, para a maioria das espécies nativas da Caatinga do Nordeste brasileiro, o conhecimento acerca do nível de tolerância a esse estresse ainda é bastante limitado. Diante disso, este trabalho objetivou avaliar a influência do estresse hídrico sobre os parâmetros germinativos de sementes de *Piptadenia stipulacea* Benth. (Ducke), espécie nativa da Caatinga, conhecida popularmente como Jurema-branca. O experimento foi realizado no IFCE Campus Crateús, sendo constituído por 5 tratamentos, contendo 8 repetições com 25 sementes cada. Primeiramente, as sementes foram expostas a um pré-tratamento de quebra de dormência com ácido sulfúrico concentrado, por um período de 30 minutos. Posteriormente, as sementes foram postas para germinar em papel ger-

¹ Instituto Federal do Ceará, Crateús-CE, Brasil.

² Instituto Federal do Ceará, Canindé-CE, Brasil.

³ Instituto Federal do Ceará, Boa Viagem-CE, Brasil.

* maria-aline@hotmail.com.br

mitest umedecido com diferentes concentrações de polietilenoglicol (PEG 6000) sendo mantidas em câmara de germinação do tipo B.O.D, sob temperatura de 25°C, com luz branca e fotoperíodo constante de 12 h claro/escuro. Os tratamentos hídricos corresponderam às diferentes concentrações de PEG 6000 a 0 (grupo controle, sem restrição hídrica); 119,571; 178,343; 223,664 e 261,948 mM, relacionando-se as concentrações osmóticas de 0 (água destilada); -0,2; -0,4; -0,6 e -0,8 MPa, respectivamente. Avaliaram-se as variáveis de percentagem de germinação (%G); índice de velocidade germinação (IVG) e tempo médio de germinação (TMG). A Jurema-branca apresentou teores de %G para os diferentes tratamentos, sendo encontradas um efeito linear decrescente na germinação em função dos níveis de salinidade, com os tratamentos 0,0 e -0,2 MPa apresentando os maiores percentuais. O IVG apresentou efeito linear decrescente, onde os tratamentos 0,0 e -0,2 MPa apresentaram os maiores valores, sendo que, no potencial osmótico mais negativo (-0,8 MPa), apresentou o menor valor de IVG. Houve efeito linear crescente no TMG, com as concentrações osmóticas de 0,0; -0,2; -0,4 e -0,6 Mpa, apresentando valores em torno de 7 dias para germinação, enquanto, com o potencial osmótico -0,8 MPa, as sementes necessitaram de 8 dias para a germinação. As sementes de *Piptadenia stipulacea* Benth. (Ducke) se mostraram sensíveis ao estresse hídrico induzido pelo PEG 6000 a partir do potencial osmótico de -0,4 MPa.

Palavras-chave: Desenvolvimento das sementes. Espécie nativa. Tolerância.

Agradecimentos: Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (Funcap), Universidade Federal do Ceará (UFC) e Instituto Federal do Ceará (IFCE).

Importância da reserva estratégica de forragem em propriedades modais no semiárido

Fernando Henrique M.A.R. de Albuquerque^{*1,2}

Lisiane Dorneles de Lima¹

Ana Clara Rodrigues Cavalcante¹

Urbano Gomes Pinto de Abreu³

Cesar Henrique E.C.Poli²

Zenildo Ferreira Holanda Filho¹

Vinícius Pereira Guimarães¹

Alda Lúcia Gomes Monteiro⁴

As incertezas climáticas tornam a pecuária uma atividade de grande importância para o semiárido. A base da alimentação dos rebanhos é a Caatinga, que apresenta característica de elevada estacionalidade, sendo necessárias outras opções forrageiras para garantir a segurança alimentar dos rebanhos. O entendimento dessas estratégias utilizadas pelos produtores e a proporção em que estão distribuídas na área da propriedade são importantes para o aprimoramento da gestão alimentar dos rebanhos, em conjunto com seus efetivos. Objetivou-se com este trabalho caracterizar as fontes de forragem das propriedades modais das tipologias de produtores de ovinos e caprinos do principal polo de produção do Ceará, a fim de fornecer subsídio para o desenvolvimento de inovação visando à segurança alimentar animal no semiárido. Foi utili-

¹ Embrapa Caprinos e Ovinos, Sobral-CE, Ceará, Brasil.

² Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre-RS, Brasil.

³ Embrapa Pantanal, Corumbá-MS, Brasil.

⁴ Universidade Federal do Paraná, Curitiba-PR, Brasil.

* fernando.albuquerque@embrapa.br

zada a metodologia de *Painel de Especialistas* para caracterizar os itinerários técnicos, rebanhos, infraestrutura, custos e rendas da propriedade modal de cada uma das duas principais tipologias de produtores do município de Tauá-CE. A propriedade modal da tipologia 1 (PM1) apresenta área total (AT) de 90,0ha, distribuídos em 81,0ha de pastagem nativa (PN), 2,0ha de pastos e forragens cultivadas (PFC) e 2,0ha de culturas agrícolas anuais (CAA). Já a propriedade modal da tipologia 2 (PM2) apresenta AT de 180,0ha, sendo 163,0ha de PN, 2,0ha de PFC e 5,0ha de CAA. Ambas propriedades apresentam 5 divisões da AT. Quanto aos rebanhos de ovinos, caprinos e bovinos, em número de animais, a PM1 apresenta um efetivo de 70, 30 e 15, enquanto a PM2 tem 140, 70 e 30, respectivamente. O pasto nativo é base alimentar dos rebanhos de ruminantes nas propriedades de Tauá, ocupando 90% da AT. Os 2,0 hectares de PFC, nas duas tipologias, são utilizados como reserva estratégica de forragem, subdivididos em silagem de sorgo (1,0ha), palma (0,5ha) e capim de vazante (0,5ha - canarana e braquiária do brejo) nas áreas dos açudes. Os restolhos das culturas de milho e feijão, são utilizados pelos rebanhos após a colheita. A principal diferença relatada entre as tipologias foi a forma de cultivo da palma; na PM1 o sistema é adensado, enquanto, na PM2, o sistema é o tradicional, com maior espaçamento entre as raquetes. A diversificação das fontes de forragem é uma maneira de garantir a segurança alimentar dos rebanhos, independente de tipologia.

Palavras-chave: Caatinga. Caprinos. Ovinos. Painel de especialistas.

Agradecimentos: Aos produtores e técnicos do município de Tauá, Secretaria de Agricultura de Tauá, SEBRAE, Ematerce, IFCE e CENTEC.

Índice de área do cladódio da palma forrageira Miúda [*Nopalea cochenillifera* (L.) Salm Dyck] submetida a diferentes densidades 30 dias após o plantio

Paulo Ricardo Vieira da Silva*¹
Erlens Eder-Silva²
Bruno Rocha de Moura³
Cícero Leandro Maia¹
Emanuel Medeiros Vieira¹
Thaís Silva Siqueira Nascimento¹
Sara Helen Lima Nascimento Gonçalves¹
Cilene de Melo Vieira¹

A palma é uma cactácea que apresenta características morfológicas e fisiológicas que propiciam a sua adaptação à região semiárida brasileira, tendo como destaque o processo fotossintético peculiar do Metabolismo Ácido das Crassuláceas, que evita a perda excessiva de água pela transpiração durante o dia, o que evidencia a alta resistência à seca e eficiência no uso da água. O uso da palma forrageira é fundamental para alimentação dos animais diariamente na região, devido ao elevado índice de água nos seus tecidos, os carboidratos não fibrosos, cinzas e nutrientes digestíveis totais. A densidade de plantio é fator importante para o crescimento da palma forrageira, logo, o objetivo do presente estudo foi avaliar o efeito da densidade de cladódios plantados nas linhas sobre o índice de área do cladódio de palma forrageira miúda

¹ Graduando(a) em Zootecnia, Instituto Federal do Ceará, campus Crato.

² Professor Dr. do Instituto Federal do Ceará, campus Crato.

³ Técnico agropecuário do Instituto Federal do Ceará, campus Crato.

* paulo.rv1@hotmail.com

[*Nopalea cochenillifera* (L.) Salm Dyck] em condições de sequeiro. O experimento foi realizado na Fazenda Santa Marta, localizada no município de Exu, Pernambuco, Brasil, no período de 30 dias após o plantio. O experimento foi conduzido nos anos 2016/17, quando o delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com oito repetições. Cada bloco teve três linhas com 5 m de comprimento com espaçamento entre linhas de 1 m, totalizando a área experimental de 30m², desprezando-se 5 m nas extremidades da mesma. Os tratamentos compreenderam quatro densidades de plantio: (T1) superadensado sem espaçamento entre os cladódios; (T2) espaçamento de 0,10 cm entre cladódios; (T3) espaçamento de 0,20 cm entre cladódios; (T4) espaçamento de 0,30 cm entre cladódios e oito repetições, totalizando 32 parcelas experimentais. As variáveis analisadas tendo como base o cladódio mais superior à base foram número de cladódios; comprimento e largura com relação à densidade. Os dados foram analisados estatisticamente com auxílio do programa Excel – Microsoft Excel. Nos resultados apresentados, verificou-se que o índice de área do cladódio dos clones de palma forrageira miúda apresenta relação direta com o número total de cladódios emitidos por área e a densidade de plantas. Dessa forma, observou-se que o índice de área do cladódio variou de 0,004 a 0,014. As variáveis morfológicas apresentam alta influência sobre a produção da cultura, com ênfase para o índice de área do cladódio, que pode variar em função das condições edafoclimáticas e da densidade populacional. Conclui-se que a densidade de plantas de palma forrageira que promoveu o maior índice de área do cladódio foi a superadensado e plantas a 0,20 cm.

Palavras-chave: Alimentação animal. Semiárido nordestino. Cactácea.

Índice de área do cladódio de clones da palma forrageira *Opuntia stricta* submetidos a diferentes concentrações de água residuária

Paulo Ricardo Vieira da Silva*¹
Erlens Éder Silva²
Sara Helen Lima Nascimento Gonçalves¹
Emanuel Medeiros Vieira¹
Cícero Leandro Maia¹
Antônio Sérgio Felipe de Carvalho¹
Bruno Rocha de Moura³
João Batista Rodrigues de Abreu⁴

A palma forrageira apresenta peculiaridades fisiológicas, anatômicas e estruturais, além de possuir alta eficiência no uso da água. Por esse motivo, apresenta-se como uma ótima opção para produção de forragem em regiões semiáridas. Por outro lado, a suinocultura tem promovido grande desperdício de água além de apresentar grande potencial poluidor. O reuso de água da suinocultura poderá se dar na produção vegetal, devido às elevadas cargas orgânicas como uma possível alternativa para a irrigação e adubação sustentável. Diante dessa alternativa de produção forrageira, objetivou-se avaliar o índice da área do cladódio de palma forrageira Orelha de Elefante Mexicana aplicada a diferentes níveis de água residuária de suinocultura. O experimento foi

¹ Graduando(a) em Zootecnia, Instituto Federal do Ceará, campus Crato.

² Professor Dr. do Instituto Federal do Ceará, campus Crato.

³ Técnico agropecuário do Instituto Federal do Ceará, campus Crato.

⁴ Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – UFRRJ.

* paulo.rv1@hotmail.com

conduzido no IFCE, *campus* Crato. A espécie escolhida para desenvolver o experimento foi a Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia stricta*). A condução do experimento ocorreu no período compreendido entre os meses de abril a agosto de 2017, totalizando 150 dias após o plantio. As raquetes foram plantadas em vasos de polietileno com capacidade para 15L. O experimento foi arranjado em delineamento em blocos casualizados (DBC), com cinco tratamentos e oito repetições, totalizando 40 parcelas experimentais, sendo uma planta útil por parcela. Os tratamentos compreenderam: (T1) 1000ml de água; (T2) 200ml de ARS + 800ml de água; (T3) 400ml de ARS + 600 ml de água; (T4) 600 ml de ARS + 400 ml de água e (T5) 800ml de ARS + 200ml de água. Todas as plantas foram irrigadas em dias alternados a fim de manter a Cc. O comprimento foi aferido utilizando o diastímetro da base do cladódio à sua extremidade superior e à largura em uma linha perpendicular ao comprimento, da lateral esquerda à direita do cladódio. Os dados foram avaliados após processados pelo Sistema para Análise Estatística Software R. Concluiu-se pela análise gráfica de regressão para os níveis de concentração de inclusão de ARS sobre o índice de área do cladódio (IAC) de plantas de palma forrageira que a concentração de 600 ml de água residuária por litro de água promoveu maior índice de área do cladódio da palma forrageira Orelha de Elefante Mexicana.

Palavras-chave: Palma forrageira. Produção vegetal. Suinocultura.

Influência da suplementação energético-proteica durante a gestação sobre a produção e composição do leite de ovelhas Morada Nova

Andreza Kelly Santos de Andrade^{*1}
Cimara Gonzaga Vitor²
Luciana Freitas Guedes³
Abdias Nascimento Luz¹
Clésio Santos Costa¹
Alex Santos Rodrigues Junior⁴
Patrícia Guimarães Pimentel¹
Marcos Cláudio Pinheiro Rogério³

A disponibilidade de forragem ao longo do ano pode ser comprometida pela escassez de chuvas, sendo necessária a suplementação dos animais, principalmente das fêmeas gestantes que fazem uso do bioma da Caatinga. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da suplementação energético-proteica durante a gestação sobre a produção e a composição do leite de ovelhas Morada Nova em pasto da Caatinga. Foram utilizadas 16 fêmeas multíparas distribuídas em duas estratégias de suplementação energético-proteica: S1 – 200 g dia⁻¹ de concentrado nos dois terços iniciais de gestação e S2 – 200 g dia⁻¹ ao longo da gestação. A produção de leite foi mensurada nos tempos 15 e 75 dias, sendo estimada pela técnica de pesagem do cordeiro antes e após a mamada

¹ Universidade Federal do Ceará, Fortaleza-CE, Brasil.

² Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte-MG, Brasil.

³ Embrapa Caprinos e Ovinos, Sobral-CE, Brasil.

⁴ Universidade Estadual do Vale do Acaraú, Sobral-CE, Brasil.

* andrezak.andrade@gmail.com

e, posteriormente, corrigida para o teor de 6,5% de gordura. Concomitantemente, foi realizada a coleta de amostras de leite para análise de composição individual. Foi utilizado delineamento inteiramente casualizado, e as médias obtidas foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância. Não houve efeito significativo da estratégia de suplementação sobre a produção de leite aos 15 dias de lactação ($p > 0,05$). No entanto, foi verificado efeito aos 75 dias de lactação ($p < 0,05$), sendo a produção de leite maior no grupo de matrizes mantidas com suplementação concentrada ao longo da gestação ($S2 = 498 \text{ g dia}^{-1}$ e $S1 = 297 \text{ g dia}^{-1}$). No terço final da gestação, a glândula mamária atinge prioridade máxima na partição dos nutrientes, juntamente com o crescimento fetal, assim, a restrição de nutrientes nesta fase implica menor capacidade de produção durante a lactação. Com relação à composição do leite, foi verificado efeito significativo de tempo sobre gordura, proteína e lactose ($p < 0,05$). O teor de gordura do leite aumentou com o avanço da lactação em ambos os grupos ($S1 = 1,69\%$ e $4,58\%$; $S2 = 2,54\%$ e $5,39\%$, aos 15 e 75 dias, respectivamente). O mesmo comportamento foi observado no teor de proteína ($S1 = 5,32\%$ e $6,36\%$; $S2 = 5,29\%$ e $6,45\%$, aos 15 e 75 dias, respectivamente). Já o teor de lactose decresceu com o tempo de lactação em ambos os grupos ($S1 = 4,97\%$ e $4,46\%$; $S2 = 5,14\%$ e $4,26\%$, aos 15 e 75 dias, respectivamente). A suplementação durante a gestação afetou a produção de leite, mas não sua qualidade, sendo recomendado o fornecimento de 200 g dia^{-1} para matrizes gestantes Morada Nova em pasto nativo da Caatinga.

Palavras-chave: Caatinga. Nutrição maternal. Semiárido.

Agradecimentos: A Funcap, CNPq, Capes e Embrapa Caprinos e Ovinos pelo suporte técnico e financeiro na execução do experimento.

Influência dos níveis de suplementação energética sobre a frequência de pastejo dos estratos vegetais por ovinos na Caatinga

Luciana Freitas Guedes*¹

Elomir Brito Mourão²

Clésio dos Santos Costa³

Wanderson Fiares de Carvalho⁴

Arnaud Azevêdo Alves⁴

Francisco Éden Paiva Fernandes¹

Roberto Cláudio Fernandes Pompeu¹

Marcos Cláudio Pinheiro Rogério¹

A diversidade vegetal consumida pelos animais é dependente do estágio de desenvolvimento das plantas e dos níveis e tipo de suplementação adotados no sistema de produção. Objetivou-se com este estudo avaliar a frequência de seleção dos diferentes estratos do pasto na Caatinga por ovinos recebendo dietas com níveis de suplementação energética. Quarenta fêmeas múltiparas em produção SPRD com peso vivo médio de 38,8 kg foram distribuídas em quatro inclusões de suplementação concentrada (0; 200; 350 e 500 g cab⁻¹ dia⁻¹) composta por milho, farelo de soja e torta de algodão. Para determinação das espécies consumidas, foi adotada a técnica microhistológica. A coleta das amostras do material forrageiro existente na área de pastejo ocorreu durante um período de 15 dias, durante

¹ Embrapa Caprinos e Ovinos, Sobral-CE, Brasil.

² Universidade Estadual Vale do Acaraú, Sobral-CE, Brasil.

³ Universidade Federal do Ceará, Fortaleza-CE, Brasil.

⁴ Universidade Federal do Piauí, Teresina-PI, Brasil.

* lucianafguedes@gmail.com

três anos (2015; 2016 e 2017) em cada período (chuva, transição e seca), totalizando 45 dias por estação do ano. A coleta de fezes dos animais foi realizada nesses mesmos períodos. O procedimento de coleta baseou-se na observação e acompanhamento do hábito alimentar dos animais. As lâminas foram confeccionadas com o resíduo presente na peneira, de onde é retirada uma pequena amostra e acondicionada em uma lâmina microscópica. Registraram-se fotograficamente as estruturas encontradas nas amostras vegetais, e assim formou-se um banco de imagens de referências de estruturas morfológicas para comparação das estruturas encontradas nas fezes. Os estratos foram classificados como gramíneas, leguminosas e outras dicotiledôneas. Ao observar a frequência de seleção dos estratos, nas diferentes estações avaliadas, notou-se a preferência maior por gramíneas (38,30%) na estação chuvosa, em decorrência de sua grande disponibilidade nessa estação, seguido de outras dicotiledôneas (34,04%) e leguminosas (27,66%). Já no período de transição, foram selecionadas mais leguminosas (38,60%) e menor preferência para gramíneas (24,56%). Provavelmente, esse comportamento se deve à maior disponibilidade das folhas das leguminosas que começam a cair e à redução na disponibilidade de gramíneas. No período seco, foi observado o mesmo comportamento. Em função dos níveis de concentrado, foi observado que suplementação com 200 e 350 g dia⁻¹ potencializou a seleção das gramíneas 47,75 e 45,69%, respectivamente, com 500 g dia⁻¹ reduziu (28,18%) a seleção. Esse resultado pode ser subsidiado por um provável efeito substitutivo. À medida que se elevaram os níveis de concentrado, a seleção de leguminosas reduziu-se. Recomenda-se o uso de suplementação de 200 a 350 g dia⁻¹ para ovinos mantidos em pastos da Caatinga, tendo em vista potencializar a seleção por gramíneas. Para cada período do ano, deve ser adotada uma estratégia de manejo adequada visando a garantir a persistência das espécies selecionadas.

Keywords: Gramínea. Leguminosa. Microhistologia. Ovinocultura.

Agradecimentos: A Funcap, CNPq, Capes e a Embrapa pelo suporte técnico e financeiro na execução do experimento.

Intake and efficiency use of water in sheep fed diets containing different levels of *Pilosocereus gounellei*

Rafael Nogueira Furtado*¹
Emilson Costa Moreira Filho¹
Maria Socorro de Souza Carneiro¹
Eranildo Brasil da Silva¹
Regina Maria Fontenele Magalhães¹
Maria Janiele FerreiraCoutinho²

The frequency of climate extremes is predicted to increase in arid and semi-arid regions due to climate change, which will tend to make access to water, in both quantity and quality, increasingly difficult for ruminants. The purpose of this study was to evaluate the effects of diets containing different levels of *Pilosocereus gounellei* (xiquexique) on intake and efficiency of water use by sheep in confinement. Twenty non-castrated Santa Inês male lambs with an initial mean body weight of 18.86 ± 1.41 kg and approximately 100 days of age were distributed in a completely randomised design of four diets containing different levels of xiquexique (0, 120, 240 and 360 g kg DM) with five replications. Voluntary water intake (WI_{vol}) was determined every 24 hours by weighing the ingested water. Two drinking troughs were placed in different areas of the facility to measure water evaporation in the troughs. Water intake from the feed (WI_{feed}) increased linearly ($P <$

¹ Universidade Federal do Ceará, Fortaleza-CE, Brasil.

² Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Ceará, Fortaleza-CE, Brasil.

* rafaelfurtado@yahoo.com.br

0.05) with the levels of xiquexique. Each 1.0 g of xiquexique added to the diet increased the WI_{feed} by 4.04 g day^{-1} and $0.018 \% \text{BW}$. WI_{vol} decreased linearly with the levels of xiquexique, varying from 4109 to 2044 g day^{-1} and 13.99 to $7.58 \% \text{BW}$ for the levels of 0 to $360 \text{ g kg}^{-1} \text{ DM}$ respectively. The addition of xiquexique to the lamb diet did not modify ($P > 0.05$) the total water intake (WI_{total}), with a mean value of $4074 \pm 837 \text{ g day}^{-1}$ and $17.24 \pm 3.43 \% \text{BW}$. The levels of xiquexique in the diet increased ($P < 0.05$) the role of water from the feed in meeting the water needs of the animals. Each 1.0 g of xiquexique added to the diet resulted in 0.113% of WI_{vol} being substituted in the WI_{total} by the WI_{feed} . The ratio between voluntary water intake and the DMI ($WI_{\text{vol}}/\text{DMI}$) decreased linearly ($P < 0.05$), and the ratio between water intake from the feed and the DMI increased linearly ($P < 0.05$) with the levels of xiquexique, whereas the ratio between total water intake and the DMI ($WI_{\text{total}}/\text{DMI}$), and total water conversion were not influenced ($P > 0.05$) by the increasing levels of xiquexique. Water conversion showed a quadratic response ($P < 0.05$), with a minimum value of 16.27 when the proportion of xiquexique in the diet reached $316 \text{ g kg}^{-1} \text{ DM}$. The use of xiquexique contributes to the water supply of finished sheep in semiarid regions, as it reduces the need to offer water and increases water use efficiency by animals.

Keywords: *Pilosocereusgounellei*. Semiarid. Water conversion. Waterintake.

Acknowledgements: The authors would like to thank the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) for the grant of the doctoralscholarship.

Macronutrient content in Tamani grass fertilized with nitrogen during the stablishment

Dayanne Ribeiro do Nascimento*¹
Antônia Marta Sousa de Mesquita²
Odécia Gomes dos Santos¹
José Breno da Silva Moreira¹
Bruno Pereira de Almeida¹
Clésio dos Santos Costa¹
Roberto Cláudio Fernandes Franco Pompeu³
Magno José Duarte Cândido¹

To evaluate the macronutrient content of calcium (Ca), magnesium (Mg) and sulfur (S) in the establishment of tamani-grass managed under nitrogen fertilization this study was carried out. The experiment was performed in an irrigated area at the Forage Teaching and Studies Nucleus from Federal University of Ceara (NEEF/DZ/CCA/UFC), in Fortaleza-CE. The treatments consisted of nitrogen rates equivalent to 0; 100; 200; 300; 600 and 1200 kg ha⁻¹ year⁻¹. A complete randomized block design was set up, with three replicates. The tamani-grass was grown in 12.5 m² plots, having a pre-treatment frequency without the treatment of 1.200 kg ha⁻¹ year⁻¹, being lowered to a residual leaf area index (IAFr) of 1.0 estimated by the PAR/LAI analyzer Accupar LP-80. In order to collect biomass, a 0.25 m² frame was used to collect samples

¹ Universidade Federal do Ceará, Fortaleza-CE, Brasil.

² Universidade Estadual Vale do Acaraú, Sobral-CE, Brasil.

³ Embrapa Caprinos e Ovinos, Sobral-CE, Brasil.

* ribeirodayanne5@gmail.com

at the ground level, following by washing them in running water, running water + neutral detergent, and finally in distilled water containing 0.03 ml of hydrochloric acid. Subsequently, they were taken to a 55 °C oven to achieve constant weight. Afterwards the material was weighed in precision scale and ground in a mill with 1.0 mm sieve. The dry matter (DM) was digested in nitric-perchloric acid during the hours for the determination of the Ca, Mg and S contents, by spectrophotometry, being Ca and Mg by absorbance and S by turbidity with barium sulfate. Data were submitted to analysis of variance (ANOVA) by the F test ($P < 0.05$) and regression. As a tool, the PROC REG GLM procedure of the SAS computer program (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA) was adopted. The values of Ca ($Y = 2.485$), Mg ($Y = 3.503$) and S ($Y = 1.316$) were not by nitrogen rates applied. The increasing nitrogen rates were not able to alter the content of these nutrients in the plant, indicating that there was no deficiency or competition for Ca, Mg and S in the soil solution. One infers that tamani-grass may develop without any of the studied nutrients altering the contents during its establishment period. Nitrogen fertilization favored the structural development of the grasses, however, without altering the Ca, Mg and S levels in the aerial part.

Keywords: Forage biomass. Production. Plant development.

Manejo alimentar de ovinos e caprinos em propriedades modais de Tauá-CE

Fernando Henrique Melo Andrade Rodrigues de Albuquerque^{*1,2}
Lisiane Dorneles de Lima¹
Ana Clara Rodrigues Cavalcante¹
Urbano Gomes Pinto de Abreu³
Cesar Henrique Espirito Candal Poli²
Eduardo Luiz de Oliveira¹
Vinícius Pereira Guimarães¹
Alda Lúcia Gomes Monteiro⁴

O sistema de produção de pequenos ruminantes predominante no semi-árido brasileiro é o extensivo, geralmente misto com produção de ovinos, caprinos e bovinos. A base da alimentação dos rebanhos é a Caatinga, que apresenta característica de elevada estacionalidade, quanto à massa de forragem e à composição bromatológica, com variação entre os períodos chuvosos e secos do ano. Objetivou-se com este trabalho caracterizar o manejo alimentar dos ovinos (OV) e caprinos (CAP) das propriedades modais do município de Tauá, a fim de fornecer subsídio para melhorias das práticas de alimentação dos rebanhos. Foi utilizada a metodologia de *Painel de Especialistas* para caracterizar o manejo alimentar dos pequenos ruminantes da propriedade modal de cada tipologia (TP) de Tauá-CE. Esse procedimento consiste em uma reunião

¹ Embrapa Caprinos e Ovinos, Sobral-CE, Ceará, Brasil.

² Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre-RS, Brasil.

³ Embrapa Pantanal, Corumbá-MS, Brasil.

⁴ Universidade Federal do Paraná, Curitiba-PR, Brasil.

* fernando.albuquerque@embrapa.br

com grupo formado por técnicos regionais, produtores e pesquisadores. Realizaram-se dois painéis em agosto de 2016, com a participação, em cada reunião, de cinco produtores representantes da tipologia, além de quatro técnicos regionais e dois pesquisadores. Utilizou-se planilha excel elaborada pela CNA e Embrapa, para registro e análise dos dados. A definição das duas tipologias foi a partir da análise de Cluster de dados de questionários aplicados em 2012 com 336 produtores. A TP1 foi caracterizada por produtores da agricultura familiar, propriedade com 90,0ha e rebanhos de 70 OV e 30 CAP; já a TP2 por agricultores patronais, propriedade com 180,0ha e maiores rebanhos (140 OV e 60 CAP). Nas duas tipologias, o manejo alimentar dos ovinos e caprinos variou conforme as estações do ano, chuvosa e seca. As diferenças entre as tipologias foram na duração das suplementações com mineral e com milho em grão. Na TP1, durante a estação chuvosa, a alimentação é exclusiva na Caatinga e sem fornecimento de mineral. No período seco, além do pastejo na Caatinga, suplementa-se com sal mineral (cloreto de sódio + mineral comercial, na proporção de 25:1). A partir do mês de setembro até janeiro, suplementa-se com milho, sem divisão de categorias (60 g de milho/cab./dia), durante 150 dias. Na TP2, durante todo o ano, os pequenos ruminantes pastejam na Caatinga e são suplementados com sal mineral. Em outubro, inicia-se a suplementação com milho, também sem divisão de categorias (100 g de milho/cab./dia), durante 90 dias. A principal recomendação de melhoria do manejo alimentar, para as duas tipologias, é a divisão dos rebanhos em categorias no momento da suplementação, priorizando os animais com maiores exigências nutricionais.

Palavras-chave: Caatinga. Milho. Painel de especialistas. Suplementação.

Agradecimentos: Aos produtores e técnicos do município de Tauá, Secretaria de Agricultura de Tauá, Sebrae, Ematerce, IFCE e Centec.

Medidas morfométricas de cordeiros Morada Nova oriundos de ovelhas suplementadas em pasto nativo da Caatinga

Abdias Nascimento Luz^{*1}
Luciana Freitas Guedes²
Maria Socorro de Souza Carneiro¹
Andreza Kelly Santos de Andrade¹
Clésio dos Santos Costa¹
Cimara Gonzaga Vitor³
Alex dos Santos Rodrigues Junior⁴
Marcos Cláudio Pinheiro Rogério²

A restrição alimentar imposta às matrizes durante a gestação pode influenciar as características morfométricas da sua prole, com consequentes danos permanentes para o sistema de produção. O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito da suplementação concentrada durante a gestação sobre os parâmetros morfométricos *in vivo* de cordeiros da raça Morada Nova. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado em arranjo fatorial 2x2: duas estratégias de suplementação concentrada durante os dois terços iniciais da gestação (200 e 350 g dia⁻¹) e duas dietas na fase de terminação dos cordeiros conforme o NRC, (2007) (Prescrição 100%: feno de tifton 85 (28,90); milho (55,59); farelo de soja (10,24); óleo de soja (OS; 5,00); calcário (0,27);

¹ Universidade Federal do Ceará, Fortaleza – CE, Brasil.

² Embrapa Caprinos e Ovinos, Sobral – CE, Brasil.

³ Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte – MG.

⁴ Universidade Estadual Vale do Acaraú, Sobral – CE, Brasil.

* abdiasluz@gmail.com

MS (94,11); PB (11,48); FDN (33,18); NDT (72,06); e Prescrição 85%: feno de tifton 85 (61,18); milho (27,20); OS (6,65); calcário (4,97); MS (95,97); PB (9,76); FDN (50,57); NDT (61,25), com acesso *ad libitum* à dieta e à água. A dieta das ovelhas foi composta por 73,34% de milho; 6,67% farelo de soja; 18,34% farelo de algodão e 1,66% calcário. Foram utilizados 28 cordeiros machos não castrados, oriundos dos tratamentos com suplementação das fêmeas. O ensaio iniciou com os cordeiros, pesando em média 13,41 kg, com média de 90 dias de idade, o período de confinamento foi de 115 dias. As medidas morfométricas foram avaliadas com o auxílio de fita métrica e hipômetro. Mensurações: Altura de cernelha (AC); Perímetro torácico (PT); Comprimento corporal (CC); Altura da garupa (AG). Não foi observado efeito ($P > 0,05$) entre as estratégias de suplementação das fêmeas durante o período de gestação e as dietas fornecidas às crias sobre os parâmetros biométricos dos cordeiros em confinamento. A altura de cernelha apresentou média de 64,41 cm, o comprimento corporal obteve média de 65,02 cm e a altura de garupa de 66,5 cm de média. Essa semelhança pode ser explicada pela uniformidade do rebanho e boa qualidade genética dos animais. A suplementação concentrada de 200 g dia⁻¹, durante os dois terços iniciais da gestação, é mais vantajosa para o sistema, pois resultou em animais com mesmo desempenho comparado à suplementação de 350 g dia⁻¹, e com tempo igual para abate dos animais. Quanto à alimentação dos cordeiros, pode-se optar pela dieta com 85% dos valores de NDT e PB estipulados pelo NRC (2007), tendo em vista que é mais rentável garantir um bom desempenho animal com menor quantidade de suplemento concentrado fornecido. Dessa maneira, recomenda-se a adoção de suplementação nos dois terços iniciais da gestação com 200 g dia⁻¹ para as matrizes e, para os cordeiros em confinamento, dietas com recomendação de 85% das exigências de NDT e PB do NRC (2007).

Palavras-chave: Ovinos. Programação fetal. Restrição de nutrientes. Suplementação.

Agradecimentos: À Funcap, CNPq, Capes e à Embrapa pelo suporte técnico e financeiro na execução do experimento.

Modelagem do acúmulo de matéria seca de *Panicum maximum* cv. Mombaça em função da fertilização nitrogenada e variáveis agrometeorológicas

Vitor Hugo Maués Macedo*¹
Joelma Kyone Silva de Oliveira²
Darlena Caroline da Cruz Corrêa³
Nauara Moura Lage Filho²
Bruna Isaura da Costa Figueiredo²
Felipe Nogueira Domingues¹
Aníbal Coutinho do Rêgo¹

Os modelos empíricos que estimam a produção de forragem, geralmente, são simples de desenvolver e fáceis de aplicar, porém a sua principal limitação está na utilização dos modelos gerados em regiões nas quais os dados foram obtidos, portanto, são escassos os modelos de predição de produção de forragem com dados de clima equatorial. Dessa forma, objetivou-se com o presente estudo gerar modelos empíricos de regressão linear, para predição do acúmulo de matéria seca de *Panicum maximum* cv. Mombaça, em função da disponibilidade de nitrogênio (DN) e de variáveis agrometeorológicas. Foi utilizada a taxa média de acúmulo de matéria seca (TAMS) em kg ha⁻¹ dia⁻¹ de um experimento que testou uso de diferentes doses de adubação nitrogenada (0, 10, 20, 30, 40 e 50 kg de Nha⁻¹ aplicação⁻¹), entre 2015 e início de 2017.

¹ Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém-PA, Brasil.

² Universidade Federal do Pará, Castanhal-PA, Brasil.

³ Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Jaboticabal-SP, Brasil.

* hmvitor@gmail.com

As variáveis agrometeorológicas avaliadas foram: precipitação (Prec), temperaturas mínima, média e máxima (Tmin, Tmed e Tmax), graus-dia (GD), fotoperíodo (Foto), radiação global (RG), unidades fototérmicas (UF), evapotranspiração real (ETR) e potencial (ETP) obtidas a partir do balanço hídrico e índice climático de crescimento (ICC). Houve correlação negativa entre a TAMS com as Tmin, Tmed, Tmax, GD e UF. Essas variáveis apresentam baixa amplitude de valores em regiões de clima equatorial. Não houve correlação entre a TAMS com o Foto, ETR e ETP, para as demais variáveis, os modelos lineares simples mostraram baixa capacidade de predição. O melhor modelo foi com a UF: R^2 , 0,37; raiz do quadrado médio do resíduo (RQMR), 25,03; e critério de informação de Akaike (CIA), 2742,10. Os melhores resultados foram para os modelos lineares múltiplos, destacando o que inclui a DN, Prec, Tmin, Tmax e UF: R^2 , 0,57; RQMR, 22,80; e CIA, 3199,71. Os modelos lineares múltiplos são melhores que os simples para predição da TAMS e estudo da associação com variáveis agrometeorológicas e DN. Modelos que incluem variáveis de radiação e temperatura devem ser usados com cautela devido à baixa amplitude de valores em locais de clima equatorial.

Keywords: Correlação. *Megathyrus maximum*. Regressão linear. Regressão multivariada.

Agradecimentos: Ao Grupo de Estudos em Ruminantes e Forragicultura da Amazônia (GERFAM) pelo apoio dado a pesquisa e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) pela concessão da bolsa.

Modeling the optimal stocking rate to improve livestock grazing system management in the Caatinga ecosystem

Rodolfo Souza^{*#1}
Xue Feng²
Aldo Sales^{#1}
Samantha Hartzell³
Eduardo Souza⁴
Rômulo Menezes¹
Antonio Antonino¹
Amilcare Porporato³

Climate change scenarios point to shifts in the rainfall regime that can result in water scarcity in semi-arid regions. The Caatinga ecosystem is the primary source of forage for livestock in the semi-arid region of Brazil. However, most of the breeders of these regions do not apply a correct adjustment of stocking rate. Consequently, overgrazing is the main factor that promotes rangeland degradation of this ecosystem. As a result of this lack of control, this region can become very vulnerable under changing rainfall regimes, which in turn is high for human food security of the region. Nevertheless, information on animal management and vegetation responses under future climate change in the

¹ Universidade Federal de Pernambuco, Recife-PE, Brasil.

² University of Minnesota, Minnesota, EUA.

³ Princeton University, Nova Jersey, EUA.

⁴ Universidade Federal Rural de Pernambuco, Serra Talhada-PE, Brasil.

Observatório Nacional da Dinâmica de Água e Carbono no Bioma Caatinga

* rodolfomssouza@gmail.com

Caatinga is still scarce. We developed a responsive model to predict the livestock weight gain based on the soil water balance with rainfall as the primary input (i.e., daily amount), vegetation dynamics and rangeland management strategies (i.e., stocking rate applied in the rangeland and the timing of entering the animals in the paddock). The vegetation dynamics were represented using the NDVI, and the rainfall was based on long-term annual precipitation recorded on the national climate database. Rangeland management strategies simulated scenarios commonly reported by ranchers of Pernambuco State. We found that the initial stocking rate has a strong influence in the livestock relative growth rate (up to 84% of weight gain), besides that a lower weight of heifers at the time of entering the animals in the paddock will take longer to the animals to reach the slaughter point, thus the animals could graze longer in the area. The NDVI determine the initial stocking rate and the time of entrance of the animals in the paddocks. Regarding grazing management strategies, the grazing timing affected the forage productivity, which depends on the rainfall pattern. Higher animal weight gain was achieved by placing the animals in the paddock as soon as possible after the rainfall. In terms of rainfall variability, the maximum animal weight gain is affected by annual rainfall and its distribution across the year. Thus, the forecast of the dry spells could be beneficial for farmers to plan grazing management strategies. Finally, our model can be used to run simulations for different scenarios and give directions for local herders and rangeland managers, as well as to guide future experiments in order to reduce time and costs to acquire data.

Keywords: Animal growth. Ecosystem management. Rainfall. Soil water balance.

Acknowledgements: Pegasus (CNPq, 441305/2017-2); AIC-GRHAS-SA (Facepe, APQ0296-5.01/17); Observatório Nacional da Dinâmica da Água e de Carbono no Bioma Caatinga (Edital INCT -MCTI/CNPq/Capes/FAPs nº 16/2014, Processo 465764/2014-2).

Morphogenetic and structural characteristics of forages in dry season in the semi-arid region of Alagoas

Tayse Louyse Vieira Alves^{#*}
Naydene Silva Santos¹
Cinthya Mikaelly da Silva Santos¹
Larícia Maria Severiano¹
Alycia Kayla da Silva Pinheiro¹
Ricardo Elaercio Silva¹
Mariah Tenório de Carvalho Souza²
Greicy Mitzi Bezerra Moreno³

Aiming to make suitable pastoral environments in semi-arid regions through pasture management, the objective was to analyze morphogenetic and structural characteristics of some forage species cultivars in dry season in the Semi-arid region of Alagoas, Brazil. The experiment was conducted at the Demonstration and Experimental Center of Forrages of the Federal University of Alagoas, *Campus Arapiraca* in a completely randomized complete design with 25 experimental units. Two cultivars of *Panicum maximum* (Syn. *Urochloa*) (cv. BRS Zuri and cv. Massai) and three of *Urochloa* sp. Were evaluated for morphogenetic and structural characteristics. *Urochloa* sp. (*U. decumbens* - cv. Basilisk, *U. brizhantha* – cvs. Piatã and Paiguás), after the establishment and cut of uniformity of the cultivars, was evaluated the morphogenetic characteristics and structural tests every seven days, always in two tillers per

¹ Universidade Federal de Alagoas, Campus Arapiraca, Arapiraca-AL, Brasil.

[#] Graduanda em Zootecnia da Universidade Federal de Alagoas.

² Pesquisadora PDCR, UFAL Campus Arapiraca, Arapiraca-AL, Brasil.

³ Docente Adjunto do curso de Zootecnia.

* tayselouyse14@gmail.com

experimental unit, excluding the border effect of the plots. The tillers were differentiated through colored rings and the measurement made through a graduated ruler. The data were tabulated and calculated: appearance rate foliar (leaf / day), stem elongation rate, leaf elongation rate, leaf life span, phyllochron and for structural characteristics: number of live leaves per tiller and foliar senescence rate. The data were tabulated in Excel (Office 2016) and analyzed using Tukey's test at 5% probability for type I error through SAEG (2000) software. It was observed effect ($p \leq 0.05$) only for the variables: leaf elongation rate (TALF) and number of live leaves per tiller (NFV). No effect was observed among cultivars ($p > 0.05$) for the other characteristics observed. Thus, cv. BRS Zuri presented a higher rate of leaf elongation (2,29 cm dia) to the detriment of the others, while the cultivar Paiaguás presented a higher value for structural characteristic of number of live leaves (7,98) showing both superior to the others for such characteristics in the dry season in the Alagoan.

Keywords: Brachiaria forage. Northeast panicum forage.

Acknowledgements: Capes, CNPq, Fapeal, Ufal.

Morphophysiological characteristics of tamani-grass under nitrogen doses

Bruno Bizerra do Nascimento*¹
Antônia Flávia Fernandes Torres¹
Emanoella Karol Saraiva Otaviano¹
Bárbara Silveira Leandro de Lima¹
Leydiane Bezerra de Oliveira¹
Marcos Neves Lopes¹
Theyson Duarte Maranhão¹
Magno José Duarte Cândido¹

The use of tools which enable the monitoring of canopy structural characteristics of pasture has been the target of research at a global level. The persistent study of these characteristics is fundamental to promote the improvement of the dynamic of forage production. This study aimed to evaluate the morphophysiological characteristics of tamani-grass under three doses of nitrogen fertilizer. The experiment was carried out in pastures of tamani-grass (*Megathyrsus maximus* cv. Tamani) belonging to Núcleo de Ensino e Estudos em Forragicultura from Universidade Federal do Ceará – NEEF/DZ/CCA/UFC in Fortaleza - CE. The treatments consisted of three doses of nitrogen fertilizer equivalent to 0, 300 and 600 kg ha⁻¹ year⁻¹ of nitrogen (urea) in a randomized complete design with four replications. The data were submitted to the variance (F test) and regression analysis. The

¹ Federal University of Ceará, Fortaleza-CE, Brazil.

* brunobizerra1994@hotmail.com

quantified variables were: relative chlorophyll index (RCI; spad units), interception of photosynthetically active radiation (IPAR; percentage), leaf area index (LAI; dimensionless) and the normalized difference vegetation index (NDVI; dimensionless). The RCI was measured with a portable chlorophyll meter (Chlorophyll Meter SPAD-502), IPAR and LAI measured with the analyzer device PAR-LAI in agriculture model AccuPAR LP-80 from Decagon Devices Inc.® and NDVI was obtained with the active-optical sensor GreenSeeker®. There was a linear increase of RCI in response to the increment of nitrogen ($RCI = 19.216 + 0.01646***N$; $R^2 = 0.827$; $P < 0.001$). The observed behavior is due to the probable increase in chlorophyll synthesis considering that the nitrogen constitutes the chlorophyll molecule. The IPAR, LAI and NDVI adjusted to quadratic function ($LAI = 4.455 + 0.010404***N - 0.000011***N^2$; $R^2 = 0.972$; $P < 0.001$), ($IPAR = 86.928 + 0.036***N - 0.000036***N^2$; $R^2 = 0.937$; $P < 0.001$), ($NDVI = 0.7425 + 0.000525***N - 0.0000005***N^2$; $R^2 = 0.973$; $P < 0.001$) maximizing in the estimated doses 500, 472.91, 525 kg de N ha⁻¹ year⁻¹ respectively, with estimated variables of 6.91, 95.90%, 0.88, respectively. The increase of nitrogen disponibility induces the growth of tamani-grass provided by the positive effect of nutrients in the zone of elongation and cell division of leaves. Thus, it is observed an increase of LAI and consequently the increase of IPAR until reaching a plateau. Besides, the NDVI value obtained is a direct indicator of foliage density which justifies its increase. When the critical LAI and 95% of IPAR are reached, the plant starts the stem elongation and the senescence processes. The tamani-grass had its morphophysiological characteristics influenced by nitrogen fertilization.

Keywords: Nitrogen fertilization. LAI. Relative chlorophyll index. Active-optical sensor.

Acknowledgements: Universidade Federal do Ceará – UFC, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq and Núcleo de Ensino e Estudos em Forragicultura – NEEF

Multivariate analysis of biomass production of pearl millet (*P. glaucum*) at different ecological sites in a semiarid environment

Samuel Rocha Maranhão*¹
Magno José Duarte Cândido¹
Rodrigo Gregório da Silva²
Clemente Fernandes dos Santos Neto¹

The productivity of a forage plant is variable due to countless environmental and technological factors. In the semi-arid environment, especially, the production variation is a known fact, however, some elements are common and the understanding of these brings pertinent information to minimize the uncertainty of the forage supply. Thus, the aim of this study was to understand which production factors have the greatest influence on the biomass production of millet in a semi-arid environment through a multivariate statistical analysis tool. Data from this study were obtained from the literature, in a total of 13 information from 10 different cultivars at four different ecological sites. As criterion, production data ($\text{kg ha}^{-1} \text{ day}^{-1}$) correlated with precipitation (mm day^{-1}), soil clay content (%) and presence (1) or absence (0) of fertilization (variable *dummy*) were selected. The data were submitted to multiple linear regression analysis at 5 and 10% of probability using the statistical software SISVAR 5.6. It was observed good fit of the model [$66.0041495^{(\text{precipitation})} - 1.89576762^{(\text{clay content})} +$

¹ Universidade Federal do Ceará, Fortaleza-CE, Brasil.

² Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia, Limoeiro do Norte-CE, Brasil.

* samuel_zootec@hotmail.com

$74.87287016^{(\text{fertilization})} - 107.2830473$; $R^2 = 0.83$] with precipitation ($p < 0.05$) and clay content ($P < 0.10$) having presented significant effect. The positive effect on the increase of biomass as a function of the increase in water quantity was expected, since the average precipitation in the database (260 ± 65 mm) is enough to complete the crop cycle. On the other hand, the negative effect of the clay content may be a function of the large variation observed in the data ($18.8 \pm 9.3\%$). Regarding the fertilization, even though no significant effect was observed, the use of fertilization promoted an average increment of 74 kg of dry matter $\text{ha}^{-1} \text{day}^{-1}$, considering the use of the elements, nitrogen, phosphorus and potassium, in the proportions of 41.7 ± 17.5 ; 55 ± 7 and 27.5 ± 3.5 kg ha^{-1} , respectively. The results of this study allow us to make certain inferences about the expected behavior of some production factors common to the production sites, but it lacks a more consistent database. Thus, through modeling tools it is possible to identify patterns in the productive response of forage crops, which may guide the study of agricultural zoning in semi-arid regions.

Keywords: Dry regions. Modeling. Rainfed crops.

Acknowledgements: This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (Capes) – Finance Code 001.

Multivariate analysis of the biomass production of cactus pear cv. miúda (*O. cochenillifera*) at different ecological sites in a semiarid environment

Samuel Rocha Maranhão*¹
Magno José Duarte Cândido¹
Rodrigo Gregório da Silva²
Clemente Fernandes dos Santos Neto¹

The use of cacti as a strategic forage reserve in semiarid regions has shown to be a remarkable alternative for the security of food supply to livestock. However, the diversity of ecological sites and management models have shown different productivities. Despite the above, some production factors are common to these environments, which may help understand the productive behavior. In this context, this study was developed to better understand the regular factors in cactus pear production using the multivariate statistical analysis tool. The data for this study were obtained from the literature, in a total of 25 observations from four different ecological sites. As criteria, production data ($\text{kg ha}^{-1} \text{ day}^{-1}$) correlated with precipitation (mm day^{-1}), plant density (plants ha^{-1}), soil clay content (%) and nitrogen (kg ha^{-1}), phosphate ($\text{kg P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$), potassium (kg KCl ha^{-1}) and organic (kg manure ha^{-1}) fertilizations were selected. The data were submitted to multiple linear regression analysis at 5 and 10% of probability using the statistical software SISVAR 5.6. It was observed good fit of the model

¹ Universidade Federal do Ceará, Fortaleza-CE, Brasil.

² Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia, Limoeiro do Norte-CE, Brasil.

* samuel_zootec@hotmail.com

$[-505.9937254(\text{precipitation}) + 0.007081918(\text{plant density}) - 0.205475069(\text{organic fertilization}) + 39.26399756(\text{clay content}) + 1.317418912(\text{nitrogen fertilization}) + 17.587683(\text{phosphate fertilization}) + 9.24242843(\text{potassium fertilization}) - 532.6735502; R^2 = 0.66]$ with plant density ($p < 0.05$) and nitrogen fertilization ($P < 0.10$) presenting significant effect. The observed negative effects on precipitation and organic fertilization were expected, since the cactus pear presents CAM physiology and the variation of the mineralization velocity of the organic matter due to the constituents of the material, temperature and humidity, for example, may not express such adequate results for the model, although no effect was observed ($P > 0.10$). As for the significant effect on plant density, this was also expected, since a larger number of plants per area will bring increases in biomass. The significant effect on nitrogen fertilization reinforces the data found in the literature, however, it is noteworthy that in this study plant density has a positive influence on the model. Thus, the role of modeling in the identification of the behavior of some of the production factors common to semiarid cactus pear cv. miúda cultivation conditions is evident, but it requires adjustments and a larger database to extend the scope of the model.

Keywords: Dry regions. Modeling. Strategic forage reserve.

Acknowledgements: This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (Capes) – Finance Code 001.

NPK contents in the biomass during the establishment of Tamani-grass fertilized with nitrogen

Italo Teixeira Luiz Pereira*¹
Antonia Marta Sousa de Mesquita²
Odécia Gomes dos Santos¹
Jefte Arnon de Almeida Conrado¹
Raynara Cardonha Uchôa Lima¹
Roberto Cláudio Fernandes Franco Pompeu³
Henrique Antunes de Souza⁴
Magno José Duarte Cândido¹

The objective of this evaluate the contents nitrogen (N), phosphorus (P) and potassium (K) levels of macronutrients in the establishment of tamani-grass under different nitrogen fertilization rates, this research was carried out. The experiment was performed in an irrigated area at the Forage Teaching and Studies Nucleus from Federal University of Ceara (NEEF/DZ/CCA/UFC), in Fortaleza-CE. The treatments consisted of nitrogen applications at rates of 0; 100; 200; 300; 600 and 1.200 kg ha⁻¹ year⁻¹. A randomized block design was set up, with three replicates. The grasses were cultivated in 12.5 m² plots and their cut frequency was determined when the plants reached three leaves produced by tiller, determined in pre-test based on 1.200 kg ha⁻¹ year⁻¹. The grass was cut down to a leaf area index (LAI) of 1.0, determined by the PAR/LAI

¹ Universidade Federal do Ceará, Fortaleza-CE, Brasil.

² Universidade Estadual Vale do Acaraú, Sobral-CE, Brasil.

³ Embrapa Caprinos e Ovinos, Sobral-CE, Brasil.

⁴ Embrapa Meio Norte, Teresina-PI.

* italotlp22@gmail.com

analyzer Accupar LP-80. To collect the biomass, a frame of 0.25 m² was used in the center of the plot. Following, the samples were taken to the laboratory where they were washed in running water, running water + neutral detergent, water containing 0.3 ml of hydrochloric acid. Subsequently, they were taken to a 55 °C oven until constant weight was reached. Afterwards, the material was weighed on a precision scale and milled with a 1.0 mm sieve. The dry matter of the samples was ground and digested in nitric-perchloric acid to determine the contents of P, K and in sulfuric acid for N. The P was determined by spectrophotometry, K by flame photometry and N by the Kjeldahl method. The data were submitted to analysis of variance (ANOVA) by the F test ($p < 0.05$) and regression. The PROC REG GLM procedure of the SAS computer program SAS (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA) was used as a tool to help the analysis. It was observed a linear behavior for N ($\hat{Y} = 19.2623 + 0.0032x$ with R^2 0.35) and there was no significance for nutrients P and K, respectively. It was observed that the N supply allowed the plants to develop and in response, increase the N contents in their aerial parts. The use of nitrogen fertilization did not alter the levels of P and K in the canopy, noting that the availability of these nutrients was not a limitation for production as a function of the applied rates. The supply of N in the soil solution allowed the development of the plants.

Keywords: Macronutrients. Plant development. Supply. Urea.

Parâmetros agrônômicos do milho cultivado em solo com resíduos salinos sob diferentes doses de biofertilizante

Amanda Cardoso Rocha*¹
Jamyllle Moreira Jacaúna¹
Silas Primola Gomes¹
Andrezza Araújo De França¹
Patrícia Guimarães Pimentel²
João Guilherme Justino Da Costa¹
Maria Vanessa Pires De Souza¹
Carla Ingrid Nojosa Lessa¹

A pecuária na região Nordeste vem sendo severamente afetada pelas condições climáticas, impondo a adoção de tecnologias adaptadas a essas condições. Assim, avaliou-se o efeito de diferentes doses de biofertilizante bovino e do cultivo em solo com resíduos salinos sobre os parâmetros agrônômicos de milho (*Pennisetum glaucum* (L.)). O delineamento experimental foi de blocos casualizados, com parcelas subdivididas e quatro repetições. As parcelas foram os níveis residuais de salinidade no solo: A1 = 1.0 dS m⁻¹; A2 = 2.0 dS m⁻¹; A3 = 3.0 dS m⁻¹; A4 = 4,0 dS m⁻¹ e A5 = 5.0 dS m⁻¹. As subparcelas foram as doses de biofertilizante (mL planta⁻¹ semana⁻¹): D0 = 0; D1= 200; D2 = 300; D4 = 400 e D5 = 500. A área apresentava 20 linhas com 6 m de comprimento, distância entre linhas de 1 m e 0,20 m entre plantas. A semente

¹ Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, Redenção-CE, Brasil.

² Universidade Federal do Ceará, Fortaleza-CE, Brasil.

* amandarocho0796@gmail.com

utilizada foi a variedade BRS 1501. O biofertilizante foi preparado pela mistura de partes iguais de esterco fresco e água não salina, mantido sob fermentação aeróbia durante 30 dias. Foram realizadas 5 aplicações semanais em sulcos de 0,05 m de profundidade espaçado 0,10m da linha. Aos 35 e aos 50 dias após a semeadura as plantas foram avaliadas quanto a sua altura (medida da superfície do solo até o início da inclinação da última folha), diâmetro do colmo (medido na altura mediana com auxílio de paquímetro digital) e número de folhas (através da contagem manual) e aos 50 dias após semeadura, acrescentou-se o comprimento de raiz, de 5 plantas por subparcela. Os resultados foram submetidos às análises de variância e de regressão. Aos 35 dias, verificou-se efeito ($P < 0,05$) quadrático e interação dos tratamentos para a variável altura de planta e efeito positivo do biofertilizante para a variável diâmetro do colmo ($y = 0,00002x^2 - 0,0105x + 7,50845$) e negativo do resíduo de salinidade sobre o diâmetro do colmo e número de folhas. Aos 50 dias, observou-se efeito ($P < 0,05$) isolado do biofertilizante para altura de planta ($y = 0,0002x^2 - 0,0965x + 150,2$). Já a variável número de folhas, aos 50 dias, sofreu interação dos tratamentos, apresentando efeito quadrático ($P < 0,05$). A variável comprimento de raiz não sofreu efeito dos tratamentos ($P > 0,05$). Os resultados obtidos sugerem que a planta de milheto sofre influência negativa do resíduo salino no solo e responde positivamente à aplicação de doses de biofertilizante bovino acima de 300 ml de (mL planta⁻¹ semana⁻¹).

Palavras-chave: Estresse salino. Forragem. Insumo orgânico.

Performance in sheep fed with diets containing different levels of *Pilosocereus gounellei*

Rafael Nogueira Furtado*¹
Emilson Costa Moreira Filho¹
Maria Socorro de Souza Carneiro¹
Eranildo Brasil da Silva¹
Regina Maria Fontenele Magalhães¹
Maria Janiele Ferreira Coutinho²

The use of plants adapted to the semi-arid as an ingredient of the ration is an important strategy to increase the performance of small ruminants. The purpose of this study was to evaluate the effects of diets containing different levels of *Pilosocereus gounellei* (xiquexique) on intake and performance by sheep in feedlot. Twenty non-castrated Santa Inês male lambs with an initial mean body weight of 18.86 ± 1.41 kg and approximately 100 days of age were distributed in a completely randomised design of four diets containing different levels of xiquexique (0, 120, 240 and 360 g kg⁻¹ DM) with five repetitions. The experimental period was 70 days, subdivided into 14 days of adaptation and 56 days of data collection. From the chemical composition, it was possible to determine nutrient intake by subtracting the amount of each nutrient offered from the amount present in the leftovers. An increase in the level of xiquexique resulted in a linear decrease ($P < 0.05$) in the intake of dry matter (DMI), expressed in g day⁻¹ and percentage

¹ Universidade Federal do Ceará, Fortaleza-CE, Brasil.

² Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Ceará, Fortaleza-CE, Brasil.

* rafaelfurtado@yahoo.com.br

of body weight (%BW), organic matter (OMI), crude protein (CPI), ether extract (EEI), neutral detergent fibre (NDFI), acid detergent fibre (ADFI), hemicellulose, total carbohydrates (TCI) expressed as g day^{-1} and NDFI expressed as %BW. The intake of non-fibrous carbohydrates (NFCI) displayed a quadratic response ($P < 0.05$) as a function of the increases in the amount of xiquexique in the diet. A maximum NFCI of $337.17 \text{ g day}^{-1}$ was obtained when the amount of xiquexique added to the total diet was 285 g kg^{-1} DM. Initial body weight (IBW) and final (FBW) were not affected ($P > 0.05$) by the levels of xiquexique in the diet, with mean values of 18.86 ± 1.42 and 28.47 ± 2.50 kg respectively. Linear reductions ($P < 0.05$) in total weight gain (TWG) and average daily gain (ADG) were seen for the increasing amounts of xiquexique added to the total diet. From the linear regression, it was seen that for every 1.0 g of xiquexique added to the diet there was a reduction of 0.0057 kg and $0.0093 \text{ g day}^{-1}$ in TWG and ADG respectively. Feed conversion was not influenced ($P > 0.05$) by the levels of xiquexique in the diet, with a mean value of 6.07 ± 0.94 . The xiquexique can be used as an ingredient in the termination of sheep in semi-arid regions, as it promotes reduction in intake and performance but does not alter feed conversion.

Keywords: Feed conversion. Intake. *Pilosocereus gounellei*. Weight gain.

Acknowledgements: The authors would like to thank the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) for the grant of the doctoral scholarship.

Performance of sheep supplemented with three alternative sources from the biodiesel production chain in substitution to soybean meal

Leane Veras da Silva*¹

Magno José Duarte Cândido¹

Clemente Fernandes dos Santos Neto¹

Roberto Cláudio Fernandes Franco Pompeu²

Marcos Claudio Pinheiro Rogério²

João Paulo Matos Pessoa³

Guilherme de Lira Sobral⁴

Ana Carolina Marques Craveiro¹

In the production of biodiesel, products with potential for use in animal feed are generated. These can help reduce the use of soybean meal, a high biological value protein source, but very expensive. The objective with this study was to evaluate the substitution of soybean meal for three protein sources from the biodiesel production chain: babaçu cake, cottonseed cake (both replacing soybean meal in 100%) and castor bean cake detoxified with calcium hydroxide (replacing soybean meal in 54.83%). In the treatment with babaçu cake it was necessary to add 0.86% of urea to balance with the other supplements. The four treatments were distributed in a completely randomized design. Thirty-

¹ Universidade Federal do Ceará, Fortaleza-CE, Brasil.

² Embrapa Caprinos e Ovinos, Sobral-CE, Brasil.

³ Universidade Estadual Vale do Acaraú, Sobral-CE, Brasil.

⁴ Faculdade de Juazeiro do Norte-CE, Brasil.

* leaneverass@gmail.com

-six male non-castrated crossbred Morada Nova sheep, with an initial average body weight of 15.5 kg were used. The animals were kept in systems under rotational stocking in tanzania grass. Supplements were provided based on a dry matter intake of 1.2% of body weight / animal. The average daily gain (ADG), total weight gain (TWG) and the number of days to gain 12.0 kg (D12) were quantified. The animals were weighed with a dynamometer digital scale at the beginning and in the middle of each grazing cycle. The ADG was obtained by taking the difference between the weight at the beginning and end of the experimental period, and dividing it by the time elapsed (106 days). The TWG was calculated by the difference between the last and first weighing performed. D12 was estimated by dividing the number 12 by the ADG in kg. The data were analyzed through analysis of variance (ANOVA), and comparison of means by the Tukey's test, at the level of 5% of probability. ADG and TWG were higher ($P < 0.05$) for animals fed with supplements containing castor bean cake and soybean meal, with averages of 108 and 106 g and 11.41 and 11.26 kg ($P > 0.05$), respectively. D12 was higher ($P < 0.05$) for animals fed with cottonseed cake and babaçucake, with longer periods, 142 and 138 days ($P > 0.05$), respectively, to reach 12 kg for finishing of the animals, while for the diets with castor bean cake and soybean meal, it was necessary 112 and 115 days ($P > 0.05$), respectively. Castor bean cake showed to be the best alternative to replace and reduce the use of soybean meal, helping to shorten the production cycle.

Keywords: Weight gain. Oilseeds. Ovines. Biodiesel by products.

Acknowledgements: To the Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior – Capes, for the financial aid provided through the scholarship.

Photochemical efficiency of elephant grass fertilized with organic compost from slaughter and production of sheep and goats

Abner José Girão Meneses^{*1}

Jéssica Sousa Maranguape²

Magno José Duarte Cândido²

Roberto Cláudio Fernandes Franco Pompeu³

Henrique Antunes de Souza⁴

The photosynthesis represents one of the main physiological events of the plants, being determinant in the crop productivity. The objective was to evaluate the chlorophyll 'a' fluorescence of elephant grass irrigated and submitted to doses of organic compost from slaughter residues and production of sheep and goats. The experiment was carried out in an elephant grass area for four cycles of 60 days. The treatments consisted of doses of the organic compost (equivalent to 0, 13.3, 26.6, 39.9, 53.2 and 79.8 t ha⁻¹), in addition to a treatment with nitrogen and potassium application equivalent to 720 and 900 kg ha⁻¹ year⁻¹. The experimental design was completely randomized blocks with split-plots arrangement, with repeated measures in time. The chlorophyll 'a' fluorescence variables evaluated were: minimum (F₀), maximum (F_m) and variable fluorescences (F_v) and potential quantum efficiency

¹ Universidade Federal do Ceará – UFC, Fortaleza-CE, Brasil.

² Universidade Estadual Vale do Acaraú – UVA, Sobral-CE, Brasil.

³ Embrapa Caprinos e Ovinos, Sobral-CE, Brasil.

⁴ Embrapa Meio Norte, Teresina-PI, Brasil.

* jessicamaranguape@hotmail.com

of FSII (Fv/Fm). For the factor compost doses no effect was observed for most of the analyzed variables, except for Fv/Fm and ratio of fluorescence decrease (RFD). RFD presented a quadratic response with the increase in the compost dose, showing an estimated maximum point of 2.55 at dose 62.5 t ha⁻¹ of the compost. Fv/Fm ratio showed increasing linear behavior with the increment of the organic compost dose. For the isolated effect of the cycles, with exception of RFD and non-photochemical extinction coefficient (qN), differences were observed in the evaluated variables, being possible to observe decrease in initial fluorescence (F₀) and Fv/Fm ratio and increase in the photochemical extinction coefficient (qP) and electron transport rate (ETR) during the successive cycles. There was interaction between doses and cycles for RFD. In cycles 1 and 2, the RFD presented quadratic response to the doses of the organic compost, with maximum of 2.55 and 2.57 at the doses 38.5 and 51.16 t ha⁻¹, respectively. According to Haitz and Lichtenthaler (1988), RFD values above 3.0 indicate a high rate of photosynthesis per unit of leaf area. Values below 1.0 indicate that the leaves do not show positive net photosynthesis. Therefore, in the present study, all doses in all cycles provided reasonable photosynthesis, with maximum response at the above cited doses in cycles 1 and 2. The fertilization of elephant grass with organic compost favors the potential quantum efficiency of PSII (Fv/Fm) and ratio of fluorescence decrease (RFD). Growth cycles exert changes in the photochemical efficiency of elephant grass.

Keywords: Organic fertilizer. Fotosystem II. Photosynthetic rate.

Photosynthesis and water efficiency of Tamani grass under nitrogen rates

Emanoella Karol Saraiva Otaviano*¹
Antônia Flávia Fernandes Torres¹
Bruno Bizerra do Nascimento¹
Bárbara Silveira Leandro de Lima¹
Rodolfo Artur Alves Guedes¹
Marcos Neves Lopes¹
Theyson Duarte Maranhão¹
Magno José Duarte Cândido¹

The studies of gas exchange in forage plants make it possible to understand the canopy responses to the availability of abiotic factors, among which nitrogen is highlighted, due to its role in photosynthesis and biomass increase. The objective in this study was to evaluate the physiological characteristics of the tamani grass under rates of nitrogen. The experiment was carried out at the Núcleo de Ensino e Estudos em Forragicultura - NEEF/DZ/CCA/UFC, in Fortaleza-CE. The species used was *Megathyrsus maximus* cv. BRS Tamani, under three nitrogen rates (N): 0, 300 and 600 kg ha⁻¹ year⁻¹, in a completely randomized design with eight replicates. The rate of N for each growth cycle was fractionated in two applications. To record the variables, an infrared gas analyzer (IRGA-LCpro-SD) was used, and the readings were taken on the recent-expanded leaf blade. The analyzed variables were: leaf photosynthesis rate (A); leaf transpiration rate (E); stomatal

¹ Universidade Federal do Ceará, Fortaleza-CE, Brasil.

* manuh.zootec@gmail.com

conductance (g_s) and photosynthesis/transpiration ratio (A/E). The data were submitted to regression analysis. The E increased ($E = 5.0602 + 0.0019***N$, $R^2 = 0.864$; $P < 0.001$) as a function of the N rates, with 5.0602 and 6.2002 $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ at rates 0 and 600 $\text{kg of N ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$, respectively. The g_s was maximized ($0.52 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) at the rate 423.2 $\text{kg of N ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$ ($g_s = 0.2657 + 0.001185***N - 0.0000014***N^2$; $R^2 = 0.91$; $P < 0.001$). The increase in water demand results in greater stomatal opening as a mechanism to meet the absorption of external CO_2 and to regulate the leaf temperature through transpiration. Maximum A ($28.88 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) was estimated at rate 501.5 $\text{kg of N ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$ ($A = 20.079 + 0.035105***N - 0.000035***N^2$; $R^2 = 0.94$; $P < 0.001$). That is due to the increase in the enzymatic activity, as well as increases in the biochemical and photochemical phases of photosynthesis due to the positive effect of N . The A/E ratio presented quadratic behavior ($A/E = 4.0065 + 0.004208***N - 0.00000052***N^2$, $R^2 = 0.85$; $P < 0.001$), being maximized (4.86) at rate of 404.6 $\text{kg ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$ of N , signaling that above that rate the canopy reduces its efficiency of use of water. The gas exchange of the tamani grass are favored by nitrogen fertilization, with photosynthesis being increased by 43.8% in the pasture fertilized with 501.5 $\text{kg ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$ of N in relation to the pasture without N , presenting as rate of N that can be adopted for this forage under irrigation.

Keywords: Gas exchange. Leaf transpiration rate. *Megathyrsus maximus*. Nitrogen fertilization.

Acknowledgements: To the Núcleo de Ensino e Estudos em Forragicultura (NEEF) and Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes).

Physiological indices of Signal grass and Tamani grass intercropped with butterfly pea

Bruno Bizerra do Nascimento*¹
Antônia Flávia Fernandes Torres¹
Emanoella Karol Saraiva Otaviano¹
Rodolfo Artur Alves Guedes¹
Theyson Duarte Maranhão¹
Jefte Arnon de Almeida Conrado¹
Marcos Neves Lopes¹
Magno José Duarte Cândido¹

The evaluation of gas exchange in forage plants helps regarding the understanding of physiological processes which occurs in biomass production, however, there is a shortage of such studies for grasses intercropped with tropical forage legumes. The aim of the study was to evaluate the physiological indices of signalgrass and tamani-grass intercropped with the legume butterfly pea. The experiment was carried out on Núcleo de Ensino e Estudos em Forragicultura from Universidade Federal do Ceará NEEF/DZ/CCA/UFC in Fortaleza – CE. The treatments consisted of two kinds of grass managed under consortium with one legume: tamani-grass (*Megathyrsus maximus* cv. Tamani) x butterfly pea (*Clitoria ternatea*) and Signalgrass (*Urochloa decumbens* cv. Basilisk) x butterfly pea. The pastures were fertilized with macro- and micronutrients (except nitrogen) and managed under a low pressure fixed sprinkler irrigation system. It was used a completely randomized design

¹ Federal University of Ceará, Fortaleza-CE, Brazil.

* brunobizerra1994@hotmail.com

with eight replications. The gas exchanges were realized with a portable infra-red CO₂ analyzer (“Infra-Red Gas Analyser - IRGA”, model LCI BioScientific) evaluating the last newly expanded leaf, primarily. The variables were: leaf photosynthetic rate (A), leaf transpiration rate (E), leaf temperature (TLeaf), stomatal conductance (gs) and photosynthesis/transpiration ratio (A/E). The data were submitted to variance analysis (F test) and the means were compared using the Tukey test. The A was superior ($P < 0.001$) to signalgrass (20.80 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) comparing to tamani-grass (12.32 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) demonstrating high photosynthetic potential for signalgrass when cultivated in consortium with butterfly pea, besides the better utilization of nitrogen fixed by the legume. There was no difference ($P > 0.05$) in E between the signalgrass (2.77 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) and tamani-grass (2.99 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$). The A/E ratio ($P < 0.001$) was higher to signalgrass (7.63) comparing to tamani-grass (4.12). This is explained by the larger increment in photosynthetic rate when compared with leaf transpiration. It was observed a bigger gs ($P < 0.001$) in signalgrass (0.24 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) when compared with tamani-grass (0.12 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$). Such superior values for gs reflects higher stomatal opening as a mechanism to attend the CO₂ absorption. It is highlighted yet, the mechanism of temperature regulation of leaf by transpiration, hypothesis sustained by the smaller TLeaf in signalgrass (33.91 °C) ($P < 0.001$) compared to tamani-grass (37.34°C). The signalgrass shows higher photosynthetic potential and water use efficiency than tamani-grass under consortium with butterfly pea.

Keywords: Water use efficiency. Intercropped pastures. Leaf photosynthetic rate. *Megathyrus maximus* x *Urochloa decumbens*.

Acknowledgements: Universidade Federal do Ceará – UFC, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq e Núcleo de Ensino e Estudos em Forragicultura – NEEF.

Physiological responses in intercropped pastures of tamani grass with cunhã

Emanoella Karol Saraiva Otaviano*¹
Antônia Flávia Fernandes Torres¹
Bruno Bizerra do Nascimento¹
Leydiane Bezerra de Oliveira¹
Marcos Neves Lopes¹
Theyson Duarte Maranhão¹
Jeffte Arnon de Almeida Conrado¹
Magno José Duarte Cândido¹

The introduction of legumes into pasture has been used as alternative for nitrogen supply, reflecting the increase in primary production. However, a better understanding of the physiological aspects of the intercropped species is necessary. The objective in this study was to evaluate the characteristics of physiological responses of tamani grass (*Megathyrsus maximus*) and the legume cunhã (*Clitoria ternatea*) managed under intercropping. The study was carried out at Núcleo de Ensino e Estudos em Forragicultura - NEEF/DZ/CCA/UFC, in Fortaleza-CE. The treatments were the forage plants: tamani grass and cunhã managed under cutting in a pasture established a year before. A completely randomized design was adopted with eight replicates. The variables were quantified with an infrared gas analyzer (IRGA-LCpro-SD). The readings were performed on the recent-expanded leaf blade in the tamani grass, and in the terminal leaflet of the cunhã, when the canopy reached 95% of interception of photosynthetically active radiation, between

¹ Universidade Federal do Ceará, Fortaleza-CE, Brasil
* manuh.zootec@gmail.com

9:30 and 11am. The following variables were analyzed: leaf photosynthesis rate (A), leaf transpiration rate (E), leaf temperature (Tleaf), stomatal conductance (gs) and photosynthesis/transpiration ratio (A/E). The data were submitted to analysis of variance and mean comparison test (Tukey, $P < 0.05$). Differences were observed between the species for all the evaluated characteristics ($P < 0.05$). Leaf photosynthesis rate (A) was higher in the tamani grass when compared to cunhã (12.32 and 8.31 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, respectively). Tleaf values of 35.25 °C for cunhã and 37.34 °C for tamani grass were observed. The E in the cunhã was higher than in the tamani grass (3.70 and 2.99 $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, respectively). The higher E for cunhã possibly contributed to its lower Tleaf observed in this study. The values of gs also differed between species, corresponding to 0.235 $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ for cunhã and 0.119 $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ for tamani grass. Stomatal closure is a mechanism of the plant to prevent water loss to the atmosphere, reducing the E and increasing the A/E ratio. The A/E ratio differed between species, with values of 2.46 for cunhã and 4.12 for the tamani grass, demonstrating a more efficient water use by the grass in comparison to the legume, with higher CO₂ assimilation potential for each millimeter of water lost. The physiological responses differed between the studied species, with emphasis for the superiority of 48.3% in A of tamani grass in comparison to the photosynthetic potential of the cunhã. The need for additional studies to support the development of management strategies in intercropped pastures is emphasized.

Keywords: *Clitoria ternatea*. Gas exchange. *Megathyrsus maximus*. Water use efficiency.

Physiological responses of tamani-grass fertilized under increasing nitrogen rates

Elayne Cristina Gadelha Vasconcelos^{*1}

Raynara Cardonha Uchoa Lima¹

Marcos Neves Lopes¹

Roberto Cláudio Fernandes Franco Pompeu²

Bruno Pereira de Almeida¹

Matheus Moreira Oliveira¹

Odécia Gomes dos Santos¹

Magno José Duarte Cândido¹

The gaseous exchange responses from a forage grass provides information that represents the maximum physiological efficiency of the plant associated with the fertilization rate to determine the management strategy to be applied on the pasture. In this way, to evaluate gas exchange in tamani-grass, irrigated and submitted to nitrogen fertilization rates, this study was carried out. The experiment was performed on a pasture belonging to the Forage Teaching and Studies Nucleus of the Animal Science Department of the Federal University of Ceara – NEEF/DZ/CCA/UFC, Fortaleza-CE, in the year 2017. A complete randomized block design was set up, with four treatments and three replicates. The treatments consisted of nitrogen rates equivalents to 0; 300; 600 and 1,200 kg ha⁻¹ year⁻¹. The grasses were cultivated in 12.5 m² plots and their cut frequency was determined when the plants

¹ Universidade Federal do Ceará, Fortaleza-CE, Brasil.

² Embrapa Caprinos e Ovinos, Sobral-CE, Brasil.

* elaynegadelha@gmail.com

reached three leaves produced per tiller. An infrared CO₂ analyzer (“Infra Red Gas Analyzer – IRGA”, model LCI BioScientific) was used. In each experimental unit, newly expanded leaves were selected in two tillers and the readings were made in the medial part of the leaf limb, between 10 and 11am. The following variables were analyzed: leaf photosynthesis rate (A, $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), leaf transpiration rate (E, $\text{mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$), stomatal conductance (gs, $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) and net photosynthesis rate of carbon dioxide in the leaf (C_i, ppm). Data were submitted to analysis of variance and regression, the models were chosen according to the level of significance of the linear and quadratic coefficients (“F” test, $p < 0.05$) and based on the determination coefficient. The SAS software was used as a tool to help the analysis. There was an increasing linear response to nitrogen fertilization for A, with estimated values of 15.97 and 28.57 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, at rates equivalents to 0 and 1200 $\text{kg ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$, respectively. This result corroborates the response pattern of the variables gs and E, with estimated values of 0.20 and 0.35 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (gs), 3.36 and 5.20 $\text{mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ (E) to rates of 0 and 1.200 $\text{kg ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$, respectively. This fact reveals a greater stomatal opening, which confers a higher concentration of intercellular CO₂ and consequently a higher rate of foliar photosynthesis, as nitrogen stimulates the enzymatic activity and the synthesis of RUBISCO. No significant effect was observed for C_i, with mean values estimated of 182.79 ± 25.24 ppm. The physiological responses of the tamani-grass were stimulated by nitrogen fertilization.

Keywords: Gaseous exchange. Leaf transpiration rate. *Megathyrsus maximus*. Net photosynthesis rate.

Acknowledgements: This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (Capes) – Finance Code 001, to the Forage Teaching and Studies Nucleus and Embrapa Goats and Sheep, for granting the necessary resources to conduct the research project.

Plantas forrageiras em pastagens nativas da Caatinga no estado do Piauí

Ivone Rodrigues da Silva*¹
Estevam da Silva Neto¹
Maria Elizabete de Oliveira¹
Rosianne Mendes de Andrade da Silva Moura¹
Francelino Neiva Rodrigues¹
Daniel Louçana Costa Araújo¹
Jandson Vieira Costa¹

O bioma Caatinga encontra-se em acentuado processo de degradação, entre outros motivos, pelo manejo realizado sem o conhecimento do potencial forrageiro de cada sítio ecológico desse bioma. Considerando a necessidade de informações sobre o uso adequado da pastagem nativa da Caatinga do Piauí, objetivou-se caracterizar plantas forrageiras em áreas de Caatinga sucessional para ovinos. O estudo foi conduzido no período de dezembro de 2015 a maio de 2016 no assentamento Lisboa, localizado no município de São João do Piauí, área de Caatinga sedimentar. A identificação das espécies forrageiras consumidas pelos ovinos ocorreu em levantamento etnobotânico, adotando as figuras de informantes e informantes-chave. Para avaliar a disponibilidade das forrageiras, foram separadas duas áreas. Cada área correspondeu a um sítio de pastejo: sítio 1 com predominância de espécies herbáceas, e o sítio 2 com predominância de espécies arbustivas. Em cada sítio, foram marcados, três transectos paralelos com 100m de comprimento, distantes entre si em 20m. Em cada transecto, foram delimitadas dez unidades

¹ Universidade Federal do Piauí.

* ivonezootecnista@gmail.com.

experimentais, cada uma com área de 100 m², sendo amostradas, dessa forma, 30 unidades, totalizando uma área amostral de 6.000 m². As famílias que apresentaram maior quantidade de espécies foram Fabaceae, com 18 espécies, representando 43,9% do total de espécies, seguida por Malvaceae e Amaranthaceae com três espécies cada uma, contribuindo com aproximadamente 14,6% do total de espécies forrageiras. Na área com predominância herbácea, foram identificadas as seguintes espécies: mata-pasto (*Senna obtusifolia* (L.)); estilosante (*Stylosanthes* spp.); malva vassoura (*Herissantiaspa* (L.) Brizicky); mato rasteiro (*Sida ciliaries* L.); malva babenta (*Sida cordifolia* L.); malva relógio (*Sida acuta* Burm. f.); beldroega (*Portulacahalimoides* L.); sabão de soldado (*Mollugoverticillata*) e engana-bobo (*Diodia teres* Walt.). Na área com predominância de arbustos, foram identificadas as espécies: marmeleiro (*Croton sonderianus* Müll. Arg.); besouro (*Senna rizzini* H. S.); mofumbo (*Combretum leprosum* Mart.); canafistula (*Peltophorum-dubium* Sprengel); catingueira *Caesalpinea bracteosa* e sipaúba (*Thiloaglaucocarpa* Mart). No estrato herbáceo, sete famílias foram identificadas, com a maioria das espécies pertencentes à família Malvaceae. Quanto às espécies arbustivas, a *Senna rizzini* H. S., (besouro) e o *Croton sonderianus* Müll. Arg. (marmeleiro) foram as predominantes. A massa de forragem durante período chuvoso no estrato herbáceo foi de 124,5 kg ha⁻¹, enquanto que, no arbustivo, foi de 646,5 kg ha⁻¹. A pastagem nativa na Caatinga em estágio sucessional tem elevada riqueza de espécies forrageiras, porém uma baixa disponibilidade de forragem.

Palavras-chave: Fabaceae. Malvaceae. Sítio de pastejo.

Plant-part composition of harvested forage mass of tamani-grass under nitrogen fertilization

José Breno da Silva Moreira*¹
Elayne Cristina Gadelha Vasconcelos¹
Roberto Cláudio Fernandes Franco Pompeu²
Raynara Cardonha Uchôa Lima¹
Bruno Pereira de Almeida¹
Matheus Moreira Oliveira¹
Dayanne Ribeiro do Nascimento¹
Magno José Duarte Cândido¹

The potential of forage production to nitrogen fertilization is a relevant parameter in the selection of cultivars for intensive systems. The tamani-grass was launched by Embrapa in 2015, it is necessary information to establish a strategic management. The objective of this experiment was to quantify the components of forage mass of the *Megathyrsus maximus* cv. BRS Tamani, irrigated and submitted to rates of nitrogen fertilization, this research was carried out. The experiment was performed on a pasture at the Forage Teaching and Studies Nucleus from Federal University of Ceara (NEEF/DZ/CCA/UFC), in Fortaleza-CE, in the year 2017. The treatments consisted of nitrogen applications at rates of 0; 100; 200; 300; 600 and 1.200 kg ha⁻¹ year⁻¹ and were allocated to experimental units according to a randomized complete block design, with three replications. An interval

¹ Universidade Federal do Ceará, Fortaleza-CE, Brasil.

² Embrapa Caprinos e Ovinos, Sobral-CE, Brasil.

* brenoSmoreira@hotmail.com

of 3.0 new leaves produced by tiller between cuts was adopted. The samples were then taken to the laboratory, weighed and fractionated in leaves, stem and dead material, then they were taken to an oven at 55 °C until constant weight was reached. Pre-dried biomass was used to estimate the following variables: harvested green leaf mass (HGLM; kg ha⁻¹), harvested green stem mass (HGSM; kg ha⁻¹) and dead herbage mass (HDFM; kg ha⁻¹). The data were submitted to analysis of variance and regression and the models were chosen according to the level of significance of the linear and quadratic coefficients (F test, $p < 0.05$) and with the coefficient of determination. The SAS software (SAS Institute, 2003) was used as a tool to the analysis. There was a linear response with increasing N rates for HGLM and HDFM, with estimated values of 294.81 and 586.41 kg ha⁻¹ cycle⁻¹ (HGLM) and 4.69 and 26.29 kg ha⁻¹ cycle⁻¹ (HDFM) for the rates of 0.0 and 1.200 kg ha⁻¹ year⁻¹, respectively. There were increases of 49.73 and 82.16% for the variables HGLM and HDFM, respectively for the rate equivalent to 1.200 kg ha⁻¹ year⁻¹ in comparison to the absence of nitrogen fertilization. The fertilization provided an increase of 24.2 kg of HGLM for each kilogram of nitrogen added by fertilization. The HDFM presented small estimated values, when compared to the HGLM increments. The HGSM did not adjusted to any models tested, presenting an average of 0.73 ± 0.35 kg ha⁻¹. The harvestable green forage mass increased up to the N fertilization equivalent to 1.200 kg ha⁻¹ year⁻¹.

Keywords: Harvestable green leaf biomass. *Megathyrsus maximus*. Number of new leaves produced.

Acknowledgements: To the Forage Teaching and Studies Nucleus and Embrapa Goats and Sheep, for granting the necessary resources to carry out the research project.

Prediction of forage biomass of elephant grass cv. Roxo as a function of canopy height at different seasons

Theyson Duarte Maranhão*¹
Marcos Neves Lopes¹
Francisco Gleyson da Silveira Alves¹
Rafael Rodrigues da Silva¹
Emanoella Karol Saraiva Otaviano¹
Wesley do Nascimento Sousa¹
Gabriela Florencio Lacerda¹
Magno José Duarte Cândido¹

Given the importance of estimating the production of forage biomass in agricultural systems, it is sought to develop techniques that make feasible such an estimate with precision and practicality. The objective in this study was to estimate the forage biomass of elephant grass cv. Roxo using the canopy height. The study was carried out at the Center for Teaching and Studies in Forage Crop – NEEF/DZ/CCA/UFC, in Fortaleza - CE. The elephant grass (*Pennisetum purpureum*) cv. Roxo was used and managed under cut. Maintenance fertilization with doses equivalent to 600 kg ha⁻¹ year⁻¹ of nitrogen (urea) and 200 kg ha⁻¹ of potassium (potassium chloride) was performed. The forage growth was evaluated during the regrowth cycle. The canopy height (measured with retractable graduated rod) and the components of the total forage biomass (1-m²-metallic frame) were recorded at seven

¹ Universidade Federal do Ceará, Fortaleza-CE, Brasil.

* theysonduarte@gmail.com.

times during the regrowth cycle (9; 18; 27; 36; 45; 54 and 63 days). A randomized complete block design with three replicates was used. A sample of forage biomass was fractionated into leaf, stem and dead material, and later they were taken to an oven at 55 °C. Green leaf blade biomass (GLB, kg ha⁻¹) and total forage biomass (TFB, kg ha⁻¹) data as a function of canopy height (H, cm) were tested for goodness of fit for linear and polynomial models in different growth seasons (rainy, transition and dry). For the rainy season, a positive linear relationship was observed between H and TFB (TFB = -1964.9 + 76.216***H, R² = 0.97) and quadratic adjustment between H and GLB (GLB = -1037.8 + 53.559***H - 0.1133**H², R² = 0.95). For the transition period, it was observed quadratic adjustment between H and TFB (TFB = 961.59 - 55.449***H + 1.2507***H²; R² = 0.99) and positive linear relationship between H and GLB (GLB = 713.45 + 39.313***H, R² = 0.95). For the dry season, a positive linear relationship was observed between H and TFB (TFB = -729.44 + 56.758***H; R² = 0.85) and between H and GLB (GLB = -457.51 + 36.857***H, R² = 0.79). The canopy height monitoring is a promising tool in the estimation of forage biomass of elephant grass cv. Roxo managed at different growth seasons in rainfed conditions.

Keywords: Forage biomass estimation. *Pennisetum purpureum*. Structural characteristics. Watering regime.

Acknowledgements: To the Núcleo de Ensino e Estudos em Forragicultura (NEEF) and the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes).

Produção de leite de ovelhas Somalis Brasileira sob condições de restrição nutricional em pasto nativo da Caatinga

Andreza Kelly Santos de Andrade*¹
Cimara Gonzaga Vitor²
Luciana Freitas Guedes³
Abdias Nascimento Luz¹
Clésio Santos Costa¹
Patrícia Guimarães Pimentel¹
Marcos Cláudio Pinheiro Rogério³
Iran Borges²

A nutrição materna durante a gestação implica a programação da partição de nutrientes para crescimento, desenvolvimento e função dos principais sistemas de órgãos fetais, além de influenciar o desempenho e a produção de leite das matrizes. Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da restrição nutricional ao longo da gestação sobre a produção de leite de ovelhas Somalis Brasileira em pasto nativo da Caatinga. Foram utilizadas 24 fêmeas múltiparas mantidas em pasto nativo durante o período de chuvas, distribuídas em quatro estratégias de suplementação: S1 – 100 g dia⁻¹ de concentrado nos dois terços iniciais de gestação; S2 – 100 g dia⁻¹ ao longo da gestação; S3 – 200 g dia⁻¹ nos dois terços iniciais; e S4 – 200 g dia⁻¹ ao longo da gestação. As

¹ Universidade Federal do Ceará, Fortaleza-CE, Brasil.

² Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte-MG, Brasil.

³ Embrapa Caprinos e Ovinos, Sobral-CE, Brasil.

* andrezak.andrade@gmail.com

dietas eram isoproteicas e isoenergéticas, e, portanto, a restrição nutricional aplicada foi quantitativa. Após o parto, todos os grupos passaram a receber 200 g/dia⁻¹ de concentrado. A produção de leite foi mensurada nos tempos 15°, 30°, 45° e 60° dias de lactação sendo estimada pela técnica de pesagem do cordeiro antes e após a mamada. Utilizou-se delineamento inteiramente casualizado, e as médias obtidas foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância. Foi verificada interação entre o efeito das estratégias de suplementação e dias de lactação ($p < 0,05$). O nível de suplementação durante a gestação afetou a produção de leite ($p < 0,05$), ovelhas suplementadas com 200 g ao longo da gestação (S4) apresentaram as maiores médias nos tempos 15, 30 e 60 dias de lactação (0,210 kg dia⁻¹, 0,144 kg dia⁻¹, 0,174 kg dia⁻¹, respectivamente), aos 45 dias de lactação, a produção de leite dessas ovelhas diminuiu (0,097 kg dia⁻¹). Matrizes que receberam 100 g de concentrado nos dois terços iniciais (S1) apresentaram a menor produção de leite (0,091 kg dia⁻¹; 0,057 kg dia⁻¹; 0,078 kg dia⁻¹ e 0,092 kg dia⁻¹, aos 15, 30, 45 e 60 dias de lactação, respectivamente). Tal resultado pode ser explicado devido à restrição de nutrientes no terço final da gestação afetar o desenvolvimento do tecido secretor da glândula mamária, implicando em menor produção de leite durante a lactação. Assim, conclui-se que a suplementação materna com 200 g ao longo da gestação influenciou positivamente a produção de leite de ovelhas mantidas em pasto da Caatinga.

Palavras-chave: Nutrição materna. Ovinos. Semiárido.

Agradecimentos: A Funcap, CNPq, Capes e Embrapa Caprinos e Ovinos pelo suporte técnico e financeiro na execução do experimento.

Produção e acúmulo de forragem via morfogênese em pasto de capim-aruana pastejado por ovinos sob níveis de suplementação

Elayne Cristina Gadelha Vasconcelos^{*1}

Ana Clara Rodrigues Cavalcante²

Roberto Cláudio Fernandes Franco Pompeu²

Alano Albuquerque Luna¹

Francisco Gleyson da Silveira Alves¹

Gutenberg Lira Silva³

Theyson Duarte Maranhão¹

Magno José Duarte Cândido¹

O capim-aruana é recomendado para pastejo por ovinos, por ter porte médio, melhor capacidade de perfilhamento e contínua emissão de folhas, todavia são escassos na literatura trabalhos estudando essa gramínea sob pastejo por ovinos. Objetivou-se avaliar as taxas de produção e acúmulo de forragem via morfogênese do capim-aruana sob lotação rotativa com quatro níveis de suplementação energética. O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental Vale do Curú-FEVC, em 2012. Os tratamentos utilizados foram quatro níveis de suplementação concentrada (0,0; 0,6; 1,2 e 1,8% do peso corporal, com base no consumo de matéria seca). Adotou-se delineamento inteiramente casualizado, em esquema de parcela subdividida, sendo os tratamentos as parcelas e os ciclos as subparcelas, com

¹ Universidade Federal do Ceará, Fortaleza-CE, Brasil.

² Embrapa Caprinos e Ovinos, Sobral-CE, Brasil.

³ Universidade Estadual Vale do Acaraú-UVA, Sobral-CE, Brasil.

* elaynegadelha@gmail.com

cinco repetições por tratamento. Adotou-se pastejo rotaci, com meta de resíduo de IAF residual igual a 1,0. As avaliações do fluxo de biomassa foram realizadas durante o período de descanso que correspondeu ao tempo necessário para que o pasto atingisse 90% da radiação fotossinteticamente ativa (IRFA). Para a mensuração das variáveis, foram marcadas três touceiras por parcela, em que foram escolhidos três perfilhos em cada. As avaliações foram iniciadas dois dias após a desfolhação e foram repetidas a cada quatro dias. As variáveis registradas foram alongamento, aparecimento e senescência de folhas e alongamento dos colmos. Para determinar a relação comprimento/peso, foram coletados 25 perfilhos em cada parcela, posteriormente foram separados em lâmina foliar emergente, lâmina foliar expandida e colmo. Cada fração acima teve seu comprimento registrado. Posteriormente foram levadas a uma estufa de ventilação forçada a 55°C, até peso constante. A densidade populacional de perfilhos foi estimada por meio da contagem do número de perfilhos em duas molduras com dimensões de 0,50 x 0,50m. A partir dessas medidas, foram estimadas as taxa de produção de forragem (TPF) e a taxa de acúmulo de forragem (TAF). Os dados foram submetidos a análise de variância e teste de comparação de médias (TUKEY, $p < 0,05$), por meio do procedimento MIXED do programa estatístico SAS. Verificou-se resposta linear crescente para TPF e TAF, com a elevação dos níveis de suplementação, estimando-se valores de 115,88 e 152,88 kg ha⁻¹ dia⁻¹ (TPF) e 112,07 e 144,38 (TAF) para os níveis de 0 e 1,8 (%) do PC, respectivamente. Os níveis de suplementação favorecem aumento na produção e no acúmulo de forragem, mostrando que a suplementação alimentar energética pode ser usada até o nível de 1,8 % do PC, como estratégia de manejo.

Keywords: *Megathyrus maximus*. Suplementação energética. Fluxo de biomassa.

Acknowledgements: À Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior – Capes, pelo financiamento da bolsa de estudos pela concessão dos recursos necessários a condução do projeto de pesquisa e ao Núcleo de Ensino e Estudos em Forragicultura.

Produtividade de duas variedades de milheto em diferentes regimes hídricos no semiárido

Patrício Leandro Pereira^{*1}

Ana Clara R. Cavalcante²

Ana Carolina Mera³

Gabriel Vinicius Lavagnini³

A seca é um fenômeno climático que limita a produção pecuária no semiárido brasileiro, especialmente nos modelos de produção baseados no uso de Caatinga. A implantação de culturas anuais resistentes à seca para fins de produção de silagem é uma possibilidade de viabilizar a atividade pecuária nesse ambiente. O objetivo do trabalho foi quantificar o potencial de produção de biomassa de duas variedades de milheto em diferentes locais do semiárido. O experimento foi conduzido nos municípios de Baixa Grande (BA), Fortuna (MA), Ibaretama (CE), Montes Claros (MG) e S. Raimundo Nonato (PI). As precipitações máximas, mínimas e médias dos locais foram de 778 mm, 445 mm e 250 mm. Foram plantadas as variedades IPA BULK e BRS1501, em parcelas de 9 m², com duas repetições. Os dados foram submetidos à ANOVA. As médias comparadas por Tukey ($p < 0,05$). A relação entre biomassa e precipitação foi analisada por regressão. A altura média das duas variedades foi de 89 cm, sendo a altura máxima de 143 cm. Houve diferença

¹ Universidade Estadual Vale do Acaraú, Sobral-CE, Brasil.

² Embrapa Caprinos e Ovinos, Sobral-CE, Brasil.

³ Instituto CNA.

* patricio123leandro@gmail.com

entre as variedades para produção de biomassa. Milheto IPA BULK obteve produção de biomassa média (8,751 kg MS ha) superior a BRS 1501 (7,899 kg MS ha). A resposta de acúmulo de biomassa para ambas as variedades foi linear crescente em função do aumento da precipitação. No entanto, o BRS 1501 ($Y_{\text{brs1501}} = 26,954x - 4756,8$), apresentou produção ligeiramente superior ao IPA Bulk ($Y_{\text{bulk}} = 38,829x - 7901,9$) nas condições de 250 mm (1982 kg MS ha contra 1805 kg MS ha). Apesar da diferença na menor precipitação, o IPA Bulk surge como opção interessante de milho para a região semiárida.

Palavras chave: Produção de biomassa. Precipitação. Culturas anuais.

Recuperação de matéria seca da silagem de coproduto de milho doce

Lorrainy de Fátima Dias Vieira*¹
Eslaine Rabelo'
Andréia Santos Cezário'
Jeferson Correa Ribeiro'
Wallacy Barbacena Rosa dos Satos'
Eliandra Maria Bianchini Oliveira'
Tiago Neves Pereira Valente²
Eslaine Rabelo'

O milho é um dos mais importantes cereais cultivados e consumidos no mundo. Tem alta diversidade na sua utilização, tanto na alimentação humana como animal, assumindo relevante papel socioeconômico. No entanto, para alimentação humana, gera muitos coprodutos que podem ser utilizados na dieta animal, podendo viabilizar a eficiência econômica da atividade, além de contribuir com o meio ambiente, uma vez que com o aumento do consumo do milho aumenta o processamento industrial e, conseqüentemente, a problemática da sua deposição. O objetivo deste trabalho foi avaliar a recuperação de matéria seca da silagem de coproduto do milho doce, conhecido como palhão de milho com diferentes proporções de resíduo industrial de tomate (RIT), acrescidos ou não de ureia. O delineamento experimental foi inteiramente ao acaso em esquema fatorial 3x2, sendo três níveis de adição de resíduo do

¹ Instituto Federal Goiano, Campus Morrinhos, Morrinhos, Goiás Brasil.

² Instituto Federal Goiano, Campus Posse, Posse, Goiás Brasil.

* lorrainyzoot@gmail.com

tomate e dois níveis de ureia (0 e 0,5%), com três repetições, totalizando dezoito silos. Foram confeccionados em baldes plásticos com capacidade de 20 litros, dotados de válvula de Bünsen adaptada em sua tampa, para permitir o escape dos gases oriundos da fermentação. Foram acondicionados no fundo de cada silo quatro quilos de areia seca, separada do resíduo por um saco de algodão, para estimar a produção de efluente. Os silos foram vedados com fita adesiva, pesados e armazenados em área coberta, em temperatura ambiente, até o momento da abertura, que ocorreu 30 dias após a ensilagem. As perdas de matéria seca nas silagens sob a forma de gases e efluentes foram quantificadas por diferença de peso, segundo técnicas descritas por Schmidt (2006). Não houve efeito da interação resíduo industrial de tomate x ureia ($P > 0,05$) para a recuperação de matéria seca do coproduto, a média obtida foi 91,96% na matéria seca. As perdas por gases e perdas totais apresentaram interações entre ureia e RIT ($p < 0,05$), foi constatado que os tratamentos com 10% de RIT e 0,5% de ureia foram os que tiveram menos perdas, apresentando 28% de matéria seca. A inclusão de 10% de resíduo de tomate e 0,5% de ureia melhora a qualidade de silagem de coproduto de milho.

Palavras-chave: Silo. Tomate. Ureia.

Relação do peso corporal e medidas biométricas de ovinos de corte em pastagem de *Brachiaria brizantha*

Ângela Maria Quintão Lana*¹
Joelma da Silva Souza¹
Gelson dos Santos Difante²
Francisca Fernanda da Silva Roberto³
Pedro Henrique Cavalcante Ribeiro⁴
José Igor Gomes Bezerra⁴
Brenda Adelino de Macêdo Campelo⁴
Jéssica Gomes Rodrigues⁴

Objetivou-se avaliar as relações entre o peso corporal e medidas biométricas de ovinos de corte da raça Santa Inês em pastagem de *Brachiaria brizantha*. O experimento foi conduzido na Universidade Federal do Rio Grande do Norte no período de 30 de março a 11 de dezembro de 2017. A área experimental de 2,88 ha foi dividida em oito módulos de 0,36 ha, subdivididos em seis piquetes de 0,06 ha. Utilizaram-se 24 cordeiros machos e 24 fêmeas com 90 dias de idade e peso corporal de $19,04 \pm 0,96$ kg. O delineamento utilizado foi em bloco ao acaso com quatro cultivares (Marandu, Xaraés, Piatã e Paiaguás) e 12 animais (repetição). As variáveis foram mensuradas a cada 30 dias, a primeira aos 90 e a última aos 358 dias. Os dados foram analisados pela correlação de Pearson, considerado significativo se $P < 0,01$. O critério de

¹ Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte-MG, Brasil.

² Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande-MS, Brasil.

³ Universidade Federal da Paraíba, Areia-PB, Brasil.

⁴ Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal-RN, Brasil.

* angelaquintao@gmail.com

classificação do coeficiente de correlação se $> 70\%$, foi considerado forte associação e, se r entre 30 a 70% , relação moderada. As correlações entre o peso corporal e as medidas biométricas foram elevadas e positivas. As medidas que apresentaram forte associação com o peso corporal foram o perímetro do barril ($r = 0,82$); índice de capacidade corporal (CC_2); quociente entre o peso corporal e o perímetro torácico ($r = 0,82$); comprimento corporal ($r = 0,81$); perímetro torácico ($r = 0,78$) e índice de capacidade corporal (CC_1); quociente entre o peso vivo e comprimento corporal ($r = 0,76$). A capacidade corporal estima objetivamente a conformação dos animais quanto ao acúmulo de músculo na carcaça. As altas correlações, neste trabalho, indicam a elevada capacidade de produção de carne dos ovinos. O perímetro torácico é a medida mais segura para estimar o peso corporal quando avaliado isoladamente, pois, em relação às demais variáveis, está mais ligado ao volume corporal. As medidas de circunferência de perna, comprimento de perna, largura de peito e largura de garupa apresentaram significância ($P < 0,01$) igualmente elevada. No entanto, os valores de r foram inferiores às demais medidas avaliadas. Portanto, neste caso, essas medidas possuem baixa acurácia para estimar o peso corporal quando comparadas às medidas de elevada correlação. As correlações entre o peso corporal e as medidas biométricas de ovinos de corte da raça Santa Inês em pastagem de *Brachiaria brizantha* são fortes e positivas e podem ser utilizadas na predição do peso corporal de ovinos.

Palavras-chave: Medidas corporais. Índice corporal. Perímetro Torácico. Peso vivo.

Agradecimentos: Ao CNPq pelo financiamento do experimento e concessão de bolsas de estudos e à Fapemig pelo auxílio concedido.

Remote surface sensing in the monitoring of grazing frequency in tamani grass

Marcos Neves Lopes*¹
Bruno Bizerra do Nascimento'
Emanoella Karol Saraiva Otaviano'
Antônia Flávia Fernandes Torres'
Rodolfo Artur Alves Guedes'
Bárbara Silveira Leandro de Lima'
Leydiane Bezerra de Oliveira'
Magno José Duarte Cândido'

The definition of the optimal rest period of the pasture is a point of proven relevance when searching for forage production in quantity and quality, with optimization of the efficiency of use of the forage produced, guaranteeing satisfactory animal performance in pastures of favorable structure to the consumption of forage by grazing animals. In this context, some criteria for monitoring the frequency of defoliation demand the use of expensive equipment of difficult applicability in the field. Other methods may not present a high correlation with the physiological condition of the pasture and/or require conditions of high canopy uniformity and high accuracy in the observations made. The objective in this study was to evaluate the efficiency of the normalized difference vegetation index (NDVI) obtained through the Greenseeker sensor in the definition of the grazing frequency in *Megathyrus maximus* cv. Tamani irrigated and fertilized, with nitrogen level equivalent to

¹ Universidade Federal do Ceará, Fortaleza-CE, Brasil.

* nevesvv@yahoo.com.br

600 kg ha⁻¹ year⁻¹. The growth of the pasture was studied during the regrowth cycle. At five moments of the regrowth cycle, the following variables were recorded: interception of photosynthetically active radiation (IPAR), leaf area index (LAI) and NDVI. A completely randomized design with 4 replicates was used. The NDVI was estimated using the Greenseeker sensor. The IPAR and LAI variables were estimated using the PAR-LAI in agriculture analyzer (AccuPAR LP-80). The IPAR and LAI data as a function of NDVI were tested for goodness of fit for linear and polynomial models. There was a positive linear relationship between NDVI and IPAR ($IPAR = -21.47 + 132.3***NDVI$, $R^2 = 0.968$, $P < 0.001$) and between NDVI and LAI ($LAI = -4.11679 + 11.4826***NDVI$, $R^2 = 0.870$, $P < 0.001$). IPAR values of 85 and 95% were estimated for NDVI records of 0.80 and 0.88, respectively. In pre-grazing pastures that provided NDVI of 0.80 and 0.88, LAI estimates of 5.1 and 5.9, were observed, respectively. The high degree of goodness of fit of the models in the estimates of IPAR ($R^2 = 0.968$) and LAI ($R^2 = 0.870$) as a function of NDVI values reveals the close linear association of important indexes of the physiological condition of the pasture with the NDVI readings generated by active surface sensor Greenseeker. The grazing frequency of the tamani grass aiming to optimize the forage utilization efficiency can be defined in a practical way and applicable at the property level through NDVI readings generated by Greenseeker sensor.

Keywords: Vegetation index. Interception of photosynthetically active radiation. *Megathyrsus maximus*. Rest period of the pasture.

Acknowledgements: To the Núcleo de Ensino e Estudos em Forragicultura – NEEF/DZ/CCA/UFC.

Seleção de nutrientes do pasto nativo da Caatinga por ovinos com suplementação concentrada

Luciana Freitas Guedes^{*1}
Elomir Brito Mourão²
Clésio dos Santos Costa³
Francisco Gleyson da Silveira Alves³
Shirlenne Ferreira Silva³
Francisco Éden Paiva Fernandes¹
Alexandre Ribeiro Araújo²
Marcos Cláudio Pinheiro Rogério²

A suplementação alimentar deve ocorrer de maneira sustentável, ambiental e economicamente como oferta de nutrientes aos animais quando necessário, na proposta de também realizar o efeito substitutivo de forragem para conservação de áreas. Diante disso, objetivou-se com este estudo avaliar a seleção de nutrientes da dieta de ovinos mantidos em pasto nativo da Caatinga recebendo níveis de suplementação energética. Quarenta fêmeas múltiparas em produção SPRD com peso vivo médio de 38,8 kg foram distribuídas em quatro inclusões de suplementação concentrada (0; 200; 350 e 500 g cab⁻¹ dia⁻¹). Para determinação das espécies consumidas, foi adotada a técnica microhistológica. A coleta das amostras do material forrageiro existente na área de pastejo ocorreu durante um período de 15 dias, durante três anos (2015; 2016 e 2017) em cada período (chuva, transição e seca). A coleta de fezes dos

¹ Embrapa Caprinos e Ovinos, Sobral-CE, Brasil.

² Universidade Estadual Vale do Acaraú, Sobral-CE, Brasil.

³ Universidade Federal do Ceará, Fortaleza-CE, Brasil.

* lucianafguedes@gmail.com

animais foi realizada nesses mesmos períodos. O procedimento de coleta baseou-se na observação e acompanhamento do hábito alimentar dos animais. As lâminas foram confeccionadas com o resíduo presente na peneira, de onde é retirada uma pequena amostra e acondicionada em uma lâmina microscópica. Registraram-se fotograficamente as estruturas encontradas nas amostras vegetais, e assim formou-se um banco de imagens de referências de estruturas morfológicas para comparação das estruturas encontradas nas fezes. Foi determinada a seleção de matéria seca, matéria orgânica, proteína bruta e fibra em detergente neutro. Os níveis de concentrado foram explorados por análise de regressão para cada período estudado. A suplementação energética proporcionou efeito ($P < 0,05$) linear decrescente em todos os períodos, para cada 1% de suplemento ofertado houve uma redução de 0,04% na seleção de matéria seca e redução de 0,02% para matéria orgânica. Esse resultado pode caracterizar um efeito substitutivo, fato que ocorre com animais a pasto recebendo suplementação. A menor seleção da matéria orgânica, principal fonte de energia do pasto, foi compensada pela energia contida no suplemento. A seleção de proteína bruta foi influenciada ($P < 0,05$) pela suplementação, sendo que, no período chuvoso e seco, foi observado comportamento quadrático, já no período de transição não foi observado efeito ($P > 0,05$). A seleção de fibra em detergente neutro não sofreu efeito ($P > 0,05$) no período chuvoso e de transição. Contudo, no período seco, houve efeito ($P < 0,05$), sendo observado comportamento linear decrescente, provavelmente pela menor seleção de matéria seca observada neste período. A suplementação concentrada reduz a seleção de nutrientes do pasto nativo podendo ser uma alternativa de conservação da Caatinga.

Keywords: Conservação. Pastagem nativa. Ovelha. Suplementação energética.

Agradecimentos: À Funcap, CNPq, Capes e Embrapa pelo suporte técnico e financeiro na execução do experimento.

Seleção de plantas com potencial forrageiro na Caatinga por ovinos deslançados pela técnica microhistológica

Alex dos Santos Rodrigues Junior^{*1}
Elomir Brito Mourão¹
Luciana Freitas Guedes²
Clésio dos Santos Costa³
Francisco Gleyson da Silveira Alves³
Shirlenne Ferreira da Silva³
Alexandre Ribeiro Araújo¹
Marcos Cláudio Pinheiro Rogério²

Os pequenos ruminantes têm por característica alta seletividade e boa flexibilidade alimentar, adaptando o consumo às diferentes espécies de gramíneas ou herbáceas, modificando constantemente a preferência alimentar de acordo com a disponibilidade florística conforme meses do ano. Objetivou-se avaliar a composição botânica selecionada por ovinos mantidos em pasto nativo da Caatinga, a partir da microhistologia. As coletas das amostras de material forrageiro da área de pastejo e de fezes ocorreram durante 15 dias em cada período (chuva, transição e seca) em três anos consecutivos (2015-2017). A coleta de plantas baseou-se na observação e acompanhamento do hábito alimentar dos animais. Para confecção das lâminas vegetais e fecais, as amostras foram trituradas durante um minuto em liquidificador. Filtrou-se

¹ Universidade Estadual Vale do Acaraú, Sobral-CE, Brasil.

² Embrapa Caprinos e Ovinos, Sobral-CE, Brasil.

³ Universidade Federal do Ceará, Fortaleza-CE, Brasil.

* alex56rodrigues@gmail.com

o material em peneira de malha 1,105 mm. Confeccionaram-se duas lâminas para cada vegetal e animal. Registraram-se fotograficamente as estruturas encontradas nas lâminas vegetais e fecais. Com as estruturas morfológicas encontradas nas lâminas vegetais, formou-se um banco de imagens referências para comparação com as estruturas encontradas nas lâminas fecais. A classificação do grau de seletividade das plantas foi determinada seguindo a equação: Baixa preferência \leq Mediana - PS e plantas de alta preferência $>$ Mediana + 1PS, onde Mediana representa a mediana das frequências e é calculada pela equação $(Q1 + Q3)/2$, sendo Q1 e Q3 o primeiro e terceiro quartis, respectivamente, os quais delimitam 25% de cada extremidade da distribuição, e PS é o pseudo-sigma, sendo calculado pela equação $IQR/1,35$, onde o IQR é a diferença interquartilica ($Q3-Q1$). Observou-se que, das espécies disponíveis na área avaliada durante o período chuvoso, as mais selecionadas pelos ovinos foram a leguminosa Estilosantes (*Stylosanthes humilis*), as gramíneas Grama seda (*Cynodon dactylon*), Grama touceira (*Paspalum paniculatum*) e Barba de bode (*Melochia tomentosa* L.), seguidas de outras espécies. Já no período de transição, houve maior seleção pela gramínea Barba de bode, pela leguminosa Sabiá (*Mimosa caesalpinifolia*), pelas dicotiledôneas Ervanço (*Alternanthera brasiliana*) e Cabeça branca (*Alternanthera tenella* Colla), seguidas de outras espécies. No período da seca, a maior procura foi por capim Panasco (*Aristida adscensionis*), pela leguminosa Sabiá, seguida do Marmeleiro (*Croton sonderianus*) e outras espécies. No período chuvoso, a preferência é por gramíneas (38,3%) e, na transição, por dicotiledôneas herbáceas (38,78%). No período seco, a seleção foi maior para gramíneas, seguidas de leguminosas e outras espécies.

Palavras-chave: Aceitabilidade. Composição botânica. Pasto nativo. Semiárido.

Agradecimentos: À Funcap, CNPq, Capes e Embrapa pelo suporte técnico e financeiro na execução do experimento.

Spectral behavior of two fragments of natural pastures through sentinel-2 images

Leonardo Fiusa de Moraes^{*1}
Ana Clara Rodrigues Cavalcante²
Deodato do Nascimento Aquino³
Ellen da Costa Gomes¹
Franciely de Oliveira Costa¹
Carlos Alexandre Gomes Costa¹
Magno José Duarte Cândido¹

There are many factors that limit the accuracy of remote sensing tools in the studies of pastoral ecosystems, and the spectral resolution of the sensor is a basic condition when considering the variability of the analyzed canopy. The Sentinel-2 mission comprises a constellation of two satellites that is intended to monitor the Earth's surface. The objective in this study was to verify the spectral behavior of two fragments of natural pastures located in Tauá-CE, during the dry and rainy season of 2018. One fragment was chosen referring to a thinned pasture and another one referring to a preserved pasture, both located in Cachoeirinha, Tauá-CE. To obtain the map, the area was delimited through control points, which were identified and georeferenced with a Garmin etrex-10 navigation GPS. The images used were obtained from the USGS (United States Geological Survey) on the Earth Explorer platform. The images of the sentinel-2 satellite were used through the bands B2 (Blue),

¹ Universidade Federal do Ceará, Fortaleza-CE, Brasil.

² Embrapa Caprinos e Ovinos, Sobral-CE, Brasil.

³ Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária, Fortaleza-CE, Brasil.

* leonardofiusa@yahoo.com.br

B3 (green), B4 (red), B8 (near infrared), B11 (medium infrared 1) and B12 (medium infrared 2) of the MSI multispectral sensor, with a spatial resolution of 10 m and temporal resolution of 5 days, with images representing the rainy season (May) and dry period (September) of 2018. Atmospheric correction of the images was performed from the SCP routine (Semi-Automatic Classification Plugin) of the QGIS free software (version 2.18). The conserved pasture presented a spectral response of the band B2 of 6.7% (dry) and 4.5% (rainy), while for the B4 band it presented a reflectance of 13.1% (dry) and 7.9% (rainy). There were higher reflectances of the B8 band, with values of 22.2% (dry) and 23.1% (rainy), but they did not differ statistically ($p > 0.05$), while the thinned pasture showed lower reflectances of B2 of 5.6% and 4.2% (rainy), and of the B8 band, values of 19.8 and 18.0% for dry and rainy periods, respectively, when compared to the preserved pasture. Higher reflectance was observed in band B3 (8.6%), B11 (38.4%) and B12 (25.0) during the dry period. The highest reflectances in band B8 in conserved areas occurred due to the fact that the canopy surface of the woody component was more vigorous in this ecosystem, and areas of abundant vegetation reflect the infrared more. The spectral behavior is a useful tool in the studies of pastoral ecosystems, since it was possible to distinguish the variability between the pasture fragments studied.

Keywords: Wave length. Pasture management. Reflectance. Remote sensing.

Acknowledgements: To Capes, for financing the Project and for providing the scholarship.

Structural characteristics and biomass components of tierra-verde bermudagrass (*C. dactylon*) under three growth ages in intensive management

Clemente Fernandes dos Santos Neto*¹
Eulalia Josefina Contreras Méndez
Theyson Duarte Maranhão
Samuel Rocha Maranhão
Diego Sousa Amorim
Rafael Nogueira Furtado
Marcos Neves Lopes
Magno José Duarte Cândido

With the increasing search for new cultivars of grasses responsive to the different production systems, technical-scientific evaluations regarding the structural characteristics and total production of these cultivars become essential, in order to recommend a practical management. Thus, the objective of this study was to evaluate the structural characteristics and biomass components of tierra-verde grass in four growth ages, in an intensive system. The experiment was carried out at the Forage Crop Teaching and Studies Center at the Animal Science Department of the Agricultural Sciences Center at Federal University of Ceará – NEEF/DZ/CCA/UFC, located in Fortaleza / CE. The treatments consisted of four growth ages (08, 12, 16 and 20 days) in a complete randomized blocks design, with three replications. The experimental area consisted of nine plots of 5x2.5 m each. Using a retractable measuring rod and a

¹ Universidade Federal do Ceará, Fortaleza-CE, Brasil.
* clementefernandes14_@hotmail.com

frame of 0.25x0.25 m, structural characteristics and biomass flow were evaluated every 4 days. The average height of the canopy (H), tiller population density (TPD), total forage biomass (TFB), dead forage biomass (DFB), green stem biomass (GSB), green leaf blade biomass (GLBB), and the leaf blade / stem ratio (LB/S) were obtained. The leaf area index (LAI) was also estimated by the destructive method, using a wood frame with checkered glass coated sheet (0.04 m²). To obtain the pre-dried matter, a forced ventilation oven was used at 55 °C. The data were submitted to regression and variance analysis and the means were compared by the Tukey's test at 5% of probability. The average height of the canopy and the GLBB increased ($P < 0,05$) up to 16 days, remaining constant ($P > 0,05$) between 16 and 20 days. TFB and GSB presented higher yields at 20 days. The LB/S ratio decreased ($P < 0,05$) over the ages, presenting a mean of 1.15 at 16 days, when it was observed the beginning of DFB appearing. LAI increased ($P < 0,05$) up to 12 days, remaining constant ($P > 0,05$) in the other ages. TDP remained constant ($P > 0,05$) over the ages with average of 2412 tillers/m². The terra-verde grass should be managed with 16 days old, resulting in better structural characteristics and avoiding losses due to senescence.

Keywords: Cultivar. Production. Senescence.

Acknowledgements: To Capes for granting the scholarship and NEEF for the support and availability of the physical space.

Use of surface active remote sensor for monitoring of grazing intensity in Tamani grass

Marcos Neves Lopes*¹
Emanoella Karol Saraiva Otaviano¹
Antônia Flávia Fernandes Torres¹
Bruno Bizerra do Nascimento¹
Bárbara Silveira Leandro de Lima¹
Jefte Arnon de Almeida Conrado¹
Theyson Duarte Maranhão¹
Magno José Duarte Cândido¹

The strict monitoring of the residual pasture condition is fundamental to the success of grazing management, as the persistence and vigor of regrowth in the later cycles reflect the leaf component participation in the remaining forage biomass and the reserves in the stem base and in the roots. Thus, studies that define applied technologies at the property level of grazing intensity monitoring should be performed for different forage plants. The objective in this study was to evaluate the efficiency of the normalized difference vegetation index (NDVI) measured by the GreenSeeker sensor in the monitoring of grazing intensity in *Megathyrsus maximus* cv. Tamani irrigated and fertilized, with nitrogen level equivalent to 600 kg ha⁻¹ year⁻¹. Different grazing intensities were studied, which were defined in the residual leaf area index (rLAI) of 1.0; 1.5; 2.0 and 2.5. The following variables were recorded in each rLAI: NDVI, interception of photosynthetically active radiation (IPAR)

¹ Universidade Federal do Ceará, Fortaleza-CE, Brasil.

* nevesvv@yahoo.com.br

and residual height (rH). A completely randomized design with eight replications was used. The NDVI was estimated with Greenseeker sensor. The rLAI and IPAR variables were estimated with PAR-LAI in agriculture analyzer. The rH was measured with retractable graduated rod. The data of rLAI, IPAR and rH data as a function of NDVI were tested for goodness of fit for linear and polynomial models. There was a positive linear relationship between NDVI and rLAI ($rLAI = -1.751 + 5.264^{***}NDVI$; $R^2 = 0.842$, $P < 0.001$), between NDVI and IPAR ($IPAR = -12.05 + 95.31^{***}NDVI$ ($R^2 = 0.873$, $P < 0.001$) and between NDVI and residual height ($rH = -3.309 + 29.68^{***}NDVI$, $R^2 = 0.695$, $P < 0.001$). In rLAI of 1.0 and 1.5 were estimated for NDVI values of 0.52 and 0.62, respectively. In the residual conditions that provided NDVI of 0.52 and 0.62, IPAR estimates of 38 and 47% were found, respectively; and rH of 12 and 15 cm, respectively. The high degree of goodness of fit of the models in the estimates of the rLAI ($R^2 = 0.842$) and the IPAR ($R^2 = 0.873$) as a function of the NDVI values, demonstrates the close correlation of these indexes with the NDVI measurements obtained through the Greenseeker sensor. The monitoring of NDVI by sensor Greenseeker is presented as a valuable tool in the monitoring of grazing intensity in a practical and fast way that can be adopted in the definition of the end of the grazing period in tamani grass.

Keywords: Normalized difference vegetation index. Grazing management. *Megathyrsus maximus*. Pasture remote sensing.

Acknowledgements: To the Núcleo de Ensino e Estudos em Forragicultura – NEEF/DZ/CCA/UFC.

Uso de *Lactobacillus buchneri* reduz perdas em silagens de milho

Amanda Caroliny Marques de Queiroz*¹
Rita de Cássia Almeida de Mendonça¹
Melany Simões de Souza¹
Juliana Lopes Ferreira¹
Camilo Guimarães Rodrigues Cruz¹
Juliana Schuch Pitirini¹
Aníbal Coutinho do Rêgo¹
Thiago Carvalho da Silva¹

A silagem de milho é um dos principais volumosos utilizados na alimentação de ruminantes. Devido às suas características fermentativas e químicas, é um alimento extremamente susceptível a deterioração aeróbia. Dessa forma, uma alternativa capaz de controlar perdas no desabastecimento de silos é o uso de inoculantes microbianos. Objetivou-se determinar o efeito da inoculação sobre os valores de pH, teor de nitrogênio amoniacal (N-NH₃), perdas por efluentes (PE) e matéria seca (PMS) de silagens de milho armazenadas por 120 dias. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado com quatro tratamentos: silagem de milho sem inoculante; silagem de milho inoculada (1x10⁵ ufc g⁻¹ de forragem) com *Lactobacillus plantarum* + *Lactobacillus buchneri* (LPLB); ou *Lactobacillus plantarum* + *Propionibacterium acidipropionici* (LPPA); ou *Lactobacillus buchneri* (LB),

¹ Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém-PA, Brasil.

* amandaqueiroz201318@gmail.com

com vinte repetições. A lavoura de milho foi cultivada no município de Paragominas/PA, caracterizado com clima do tipo Aw1. O milho foi colhido com teor de matéria seca (MS) em torno de 32,5%. As silagens foram confeccionadas em minissilos experimentais (baldes plásticos com capacidade de 15 litros), onde foram colocados 9 kg de massa de forragem a fim de atingir densidade de 600 kg m⁻³. No fundo dos minissilos, foi colocada areia para caracterização das PE. Os dados foram submetidos à análise de variância, e as médias foram comparadas por meio do teste “Tukey” ao nível de 5% de probabilidade. Silagens inoculadas com LB tiveram menores ($P < 0,01$) valores de pH (3,9). Os teores de N-NH₃ foram maiores (5,9% nitrogênio total) nas silagens de milho sem inoculantes ($P < 0,01$). Entretanto, todas as silagens apresentaram teor de N-NH₃ abaixo de 7%, provavelmente devido à baixa proteólise nas silagens. As silagens inoculadas com LPLB e LB apresentaram menores perdas de MS (135,0 g kg⁻¹ de MS). As silagens sem inoculantes apresentaram maiores PMS (167,0 g kg⁻¹ de MS). Essas perdas podem estar associadas ao aumento na atividade de microrganismos deterioradores que convertem nutrientes em CO₂. As silagens inoculadas com LB apresentaram menor PE, isso pode estar associado à baixa PMS em relação à silagem não inoculada. As PE nas silagens sem inoculante foram semelhantes (4,02 g kg⁻¹ de MS) às inoculadas com LPLB (3,10 g kg⁻¹ de MS) e diferente das demais que foram inoculadas com LPPA e LB, apresentando valores de 1,07 e 0,51 g kg⁻¹ de MS, respectivamente. As silagens de milho inoculadas com LB apresentaram menores perdas fermentativas em relação às silagens não inoculadas.

Palavras-chave: Inoculante microbiano. *Lactobacillus plantarum*. *Propionibacterium acidipropionici*.

Vegetation index in pastures of tamani grass under nitrogen doses and grazing intensities

Antônia Flávia Fernandes Torres*¹
Emanoella Karol Saraiva Otaviano¹
Bruno Bizerra do Nascimento¹
Bárbara Silveira Leandro de Lima¹
Rodolfo Artur Alves Guedes¹
Leydiane Bezerra de Oliveira¹
Marcos Neves Lopes¹
Magno José Duarte Cândido¹

The normalized difference vegetation index (NDVI) is a tool that can be used for the monitoring of pastures, mainly because it correlates with different production variables. The objective in this study was to evaluate the NDVI in pastures of tamani grass (*Megathyrsus maximus* cv. Tamani) under different nitrogen doses and grazing intensities. The experiment was carried out at the Center for Teaching Studies in Forage Crops of the Federal University of Ceará-NEEF/DZ/CCA/UFC, in Fortaleza (CE), during September and October of 2018. A completely randomized design was used in a 3x2 factorial arrangement, being three nitrogen doses (0, 300 and 600 kg N ha⁻¹year⁻¹) and two residual Leaf Area Indexes (rLAI), 1.0 and 1.5, with eight replicates. The evaluations were carried out using a surface remote active optical sensor Greenseeker® to obtain the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), which is used to estimate the production and nutritional quality of the

¹ Federal University of Ceará, Fortaleza-CE, Brazil.

* flaviaftorres@outlook.com

pasture based on the amount of chlorophyll in the leaves. The readings were performed at a mean height of 70 cm from the top of the canopy, where a displacement in the plot was done while the sensor quantified the means. The data were submitted to analysis of variance by the F test and, when significant the averages were compared by the Tukey's test at 5% of probability, to evaluate the effect of grazing intensities. In addition, regression analysis was performed to evaluate the effects of the nitrogen doses. No interaction ($P > 0.05$) was observed between the doses of N and rLAI. Based on the equation obtained for the nitrogen doses and NDVI values: $NDVI = 0.496042 + 0.000194***N$ it is possible to observe the increasing linear effect with the increase of the nitrogen dose, where with a dose of $300 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$, the tamani grass presented a NDVI value of 0.55, while with $600 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$, a NDVI value of 0.66 was found, which means that the greater the availability of nitrogen to the plant the higher is the accumulation in plant tissues, which also reflects the increase in biomass production. For a rLAI of 1.0 and 1.5 the observed NDVI values were 0.52 and 0.59, respectively. Based on the results obtained, it is inferred that with the increase of the nitrogen doses and residual leaf area indexes of the pasture, the greater will be the amount of green materials present in the area, resulting in the higher values of NDVI found.

Keywords: Greenseeker®. Normalized Difference Vegetation Index. Remote sensing.

Acknowledgements: This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brazil (Capes) – Finance Code 001 and Center for Teaching Studies in Forage Crops of the Federal University of Ceará – NEEF/DZ/CCA/UFC.

Visite nosso site:
www.imprensa.ufc.br



[Versão digital](#)

Imprensa Universitária da Universidade Federal do Ceará - UFC
Av. da Universidade, 2932 - Benfica
CEP.: 60020-181 - Fortaleza - Ceará - Brasil
Fone: (85) 3366.7485 / 7486
imprensa@proplad.ufc.br

O V Simpósio de Metodologias Aplicadas a Ecossistemas Pastoris Semiáridos – ECOARIDO foi idealizado para fomentar uma rede de pesquisadores nacionais e internacionais comprometidos em buscar soluções para a problemática da produção em regiões semiáridas; difundir recursos tecnológicos; atualizar e redirecionar linhas de pesquisas e projetos científicos; bem como disseminar a importância da modelagem como ferramenta para o planejamento e direcionamento de ações individuais e políticas públicas voltadas para regiões com vulnerabilidade climática. Integram os anais do evento palestras abordando diversas temáticas relevantes para as regiões semiáridas, como modelagem aplicada a ecossistemas terrestres, fisiologia de pastagens, modelagem estocástica, sistemas de alerta precoce, sensoriamento remoto, uso de programas computacionais na modelagem de ecossistemas pastoris e estimativas de produção e consumo de forragem. O evento contou ainda com a apresentação de trabalhos científicos desenvolvidos em regiões semiáridas, compilados e ora presentes nestes anais.



ISBN 978-65-88492-63-5



9 786588 492635