



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA
CURSO DE AGRONOMIA

FRANCISCO THIAGO DE ALBUQUERQUE ARAGÃO

**CONSÓRCIO DE FEIJÃO CAUPI COM CAPIM PANICUM MAXIMUM SOB
LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO E ÉPOCAS DE TRANSPLANTIO.**

FORTALEZA

2016

FRANCISCO THIAGO DE ALBUQUERQUE ARAGÃO

**CONSÓRCIO DE FEIJÃO CAUPI COM CAPIM PANICUM MAXIMUM SOB
LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO E ÉPOCAS DE TRANSPLANTIO.**

Monografia apresentada ao Curso de Agronomia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, como parte das exigências da disciplina Atividade Supervisionada para obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. Thales Vinicius de Araújo Viana.

FORTALEZA

2016

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca de Ciências e Tecnologia

-
- A671c Aragão, Francisco Thiago de Albuquerque.
 Consórcio de feijão caupi com capim *Panicum maximum* sob lâminas de irrigação e épocas de
transplântio / Francisco Thiago de Albuquerque Aragão. - 2016.
 54 f. : il. color.
- Monografia (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias,
Departamento de Engenharia Agrícola, Graduação em Agronomia, Fortaleza, 2016.
 Orientação: Prof. Dr. Thales Vinicius de Araújo Viana.
1. Estresse hídrico. 2. Consorciação de cultivos. 3. Feijão - Cultivo. 4. Pastagens. I. Título.

FRANCISCO THIAGO DE ALBUQUERQUE ARAGÃO

**CONSÓRCIO DE FEIJÃO CAUPI COM CAPIM PANICUM MAXIMUM, SOB
LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO E ÉPOCAS DE TRANSPLANTIO.**

Monografia apresentada ao Curso de Agronomia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, como parte das exigências da disciplina Atividade Supervisionada para obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Aprovada em: 03, 02 2016

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Thales Vinicius de Araújo Viana (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Francisco Marcus Lima Bezerra
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Msc. Christlene Nojosa Dias
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Aos meus pais, meu principal motivo por estar aqui, por me apoiarem, por me incentivarem, por todo o suporte dado e pelos conselhos, consolos, conversas e incentivos, durante toda essa caminhada.

AGRADECIMENTO

À Deus, por está sempre ao meu lado, não me desamparando nos momentos em que mais preciso, fonte de amor e sabedoria, minha proteção.

À minha mãe Maria Santíssima, por sempre me proteger de todos os perigos e me guiar pelo caminho do bem.

Ao CNPq, pelo apoio financeiro com a manutenção da bolsa de auxílio.

À Universidade Federal do Ceará, pela oportunidade e pela infraestrutura para realização deste curso.

Aos meus pais, Chagas e Cristina, o motivo o qual estou aqui, por todo amor e dedicação que sempre tiveram comigo.

À Maria Edirane, por todo seu amor materno para comigo, por me criar e me dá tanto amor.

Aos meus avós Maria do Socorro (*In Memoriam*), Raimundo Alberto, Maria Neuma e Manoel por todo amor e carinho a mim dedicados.

À todos os meus familiares, em especial ao meu tio Jorgelanio (*In Memoriam*), por todo suporte dado enquanto aqui na terra.

À minha tia, Maria da Conceição, que mesmo com a distância, se faz presente em todos os momentos de minha vida.

Ao Prof. Dr. Thales Vinicius de Araújo Viana, pela excelente orientação e exemplo de profissional.

Ao Prof. Dr. Francisco Marcus Lima Bezerra, por aceitar ser membro da minha banca e por todo conhecimento a mim transmitido durante a graduação.

Aos Msc. Christlene Nojosa e Régis Santos por todo apoio, co-orientação, conselhos e por tornar a escrita desse trabalho possível.

Aos Msc. Júlia Medeiros, Ítalo Oliveira e Robevânia Borges pelo tempo, pelas valiosas colaborações e sugestões.

As amigas Keivia Lino e Patrícia Alcântara, por toda ajuda durante a execução deste trabalho.

Ao grande amigo Tiago Cavalcante, pela valiosa contribuição durante as fases experimentais deste trabalho, por toda ajuda e dedicação.

À Engenheira Agrônoma Laís Monique, por toda ajuda, pela indicação e apresentação ao meu orientador.

Aos bolsistas de iniciação científica, Samuel de Sousa e Maiara Pereira, por estarem presentes durante a condução do experimento, ajudando sempre que preciso.

Aos amigos Danyelle Mauta, Amanda Pinheiro, Joyce Cristine, Camila Castro, Daniele Varelo, Fernanda Helena, Ingrid Pinheiro, Cecília Barreto, Renata Araújo, Vinicius Bittencourt, Adriana Celentano, Clice Mendonça, Marcelo Silva, Tiago Rodrigues, Elaine Silva e Iorrana Gomes que fizeram parte da minha historia, estiveram sempre comigo durante a graduação, compartilhando momentos de alegria, de tristeza e de vitória.

Ao Laboratório de Análise de sementes do estado do Ceará, em especial aos amigos Gina Karolli e Alexandre Nunes, por todo conhecimento a mim transmitido durante minha estadia como estagiário.

Aos funcionários da estação agrometeorológica, Dona Marilac, Weverton e Ricardo pela prontidão e ajuda, sempre que necessário.

Aos professores Patrik Pastori, Ricardo Romero, Thiago Osório, Carmem Dolores, José Carlos, Patrícia Lima e Rosimeyre Melo, por terem marcado minha graduação devido seu amor pela profissão.

À família que formei aqui em Fortaleza, Carmem, Natália e Gabriella. Obrigado por estarem sempre presentes na minha vida.

À Conceição de Maria, Kayline Macêdo e Sabryna Britto, que mesmo distantes sempre encontram uma maneira de demonstrar que estão presentes.

Ao melhor amigo Diego de Vasconcelos pela convivência nesses 7 anos de amizade, pela paciência, conselhos, ajuda e prontidão.

À todos que de alguma forma contribuíram para elaboração deste trabalho minha vitória acadêmica.

“O Senhor Deus colocou o homem no jardim do Éden para cuidar dele e cultivá-lo”

Gênesis 2:15

RESUMO

Com o crescente aumento da demanda por alimentos e matéria prima e a continua redução de áreas aptas ao desenvolvimento da agropecuária, a otimização dos espaços se faz necessária para que se possa continuar produzindo. E uma das alternativas mais viáveis é a integração lavoura-pecuária, na qual o produtor pode realizar consórcio entre diferentes espécies, como por exemplo entre o feijão de corda e o capim BRS Zuri para uso como forragem por cabras leiteiras. Para isso, e sabendo que o crescimento do capim é mais rápido que o do feijão, o objetivo principal desse trabalho foi buscar o momento ideal para o transplântio do capim e a lâmina de irrigação adequada para a obtenção de boa produção de ambas as espécies, visando maximizar a produção de grãos de feijão para o consumo humano e de forragem para o consumo animal. Em consequência, realizou-se experimento de campo em Fortaleza na área experimental da estação Agrometeorológica. O delineamento utilizado foi em blocos ao acaso com parcelas subdivididas (Split-plot), com três repetições. As parcelas foram compostas por 5 lâminas de irrigação, equivalentes a 0,25; 0,50; 0,75; 1,0 e 1,25 vezes a evaporação da água medida no tanque Classe “A” (ECA) e as subparcelas constituídas pelo momento de transplântio do capim (no momento da emergência do feijão, EF; 5 dias após a emergência do feijão DAEF; 10 DAEF; e 20 DAEF). A fim de se avaliar os efeitos dos diferentes tratamentos, foram determinadas as variáveis produtividade de grãos do feijão e massa fresca do feijão, do capim e do consórcio. Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) pelo teste F a 1 e 5% de probabilidade e verificados quanto sua normalidade através do teste de Shapiro-Wilk (W). Quando denotado efeito significativo, os dados foram submetidos à análise de regressão. Através dos resultados obtidos pode-se concluir que: caso, o agropecuarista priorize a produção de matéria fresca do capim o mesmo deve optar pela inserção do capim logo após a emergência do feijão e irrigar o consórcio com uma lâmina equivalente a 1,16 vezes a evaporação medida no tanque classe A; se a prioridade é a produção de grãos de feijão, o produtor deve utilizar uma lâmina equivalente a 1,50 vezes a ECA com inserção do capim aos 20 dias após a emergência do feijão, obtendo assim uma produtividade de 2.820,9 kg h⁻¹; Ao se priorizar a produção total de forragem (capim + feijão) para cabras leiteiras o agropecuarista deve optar pela maior lâmina de irrigação disponível dentro do limite estudado (1,25 vezes ECA) e realizar a inserção do capim aos 20 DAEF, obtendo assim um maior peso de fitomassa fresca;

Palavras-chave: Estresse hídrico. Evapotranspiração. Irrigação localizada.

ABSTRACT

With the increasing demand for food and raw materials and the continued reduction of potential areas for development of agriculture, optimization of space is needed so that we can keep producing. And one of the most viable alternatives is the crop-livestock integration, in which the operator can perform consortium between different species, such as between the string bean and grass BRS Zuri for use as fodder for dairy goats. For this, and knowing that the grass growth is faster than the beans, the main objective was to seek the ideal time for the grass transplanting and appropriate irrigation depth to obtain good production of both species, to maximize the production of beans for human consumption and fodder for animal consumption. As a result, it held its field experiment in Fortaleza in the experimental area of the weather station. The design was a randomized block design with split plots (split-plot), with three replications. The plots were composed of five irrigation levels, equivalent to 0.25; 0.50; 0.75; 1.0 and 1.25 times the evaporation of water in the tank as Class "A" (ECA) and the subplots recognized at the time of the grass transplanting (at the time of bean emergence, EB, 5 days after bean emergence DABE; 10 DABE, and 20 DABE). In order to evaluate the effects of the different treatments were determined variables productivity bean grains and fresh bean weight of the grass and the consortium. The data of variables were subjected to analysis of variance (ANOVA) by F test at 1 and 5% probability and checked for normality by the Shapiro-Wilk test (W). When denoted significant effect, data were submitted to regression analysis in order to find the equation that best express the relationship between the variables studied and applied treatments. The results obtained can be concluded that: if the agropecuarista prioritize the production of fresh weight of grass it must opt for insertion of grass just after the emergence bean and irrigate the consortium with a blade equivalent to 1.16 times the evaporation measured in class A tank; if the priority is the production of beans, the producer must use a blade equivalent to 1.50 times the ECA with insertion of grass at 20 days after germination of beans thereby obtaining a yield of 2820.9 kg h⁻¹; To prioritize the production of forage (grass + beans) in dairy goats, agropecuarista opt for greater water depth within the studied range (1.25 times the ECA) and make the grass insertion 20 DAEB.

Keywords: Water stress. Evapotranspiration. Drip irrigation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Vista geral da área experimental.	25
Figura 2 – Imagens ilustrativas da cultivar BRS Marataoã.....	28
Figura 3 – Imagens ilustrativas da cultivar BRS Zuri.....	29
Figura 4 – Croqui representando a distribuição de tratamentos na área experimental.	29
Figura 5 – Diferentes gotejadores utilizados nas linhas laterais	30
Figura 6 – Dimensionamento do volume do vaso para o cálculo da adubação.	33
Figura 7 – Pesagem de adubos em balança de precisão.....	34
Figura 8 – Mudanças de capim BRS Zuri em bandejas de polietileno expandido.	35
Figura 9 – Produção de fitomassa fresca do feijão quando submetido a lâminas de irrigação, em diferentes épocas de transplante do capim. Fortaleza, Ceará, 2016.....	41
Figura 10 - Fitomassa fresca do capim em função de diferentes lâminas de irrigação, Fortaleza, Ceará, 2016.....	42
Figura 11 – Peso da fitomassa fresca do capim em função de diferentes épocas de transplante do mesmo, Fortaleza, Ceará, 2016.	44
Figura 12 – Variação de fitomassa fresca total (feijão + capim), submetidas a diferentes lâminas de irrigação e em diferentes épocas de inserção do capim..	45
Figura 13 – Variação da produtividade de grãos do feijão, submetido a lâminas de irrigação em diferentes épocas de transplante do capim.....	47

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Médias meteorológicas observadas durante a condução do experimento.....	26
Tabela 2 – Atributos físicos do argissolo vermelho amarelo utilizado no experimento.....	26
Tabela 3 – Atributos químicos do do argissolo vermelho amarelo utilizado no experimento.....	27
Tabela 4 – Recomendação de adubação e quantidades de fertilizante utilizadas.	33
Tabela 5 – Resumo da análise de variância para os dados das variáveis analisadas.	40

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
2 REVISÃO DE LITERATURA	17
2.1 A integração lavoura - pecuária	17
2.2 A cultura do feijão – caupi (<i>Vigna unguiculata</i> L.)	18
2.2.1 Clima	19
2.2.2 Solos	20
2.2.3 Características botânicas e fisiológicas	20
2.3 O capim <i>Panicum maximum</i>	21
2.3.1 Cultivas BRS Zuri	22
2.4 A irrigação no semiárido	23
3. MATERIAL E MÉTODOS	25
3.1 Localização e caracterização da área experimental	25
3.2 Clima	25
3.3 Solo	26
3.4 Água	27
3.5 Culturas	27
3.5.1 Feijão BRS Marataoã	27
3.5.2 Capim BRS Zuri	28
3.6 Delineamento experimental e tratamentos	29
3.7 Preparação da área experimental	30
3.7.1 Montagem do sistema de irrigação	30
3.7.2 Adubação	33
3.8 Semeadura e desbaste	34
3.9 Manejo da irrigação	35
3.10 Controle fitossanitário e plantas infestantes	37
3.11 Variáveis analisadas	38
3.11.1 Teor de fitomassa fresca do feijão e do capim	38
3.11.2 Teor de fitomassa fresca total (Feijão + Capim)	38
3.11.3 Produtividade de grãos do feijão	38
3.12 Análises estatísticas	39
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	40

5 CONCLUSÕES	48
REFERÊNCIAS	49

1. INTRODUÇÃO

O pequeno produtor da região semiárida nordestina tem como suas principais atividades a agricultura e a pecuária de subsistência, que se caracterizam pela utilização de métodos tradicionais de cultivo e de criação de animais. Essas atividades vêm sofrendo uma série de fatores que tem dificultado suas execuções e a obtenção de bons índices de produtividade; dentre eles destacam-se os solos de baixa fertilidade ou pouco apropriados para estas atividades, devido a características como ocorrência de pedregosidade, pouca profundidade, problemas ocasionados pelo mau manejo do solo causando degradação, além da baixa precipitação, distribuição irregular das chuvas e baixa produção de fitomassa destinada a alimentação animal.

Com o crescente aumento da demanda por alimentos e matéria prima e a redução cada vez maior de áreas aptas ao desenvolvimento da agropecuária, a otimização dos espaços se faz necessária para que se possa continuar produzindo. E uma das alternativas mais viáveis é a integração lavoura-pecuária, na qual o produtor pode realizar consórcio entre diferentes espécies e assim produzir para o consumo próprio e também para a alimentação animal.

Na agricultura de subsistência entre os principais produtos cultivados nas propriedades estão o milho, o arroz, o feijão e a mandioca. Dentre esses, na região semiárida destaca-se o feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp), por ser um grão rico em proteínas, em fibras, em minerais e também por possuir características de resistências às condições da região e por apresentar produção precoce, quando comparado a outros grãos. Devido a esses fatores, a cultura é amplamente difundida no Nordeste, sendo cultivada tanto em condições de sequeiro, quanto em perímetros irrigados.

Além da produção agrícola, o pequeno agricultor geralmente também possui pequenas criações pecuárias, sendo necessário destinar parte de suas áreas para a alimentação animal. Nesses casos, comumente o produtor divide a área em piquetes, onde os animais pastejam de forma direta a forragem nativa e menos frequentemente a forragem cultivada, ficando aquele espaço destinado apenas para o pastejo.

A forragem nativa nem sempre consegue produzir uma quantidade satisfatória para alimentar o rebanho. Nesse contexto, o capim *Panicum maximum* se destaca por possuir uma elevada produção e alto valor nutritivo para os animais. É uma gramínea que se adapta bem ao clima e ao solo da região semiárida, podendo ser utilizada para pastejo direto ou na produção de forragem para a alimentação animal. Porém na agricultura de sequeiro, devido principalmente à irregularidade das chuvas, na maioria das vezes as plantas não conseguem

expressar seu potencial máximo de produção, assim o uso da irrigação torna-se importante para obtenção de rendimentos aceitáveis.

A utilização da irrigação é indispensável para se viabilizar a produção no semiárido nordestino. Porém, com o atual cenário de secas o qual a região vem passando, é imprescindível se otimizar o uso da irrigação, ofertando somente a quantidade de água necessária, para que não ocorra desperdício da mesma. Para isso, se faz preciso conhecer uma lâmina d'água que satisfaça as necessidades hídricas das culturas, principalmente em caso de consórcio.

Buscando uma otimização de espaço com o consórcio entre as duas espécies, e sabendo que o crescimento do capim BRS Zuri (*Panicum maximum*) é mais rápido que o do feijão BRS Marataoã (*Vigna unguiculata L*), o objetivo principal desse trabalho foi identificar o momento ideal para o transplante do capim e a lâmina de irrigação adequada para a obtenção de boa produção de ambas as espécies, visando maximizar a produção de grãos de feijão para o consumo humano e de forragem para o consumo animal.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 - Integração lavoura-pecuária

Na atualidade, vários desafios são impostos à agricultura, entre eles, a produção de alimentos em elevada quantidade e qualidade. Nesse sentido, a alternativa mais apropriada é a utilização de sistemas de produção que ocupem intensamente os recursos disponíveis nos agrossistemas e melhore simultaneamente a qualidade do solo (BALBINOT JUNIOR *et al.*, 2009)

Para agricultores de baixa renda com pequenas áreas para cultivo, maior atenção deve ser dada ao custo de produção e ao melhor uso da terra. Neste contexto, o consórcio de culturas, pode transformar-se numa prática de grande importância para a agricultura de subsistência (RAPOSO *et al.*, 1997). A integração lavoura-pecuária (ILP) pode ser inserida como um desses sistemas de produção, pois consiste de diversificação, rotação, consorciação e/ou sucessão das atividades de agricultura e de pecuária dentro da propriedade rural, de forma harmônica, constituindo um mesmo sistema, de tal maneira que há benefícios para ambas, aumentando a produtividade e reduzindo custos (ALVARENGA; NOCE, 2005).

Segundo Mohamed Sallen e Fisher (1993), a alternância entre as atividades é a principal responsável pelo aumento de produtividade na área. McKenzie *et al.* (1999), explicam que como benefício para a lavoura, a pastagem oferece melhoria da fertilidade do solo, melhor controle de plantas daninhas, quebra de ciclos de doenças e pragas quanto para pecuária, haverá um aumento na disponibilidade de alimentos de boa qualidade para os rebanhos, sejam durante o pastejo, ou para confecção de feno e silagem.

A rotação lavoura-pecuária aparece como sendo uma estratégia promissora para desenvolver sistemas de produção menos intensivos no uso de insumos e mais sustentáveis no tempo (ASSMANN *et al.*, 2004). Segundo Alvarenga e Noce (2005), os principais objetivos da ILP são recuperação ou reforma de pastagens degradadas, melhorar as condições físicas e biológicas do solo com a pastagem na área de lavoura, produzir pasto, forragem conservada e grãos na estação seca, diminuir a dependência por insumos externos e reduzir custos tanto na atividade agrícola, quanto na pecuária.

Para Andrade *et al.* (2003), um quesito fundamental para o sucesso do sistema é a escolha certa das espécies que o integrarão. No caso das espécies forrageiras, não basta que estas sejam tolerantes ao sombreamento, é necessário escolher espécies com boa capacidade produtiva, adaptadas ao manejo e ambientadas às condições edafoclimáticas da região onde

serão implantadas. A associação de leguminosas ao sistema, também é importante para aumentar a disponibilidade de nitrogênio ao ecossistema.

Myers e Robbins (1991) constataram uma redução na disponibilidade de nitrogênio no solo, em sistemas de pastagem não consorciadas com leguminosas, quando comparado a sistemas em consórcio com as mesmas. Resultados semelhantes foram encontrados por Binkley e Giardina (1997), porém em áreas de florestas plantadas com *Eucalyptus*, demonstrando assim, que em sistemas de consórcio, a utilização de leguminosas é um fator que contribui no sucesso da produção.

Segundo Bezerra *et al.* (2008), a principal vantagem dos cultivos associados em relação aos isolados é a melhor utilização dos recursos disponíveis de água, nutrientes e luz. Principalmente associações de gramíneas com leguminosas pelo fato de apresentarem complementaridade no uso dos fatores de produção. (RESENDE *et al.*, 1997).

2.2 – A cultura do feijão - caupi (*Vigna unguiculata* L.)

A cultura do feijão-caupi é de origem africana, a qual foi introduzida no Brasil na segunda metade do século XVI pelos colonizadores portugueses no Estado da Bahia e em seguida foi disseminado por todo o País (FREIRE FILHO, 1988).

Sua domesticação ocorreu nos sistemas agrícolas compostos pelo sorgo e milheto, que predominam nas regiões semiáridas do Oeste da África e se caracterizam por apresentar uma das maiores áreas de produção de feijão-caupi (SINGH *et al.*, 2002). Devido sua grande distribuição geográfica, adquiriu durante o decorrer do tempo vários nomes populares no Brasil, entre eles, feijão-macassa e feijão-de-corda, na região Nordeste; feijão-de-praia, feijão-da-colônia e feijão-de-estrada, na região Norte; feijão-miúdo, na região Sul (FREIRE FILHO; CARDOSO; ARAÚJO, 1983).

O feijão-caupi se apresenta como uma excelente fonte de proteínas (23-25% em média) e também todos os aminoácidos essenciais, carboidratos (62%, em média), vitaminas e minerais, além de possuir grande quantidade de fibras dietéticas, baixa quantidade de gordura (teor de óleo de 2%, em média) e não conter colesterol. (ANDRADE JUNIOR *et al.* 2002). Pelo seu alto valor nutritivo, sua rusticidade e baixa exigência hídrica, o feijão-caupi representa o alimento básico para as famílias de baixa renda do nordeste brasileiro, sendo também um dos principais grãos cultivados por famílias que praticam agricultura de subsistência (RIBEIRO *et al.*, 2002).

Sua produção mundial, possui uma média de 12,5 milhões de ha, sendo os principais produtores Nigéria, Niger e Brasil (QUIN, 1997). No Brasil, a maior parte da produção total é oriunda do sertão semiárido da região Nordeste e de pequenas áreas da Amazônia (MAIA, 1996). Os maiores produtores nacionais são os estados do Ceará, com produção média de 159.471 t ano⁻¹, seguido do Piauí com média de 58.786 t/ano, Bahia com 50.249 t ano⁻¹ e Maranhão com 35.213 t ano⁻¹, os quais também apresentam as maiores áreas plantadas (Levantamento Sistemático da Produção Agrícola – IBGE, 1993-2015).

2.2.1 Clima

Estudos sobre a fisiologia do caupi no Brasil são um pouco limitados, sendo a maioria das informações utilizadas, oriundas de trabalhos desenvolvidos em outros países. Entre os elementos de clima conhecidos, os que mostram maior influência no desenvolvimento da cultura, é precipitação e a temperatura do ar que, por intermédio do zoneamento de risco climático, permitem verificar a viabilidade e a época adequada para a implantação da cultura do feijão-caupi. Outros elementos do clima que influenciam no crescimento e desenvolvimento dessa cultura são: fotoperíodo, vento e radiação solar (RIBEIRO, 2002).

Quanto a temperatura, a cultura é de fácil adaptação a diferentes regiões, desde a latitude 40° N até 30° S, tendo uma boa adaptação tanto às terras altas como às baixas, no Oeste da África, na Ásia, na América Latina e na América do Norte (CARDOSO *et al.*, 2005). Bastos (1999) verificou que o bom desenvolvimento da cultura ocorre na faixa de temperatura de 20 a 35°C, também pôde observar que temperaturas noturnas menores que 20°C acarretavam um atraso na floração, retardando seu ciclo. Altas temperaturas prejudicam o crescimento e o desenvolvimento da planta de feijão-caupi, exercendo influência sobre o abortamento floral, número e comprimento de vagens e consequentemente, numero de grãos por vagem, diminuindo assim a produção, além de ocasionar fito-enfermidades quando relacionado à alta temperatura, com elevada umidade do ar. (CARDOSO *et al.*, 2005).

Com relação às exigências hídricas, o caupi necessita de uma precipitação mínima de 300 mm durante seu ciclo, para que se tenha uma produção satisfatória. São consideradas aptas para implantação da cultura sem auxílio da irrigação, aquelas regiões as quais a precipitação média anual, oscile entre 250 mm a 500 mm (FANCELLI E DOURADO NETO, 1997). Ellis *et al.* (1994) observaram em trabalho realizado na Austrália, que a ocorrência de rápidos déficits hídricos no período inicial do desenvolvimento da cultura pode estimular um

maior desenvolvimento do sistema radicular das plantas, porém, estresse hídrico próximo e anterior ao florescimento pode ocasionar severa retração do crescimento vegetativo, limitando a produção. Cordeiro *et al.* (1998) encontraram resultados semelhantes quanto ao estresse hídrico na cultura do feijão-caupi em trabalho desenvolvido no estado do Ceará, porém também observaram que a fase de enchimento de grãos é severamente prejudicada, quando submetida a estresse hídrico.

2.2.2 - Solos

O feijão-caupi, tem seu cultivo efetivo em praticamente todos os tipos de solos, com destaque nos Latossolos Amarelos, Latossolos Vermelho-Amarelos, Argissolos Vermelho-Amarelos e Neossolos Flúvicos. De maneira geral, a cultura se desenvolve em solos com teor de matéria orgânica regular, não compactados, leves e profundos, arejados e que sua fertilidade esteja de média a alta. No entanto, outras classes de solos como Latossolos e Neossolos Quartzarenicos que possuem baixa fertilidade também podem ser utilizados, quando corrigidos com aplicações de fertilizantes químicos e/ou orgânicos (CARDOSO, 2005).

2.2.3 – Características botânicas e fisiológicas

O feijão-caupi se caracteriza como planta herbácea anual, é propagada via sementes, possui autofecundação e sua taxa de alogamia é considerada muito baixa, suas flores são completas, possui um número de 5 pétalas de coloração branca, amarela ou violeta, que protegem os órgãos masculinos e femininos. Possui dez estames, o término do seu estilete é com o estigma recurvado, úmido e coberto de pelos, que possuem a finalidade de maior e melhor aderência dos grãos de pólen. Possui ovário estreito e alongado, em geral a antese ocorre nas primeiras horas da manhã, o que condiciona a ocorrência da polinização, que ocorre predominantemente por meio de insetos (TEÓFILO; MAMEDE; SOMBRA, 1999). Seu sistema radicular é classificado como pivotante, podendo atingir a profundidade de até 0,80 m e possui a capacidade de simbiose com bactérias e fungos, proporcionando a fixação biológica de Nitrogênio - FBN (MOUSINHO, 2005).

Araújo *et al.* (1981) afirmaram que o metabolismo fotossintético do feijão-caupi é classificado como C3, diferentemente das culturas do milho e sorgo. A planta apresenta dois tipos de hábitos de crescimento, sendo eles determinado e indeterminado, com predominância do genótipo indeterminado no Brasil. O genótipo indeterminado difere do determinado devido

o caule não produzir um número limitado de nós, crescendo mesmo após a emissão da inflorescência.

Existem quatro classificações diferentes quanto ao seu ciclo, podendo ser: ciclo superprecoce (onde em até 60 dias após a semeadura, a maturidade é atingida), ciclo precoce (o tempo para atingir a maturidade é entre 61 e 70 dias após a semeadura), ciclo médio (a maturidade ocorre entre 71 e 90 dias após a semeadura) e por fim ciclo tardio (onde a maturidade é atingida somente aos 91 dias após a semeadura) (FREIRE FILHO *et al.*, 2000).

2.3 - O capim *Panicum maximum*

Segundo Rocha (1991), o gênero *Panicum* abrange diversas plantas, que por sua vez pertencem à família *Gramineae* e tribo *Paniceae*. Possui uma média de 81 gêneros e mais de 1.460 espécies. É possível encontrar esse tipo de planta em diversos locais no mundo, devido sua distribuição ser ampla na faixa do globo terrestre, sendo desde 40° S até 50° N de latitude, porém, sua predominância é na zona equatorial úmida (20° N a 20° S), correspondendo as regiões como a África, Américas Central e do Sul, norte da Austrália, Índia, sudeste da Ásia e as Ilhas do Pacífico, em altitudes de até 2.000 metros.

O seu possível centro de origem é a África tropical, onde posteriormente se expandiu para o subtropical do continente africano (JANK, 1995). Os primeiros exemplares foram introduzidos no Brasil na época da escravidão, através de navios negreiros, onde serviam como cama para os escravos. Uma vez introduzido no país, se disseminou rapidamente, dando origem a primeira cultivar, o Colômbio (JANK, 2003).

A espécie *Panicum maximum*, sempre teve um maior destaque no Brasil, por ser altamente produtiva e ter a capacidade de adaptação as diferentes regiões do país. Teve destaque no setor agropecuário sendo responsável por grande parte da engorda de bovinos no país nas décadas de 60 a 80 e por ser uma forrageira com bons resultados produtivos também em outras categorias animais, como equinos e ovinos, diferente de outras espécies, como às braquiárias, que não são ingeridas por estes animais (EUCLIDES, 1999).

Segundo Jank (2003), estudos foram realizados para melhoramento e lançamento de novas cultivares, porém o avanço na pesquisa se deu por meio de um convênio entre a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) e o Institut Français de Recherche Scientifique pour le Développement en Coopération (ORSTOM), que foi firmado em 1982. Após o convênio, o Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Corte (CNPGC) recebeu uma coleção de *P. maximum* composta por 426 acessos apomíticos e 417 plantas

sexuais coletadas na África nas regiões que representavam a variabilidade natural da espécie. A partir desses estudos, a EMBRAPA desenvolveu novas cultivares já lançadas, Tanzânia, Mombaça e BRS Zuri que apresentam melhoramento genético quanto aumento de produção, resistência a pragas e doenças e aumento no número de sementes, quando comparadas com a primeira cultivar existente no país, o Colômbio (MACEDO, 2000).

Das características agrônomicas do *Panicum*, as exigências edafoclimáticas é o fator que impõem maior restrição quanto a sua produtividade (SILVA, 1995). A amplitude produtiva da espécie é muito abrangente, ou seja, sua limitação é relativamente pouca quanto à adaptação em relação a altitude, precipitação, temperatura, etc. Sobre o fator fertilidade de solo, as gramíneas desse gênero são bastante exigentes, sendo propício a semeadura em solos de média a alta fertilidade, ou após cultivo de culturas anuais, seguido de adubação mineral em solos de baixa fertilidade (SANCHEZ; SALINAS, 1981).

2.3.1 – Cultivar BRS Zuri

Entre as novas cultivares desenvolvidas pela Embrapa, destaca-se a cv. BRS Zuri, que possui uma produção anual média de 21,8t ha⁻¹ ano⁻¹ de matéria seca foliar, 50% a mais que ‘Colômbio’. Os seus teores de proteína bruta variaram de 11 a 15% nas folhas (SAFRASUL, 2015).

Segundo a Embrapa Gado e Corte (2013), a cultivar apresenta uma adaptação moderada solos susceptíveis a encharcamento, semelhante ao que ocorre com a cv. Tanzânia, porém se desenvolve melhor em solos bem drenados, sendo uma opção para diversificação de pastagens nos biomas com solos mais argilosos.

É uma planta cespitosa, suas folhas não possuem pelos. Apresenta colmo grosso e internódio de comprimento mediano com pouca cerosidade. Sua bainha apresenta uma pilosidade mediana. Sua inflorescência é uma panícula grande, que possui ramificações primárias medianas, e secundárias longas apenas na base. As espiguetas são uniformemente distribuídas ao longo das ramificações, são glabras e apresentam baixa quantidade de manchas roxas. Apresenta verticilo piloso na base da inflorescência. Seu florescimento é tardio e bem definido (EMBRAPA, 2013).

2.4 – A irrigação no semiárido

A agricultura depende de dois fatores de produção essenciais, que são eles a água e solo. O semiárido nordestino se caracteriza por intensa restrição hídrica, que impõe limites e

condições para a produção agropecuária (BUAINAIN; GARCIA, 2015). Porém, a restrição hídrica aponta alguns fatores positivos que são uma menor incidência de pragas e doenças e a disponibilidade de solos com alta fertilidade e com potencial para irrigação (DANTAS, 2010). A irrigação por sua vez é uma tecnologia que possui finalidade de aplicar água no solo, tendo como objetivo principal suprir às exigências hídricas do sistema planta-atmosfera (EMBRAPA, 2015).

A utilização da irrigação para a produção agrícola vem sofrendo sérias críticas recentes, principalmente por aqueles que a consideram uma das principais responsáveis, pelo problema de escassez de água no país, em especial no semiárido. Porém, as críticas sobre a técnica de irrigação embasada apenas nos aspectos mencionados, não colocando em consideração a importância da irrigação para a produção de alimentos e para a economia agrícola brasileira podem ser consideradas im procedentes ou irracionais. (TESTEZLAF, MATSURA e CARDOSO, 2002).

Para o manejo adequado da irrigação, devem-se levar em consideração algumas práticas importantes, entre eles a quantidade de água adequada e o momento exato para que se proceda à irrigação. Feito isso, além do produtor economizar água e energia, ele estará assegurando um melhor desempenho em termos de produtividade. Além da geração de renda, fazer o uso racional da água destinada à irrigação, também contribui para a preservação do meio ambiente, tornando essa técnica sustentável e rentável (LAZIA, 2012).

Segundo Hernandez (2004), a irrigação pode ser realizada por diferentes métodos e sistemas, tendo cada um sua própria característica que o distingue dos demais. Os principais métodos de irrigação são por aspersão, por superfície e localizada, onde a irrigação por aspersão é composta pelos sistemas de aspersão convencional, sobre ou sub-copa da cultura. Na irrigação por superfície, os mais comuns são sistemas de inundação e sulcos e por fim a irrigação localizada, que consiste na microaspersão, no gotejamento e recentemente nas fitas gotejadoras. Esse último método é tido como de maior eficiência por ter como característica a baixa pressão de serviço e também por molhar apenas parte da superfície do solo, diminuindo o desperdício de água.

O uso indiscriminado da irrigação pode vir a ocasionar problemas para a aptidão agrícola do solo, sendo um dos principais motivos à utilização de águas de má qualidade, com elevados níveis salinos, o que pode vir a ocasionar a salinização do solo. Esse problema é muito preocupante, pois traz consequências desastrosas, tanto ao solo quanto à produção das culturas de um modo geral (SUASSUNA, 1996). Segundo Carvalho *et al.* (2006), para o irrigante evitar problemas posteriores, deve sempre utilizar água de boa qualidade, e realizar

manutenção adequada de seu sistema, principalmente em caso de irrigação localizada, onde facilmente os emissores são obstruídos pela deposição de sais, ou material orgânico depositado.

O agricultor encontra na irrigação e adubação, dois elementos para o aumento imediato de suas produtividades, porém, sempre atento à necessidade da escolha de sementes e mudas de qualidade, que é um fator de início essencial para a obtenção de altas produtividades. Na agricultura irrigada, todo o processo tem início na escolha do tipo de sistema a ser utilizado, devido a isso, o sistema deve ser escolhido criteriosamente, observando a competência da empresa responsável pelo projeto, sua capacidade técnica e também sua capacidade em prestar assistência técnica ao produtor, pois é indispensável que o sistema de irrigação adquirido acompanhe o agricultor por um longo tempo, para retenção de custos (HERNANDEZ, 2004).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização e caracterização da área experimental

A condução do experimento foi realizada na área experimental da Estação Agrometeorológica (Figura 1), pertencente ao Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará (UFC), localizada no Campus do Picí em Fortaleza Ceará nas coordenadas geográficas 03°45'S, 38°33'W, altitude média 19 m no período de setembro à novembro de 2015.

Figura 1 – Vista geral da área experimental na Estação Agrometeorológica, UFC.



Fonte: Autor (2015).

3.2 Clima

Segundo a classificação de Köppen (1923), a região de estudo é classificada como Aw', indicando clima tropical chuvoso, muito quente, com predomínio de chuvas nas estações do verão e do outono e temperatura média em todos os meses superiores a 18°C. Durante o período de condução do experimento, foram realizadas observações diárias de algumas variáveis meteorológicas, onde foram obtidas médias mensais as quais se encontram disponíveis na Tabela 1.

Tabela 1 – Médias meteorológicas observadas durante a condução experimento.

Mês	Temperatura	Umidade	Velocidade do	Precipitação
	Média do Ar	Relativa	Vento	
	(°C)	(%)	(m s ⁻¹)	(mm)
Setembro	26,7	71	4,1	6,6
Outubro	27,7	68	4,1	1,3
Novembro	27,4	70	4,1	1,1

Fonte: Estação Agrometeorológica, Fortaleza, Ceará, 2015.

3.3 Solo

O experimento foi conduzido em vasos plásticos de 20 L de capacidade volumétrica. O solo utilizado para o preenchimento dos vasos foi Argissolo Vermelho-Amarelo (EMBRAPA, 2006), proveniente de uma área com vegetação nativa, pertencente ao GEPpe - Grupo de Estudos e Práticas em Permacultura, localizado nas proximidades da estação agrometeorológica.

Para a caracterização dos atributos do solo, e visando-se uma melhor representatividade do mesmo, coletou-se uma amostra composta na camada de 0 – 20 cm, que foi encaminhada para o laboratório da Universidade Federal do Ceará - UFC, para a realização de análises físicas e químicas. Os resultados obtidos estão expressos nas Tabelas 2 e 3.

Tabela 2 - Atributos físicos do argissolo vermelho – amarelo, utilizado no experimento.

Camada	Composição granulométrica			Classe textural	Densidade		Umidade (kPa)	
	Areia	Silte	Argila		Solo	Partículas	33	1.500
(m)	(g kg ⁻¹)			(-)	(g cm ⁻³)		(g 100g ⁻¹)	
0,00 – 0,20	805	107	133	Areia franca	1,49	2,69	6,43	5,33

Fonte: Autor (2015).

Tabela 3 - Atributos químicos do argissolo vermelho – amarelo, utilizado no experimento.

Camada	pH	CE	Complexo sortivo					
	(Água)		Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	H ⁺ + Al ³⁺	Al ³⁺
(m)	(-)	(dS m ⁻¹)	(cmol _c kg ⁻¹)					
0,00 – 0,20	5,0	0,08	0,70	0,60	0,13	0,09	2,81	0,95
Camada	S	T	V	PST	M.O.	P _{Assimilável}		
(m)	(cmol _c kg ⁻¹)	(%)	(g kg ⁻¹)		(mg kg ⁻¹)			
0,00 – 0,20	1,5	4,3	35	2,0	9,83	7		

¹pH – potencial hidrogênioônico, CE – condutividade elétrica do extrato de saturação do solo; S – soma de bases; T – capacidade de troca de cátions; V – saturação por bases; PST – percentagem de sódio trocável; M.O. – matéria orgânica.

Fonte: Autor (2015).

3.4 – Água

A água utilizada para irrigação era proveniente de um poço tubular localizado na estação agrometeorológica, com condutividade elétrica em torno de 0,8 dS m⁻¹, sendo diariamente conferida, bombeada e armazenada em um reservatório com capacidade volumétrica de 5000 L e deste bombeada para a área de plantio.

3.5 - Culturas

Foram utilizados o cultivar de Feijão (*Vigna unguiculata*) BRS Marataoã e o cultivar de capim (*Panicum Maximum*) BRS Zuri. Ambos os cultivares são produzidos pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa.

3.5.1 - Feijão BRS Marataoã

As sementes foram obtidas através do cruzamento do cultivar Seridó com a linhagem TVx 1836-013J realizado na Embrapa Arroz e Feijão, localizada em Goiânia – GO em 1990 e em 1991; sua geração segregante foi enviada para a Embrapa Meio-Norte onde foi realizado a separação das linhagens. Possui um ciclo de 70-75 dias, hábito de crescimento indeterminado, porte semiprostrado, flor dioica de coloração roxa, sementes de coloração branca esverdeada e produtividade de 1.200 kg ha⁻¹ (Figura 2) (EMBRAPA, 2004).

Figura 2 – Imagens ilustrativas da cultivar BRS Marataoã



Fonte: Embrapa Meio Norte, adaptado pelo autor.

O ciclo da cultura do feijão nessa pesquisa foi de 75 dias, conduzido a pleno sol, com colheita manual conforme a maturação das vagens.

3.5.2 – Capim BRS Zuri

Este cultivar é resultado de uma seleção massal em populações derivadas de *Panicum maximum*, oriundas da Tanzânia, leste africano. O trabalho de seleção foi coordenado pela Embrapa Gado de Corte em parcerias com outras instituições. Os parâmetros na seleção foram com base em maiores produtividade, vigor e capacidade de suporte. É uma planta cespitosa, de porte ereto e alto, com folhas longas, verdes escuras, arqueadas e largas. Possui alto valor nutritivo, elevada produção e resistência à mancha das folhas causada pelo fungo *Bipolaris maydis* e às cigarrinha-das-pastagens. Na Figura 3, pode-se observar algumas das características citadas. O ciclo da capim BRS Zuri nessa pesquisa foi de 70 dias, início da maturação floral, porém devido suas diferentes épocas de transplântio para o vaso, os mesmos foram colhidos juntamente com o fim do ciclo do feijão, aos 75 dias do início do experimento.

Figura 3 – Imagens ilustrativas da Cultivar BRS Zuri, sementes e touceiras.

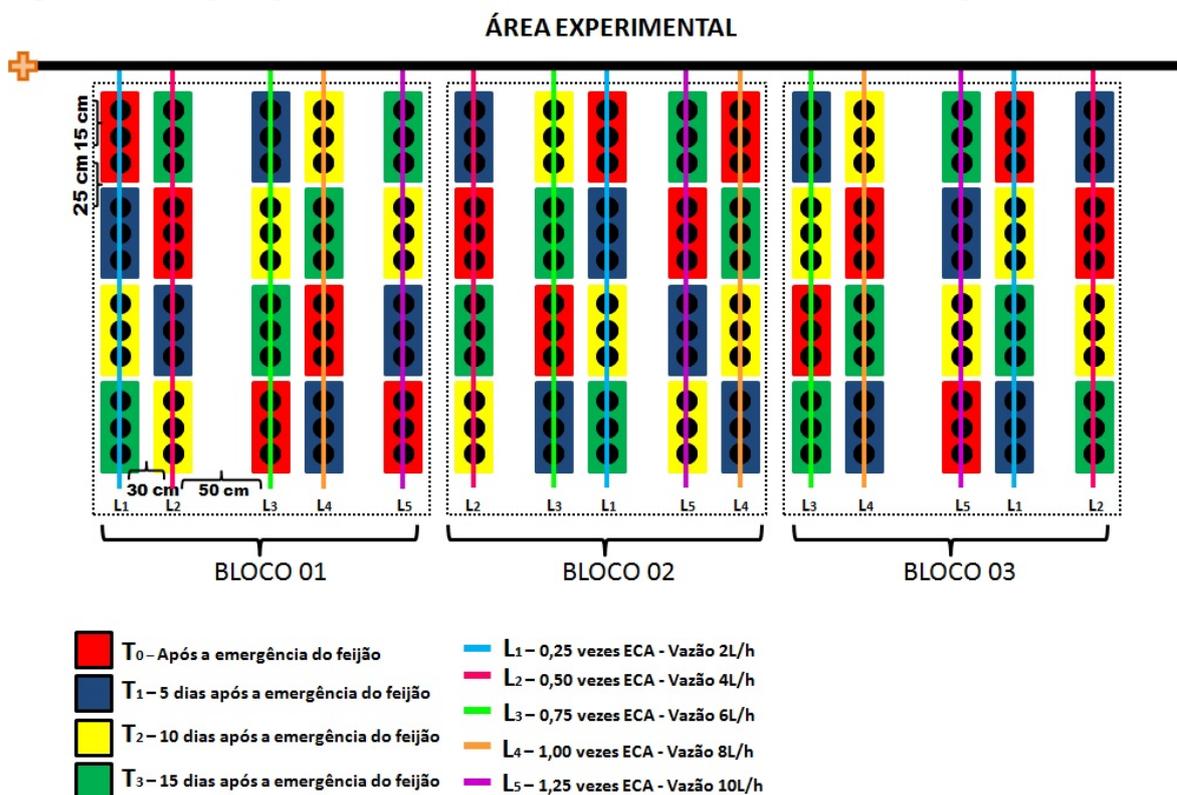


Fonte: Embrapa Gado de Corte, adaptado pelo autor.

3.6 – Delineamento experimental e tratamentos

Foi utilizado o delineamento em blocos ao acaso com parcelas subdivididas (Split-plot), com três repetições. As parcelas foram compostas por 5 lâminas de irrigação, equivalentes a 0,25; 0,50; 0,75; 1,0 e 1,25 vezes a evaporação da água medida no tanque Classe “A” (ECA) e as subparcelas constituídas pelo momento de transplântio do capim (no momento da emergência do feijão, EF; 5 dias após a emergência do feijão DAEF; 10 DAEF; e 20 DAEF), (Figura 4).

Figura 4 – Croqui representando a distribuição dos tratamentos na área experimental.



Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

Cada subparcela continha três vasos, cada um cultivado com as duas plantas do consórcio (feijão e capim), perfazendo 60 unidades experimentais por bloco, totalizando 180 vasos na área experimental.

3.7 – Preparação da área experimental

A área útil utilizada para condução do experimento foi de 9,6 x 6,9 m, ou seja, 66,24 m². Inicialmente, os 180 vasos de plástico flexível foram distribuídos conforme delineamento experimental (os vasos possuíam orifícios circulares no fundo e foram postos sobre tijolos para possibilitar a drenagem do excesso de água). Em seguida, os mesmos foram preenchidos com o solo, já descrito, para o plantio do consórcio conforme proposições dos tratamentos.

3.7.1 Montagem do sistema de irrigação

Foi utilizado um sistema de irrigação do tipo localizado por gotejamento, constituído por uma linha principal composta por uma tubulação de PVC com 50 mm de diâmetro nominal e 12 m de comprimento; com 15 linhas laterais compostas por mangueira de polietileno com 25 mm de diâmetro, uma para cada fileira de vasos. O sistema foi pressurizado por um conjunto motobomba, com potência de 0,75 cv.

Depois da distribuição das linhas laterais, os gotejadores foram inseridos nas mesmas conforme a vazão necessária para que cada linha tivesse o mesmo tempo de irrigação, em função da diferenciação dos tratamentos. Para isso, foram utilizados gotejadores autocompensantes da marca Netafin (de 2, 4 e 8 L h⁻¹) e da marca Agrojet (de 10 L h⁻¹) (Figura 5). Visando-se a vazão de 6 L.h⁻¹, utilizaram-se uma combinação com um gotejador de 2 e outro de 4 L h⁻¹.

Figura 5 – Diferentes gotejadores utilizados nas linhas laterais.



Fonte: Netafin; Agrojet. Adaptado pelo autor (2015)

Em seguida, realizou-se o teste de uniformidade do sistema por meio do método de Keller; Karmeli (1974), que recomendam a obtenção das vazões em quatro pontos ao longo da linha lateral, o primeiro, 1/3, 2/3 e último gotejador; porém, foram coletadas as vazões de todos os gotejadores adaptando a metodologia para a necessidade do experimento, uma vez que, os gotejadores possuíam vazões diferenciadas.

A vazão foi obtida através da razão entre volume e tempo, sendo que o volume foi coletado com auxílio de coletores no tempo de 5 minutos e medido através de provetas graduadas de 500 mL; o tempo foi observado com cronômetros digitais. Para uma maior confiabilidade, o processo foi repetido 3 vezes em cada gotejador e feito uma média para obter o valor final.

Após se concluir a medição da vazão em todos os gotejadores, realizou-se a avaliação do sistema, seguindo uma adaptação da metodologia de Keller; Karmeli (1974). Para cada vazão foi calculado CUC (equação 1), CUD (equação 2), CUE (equação 3) e Ef (equação 4). Para avaliar o sistema como um todo, obteve-se a média dos valores de todas as vazões e segundo a classificação de Mantovani (2001), o sistema foi classificado como excelente, com aproximadamente 90% de eficiência.

$$CUC = \left(1 - \frac{\sum |X_i - \bar{X}|}{n \cdot \bar{X}} \right) \cdot 100 \quad (1)$$

em que:

- *CUC* - coeficiente de uniformidade de Christiansen (%);
- X_i - vazão de cada gotejador, L h⁻¹;
- \bar{X} - vazão média dos gotejadores, L h⁻¹;
- *n* - número de gotejadores

$$CUD = 100 \frac{q_{25\%}}{q} \quad (2)$$

em que:

- *CUD* - coeficiente de uniformidade de distribuição, (%);
- $q_{25\%}$ - vazão média dos 25% menores valores de q_i , L h⁻¹;
- *q* - média de todos os gotejadores, L h⁻¹

$$CUE = 100 \left(1 - \frac{S_q}{q} \right) \quad (3)$$

em que:

- CUE - coeficiente de uniformidade estatístico, (%);
- S_q - desvio padrão das vazões nos pontos de emissão.
- q – média de todos os gotejadores, L h⁻¹

$$E_f = Tr \cdot CUC \quad (4)$$

em que:

- E_f - Eficiência do sistema de irrigação por gotejamento
- Tr – Coeficiente de transmissividade segundo a textura do solo, clima e profundidade das raízes. Constante = 0,95;
- CUC – Coeficiente de uniformidade de Christiansen (%);

3.7.2 Adubação

A adubação foi baseada no resultado da análise de solo e nas recomendações nutricionais das culturas do feijão *Vigna unguiculata* e do capim *Panicum maximum* e prescritas por Aquino *et al.*(1993). Inicialmente, foi realizada uma adubação mineral diretamente nos vasos uma semana antes da semeadura das sementes de feijão quantificada conforme informações a seguir.

As quantidades de macronutrientes, segundo a recomendação, foram de 20 kg ha⁻¹ de Nitrogênio (N) para ambas as culturas, 80 e 60 kg ha⁻¹ de Fósforo (P), 20 e 30 kg ha⁻¹ de Potássio (K) para o feijão e capim, respectivamente.

E procedeu-se conforme sugestão de Braga (2013): quando realizado consórcio em vaso, deve-se optar pela recomendação de maior valor, a fim de se manter um equilíbrio entre as duas culturas consorciadas. Em consequência, utilizou-se: 20 kg ha⁻¹ de N, 80 kg ha⁻¹ de P e 30 kg ha⁻¹ de K.

Devido a pesquisa ter sido realizada em vasos, foi necessário se adaptar a recomendação de adubação com base em área, para base em volume. Para isso, foi calculado o volume dos vasos de acordo com a Equação 5

Figura 6 – Dimensionamento do volume do vaso para adubação

Fonte: Braga, adaptado pelo autor. (2013)

$$Volume = \pi.h.\left(\frac{R1^2 + R1.R2 + R2^2}{3}\right) \quad (5)$$

Após conhecido que o volume do vaso era de 26,5 dm³, realizou-se a conversão de área para volume. Sabendo-se que 1 ha equivale a 10.000 m² e a camada de distribuição do adubo mineral é de 20 cm, nesse caso 1 ha é equivalente a 2.000.000 de dm³. De posse do volume, calcularam-se as quantidades de nutrientes a serem aplicadas por vaso, conforme Tabela 4.

Tabela 4 – Recomendações de adubação e quantidade de fertilizante utilizada

Recomendação de adubação			
	Recomendação ha ⁻¹	Recomendação por vaso (mg)	Quantidade de fertilizante utilizada
Ureia (N)	20 kg ha ⁻¹	265 mg vaso ⁻¹	350 mg vaso ⁻¹
Super Fosfato Simples (P ₂ O ₅)	80 kg ha ⁻¹	1.060 mg vaso ⁻¹	6.240 mg vaso ⁻¹
Nitrato de Potássio (K ₂ O)	30 kg ha ⁻¹	397,5 mg vaso ⁻¹	903 mg vaso ⁻¹

Fonte: Elaborado pelo autor (2016).

Para a pesagem individual dos nutrientes, utilizou-se uma balança digital com precisão de 0,005 g, conforme mostra a Figura 7. As fontes de N, P e K utilizadas foram: Ureia, Super Fosfato Simples e Nitrato de potássio, respectivamente.

Figura 7 – Pesagem de adubos em balança de precisão.



Fonte: Autor (2015)

Após a pesagem, os adubos foram incorporados ao solo juntamente com o substrato constituído na proporção de 4:1 (quatro partes de solo para uma de esterco bovino curtido) e revolvidos na camada de 0,20 m. Em seguida, foram adicionados 500 mL d'água manualmente em cada vaso, medido em Becker graduado para dissolução dos mesmos.

3.8 - Semeadura e desbaste

Em função dos tratamentos, o capim teve diferentes épocas de transplante, em relação à emergência do feijão. Para isso, foi feito plantios escalonados do capim, de 5 em 5 dias, em quatro bandejas de polietileno expandido com 162 células (Figura 8). O transplante para cada época, em conformidade com os tratamentos, foi realizado com as plantas de capim com 20 dias de sementeiras, correspondendo em média aos 13 dias após a emergência do capim, vale salientar que os capins foram transplantados com mesma idade.

Figura 8 – Mudanças de capim BRS Zuri em bandejas de polietileno expandido aos 20, 15, 10 e 0 dias após a semeadura.



Fonte: Autor (2015).

O feijão por sua vez, foi semeado diretamente nos vasos, três sementes por cova, na profundidade de 5 cm. Após 5 dias, 100% das sementes de feijão haviam emergido; na ocasião, foi realizado o transplântio das primeiras mudas do capim BRS Zuri nos vasos. Aos 10 dias após a emergência do feijão, foi realizado o segundo transplântio de mudas de capim, e realizado o desbaste do feijão, deixando-se apenas uma planta de feijão por vaso.

As demais mudas de BRS Zuri foram transplântadas com intervalo de 5 dias, exceto as mudas da última bandeja, que foram transplântadas aos 20 dias após a emergência do feijão.

3.9 - Manejo da irrigação

A irrigação foi realizada diariamente, adotando o manejo via clima. Foi utilizada a metodologia proposta por Bernardo, Soares e Mantovani (2006), para a estimativa da evapotranspiração potencial da cultura – ET_{pc} onde, antes de tudo, obteve-se a estimativa da evapotranspiração de referência (ET_o).

A estimativa diária da evapotranspiração de referência – ET_o foi estimada utilizando-se um tanque evaporimétrico do tipo Classe A, pertencente à estação Agrometeorológica da Universidade Federal do Ceará, localizado ao lado da área experimental, com quantificação da evaporação da água no mesmo realizada diariamente às 9 horas.

Para se estimar a Evapotranspiração de referência – ET_o, utilizou-se a equação 6

$$ET_o = ECA \cdot Kt \quad (6)$$

em que:

E_{To} - evapotranspiração de referência estimada com auxílio do Tanque Classe “A” (mm);

E_{CA} - evaporação medida no tanque Classe “A” (mm);

K_t - coeficiente de ajuste do tanque (fator adimensional).

O coeficiente de ajuste do tanque (K_t) foi obtido através da equação 7 proposta por SNYDER (1992):

$$K_t = 0,482 + 0,024 \ln(F) - 0,000376 U + 0,0045 UR \quad (7)$$

em que:

F - distância do centro do tanque ao limite da bordadura (tanque sobre cobertura tipo grama a 10 cm do solo);

U - velocidade média do vento a 2 m de altura (km dia^{-1});

UR - umidade relativa média do ar (%).

Para obtenção do (K_t), foram usadas as médias aritméticas dos dados climáticos registrados pela estação agrometeorológica da UFC, referente aos meses de condução do experimento dos últimos cinco anos.

Para estimar a evapotranspiração potencial da cultura (ET_{pc}), utilizou-se a Equação 8.

$$ET_{pc} = E_{To} . K_c \quad (8)$$

em que,

ET_{pc} - evapotranspiração potencial da cultura (mm);

E_{To} – evapotranspiração de referência estimada através do Tanque Classe “A” (mm);

K_c - coeficientes de cultivo;

O coeficiente de cultivo foi adotado de acordo com os estádios fenológicos da cultura do feijão, uma vez que a mesma esteve presente em todos os vasos desde o início dos

tratamentos. Os coeficientes utilizados foram 0,70 (até 12 dias após o semeada, DAS); 0,81 (de 13 a 33 DAS); 1,2 (de 34 a 54 DAS) e 0,77 (de 55 DAS ao final do ciclo), segundo Sousa, Bezerra e Teófilo (2005).

Para se calcular o tempo de irrigação, utilizou-se a Equação 9.

$$T_i = \frac{ET_{pc} \cdot A_v \cdot F_c}{E_i \cdot f_i} \quad (9)$$

Onde,

T_i - é o tempo de irrigação (h);

f_i - Vazão do gotejador (L/h)

ET_{pc} - evapotranspiração potencial da cultura (mm);

A_v - área do vaso (0,00313 m²);

F_c - fator de cobertura do solo (adimensional);

E_i - eficiência de irrigação (90%) (adimensional);

3.10 - Controle fitossanitário e plantas infestantes

O controle de plantas infestantes presentes durante o experimento foi realizado semanalmente através de capinas manuais. Evitando-se assim a competição por água e nutrientes com as culturas em consórcio.

Durante a execução do experimento, foi constante a presença de pulgões (*Aphis craccivora*), os quais foram controlados com pulverizações a cada 15 dias com inseticida Malathion®, registrado junto ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, para a cultura do feijão (AGROFIT 2008). O produto foi utilizado na concentração de 2,5 mL L⁻¹ de água e aplicado via pulverização.

3.11 Variáveis analisadas

A fim de se avaliar os efeitos dos diferentes tratamentos, foram determinadas as variáveis número de grãos por planta do feijão, massa fresca do feijão e do capim e do consórcio.

3.11.1 Teor de fitomassa fresca do feijão e capim

Para se determinar o teor de fitomassa fresca das cultivares retirou-se a planta rente ao solo, após se realizar a colheita das vagens do feijão, aos 75 DAS. Já para o capim, o corte foi realizado a uma altura de 20 cm acima do solo, visto que o corte sendo realizado nesta altura, a rebrota do capim é mais acelerada. Após coletado, o material vegetal foi acondicionado individualmente em sacos de papel devidamente identificados por tratamento e levados para laboratório para serem pesados.

3.11.2 Teor de fitomassa fresca total (FFT)

Para a determinação do teor de fitomassa fresca total, logo após o material vegetal ser coletado do campo e a pesado individualmente de cada cultura por tratamento específico, utilizou-se a soma da fitomassa fresca das mesmas com o intuito de saber o peso total de forragem produzida por vaso, para o fornecimento in natura para cabras leiteiras. O peso mensurado foi apenas da massa verde das plantas de feijão e capim, sem vagem e grãos do feijão.

3.11.3 Produtividade de grãos do feijão

A determinação do número de grãos por planta foi feita após a colheita individual das vagens por planta, as mesmas foram acondicionadas em sacos de papel devidamente identificados, colocados em casa de vegetação para secagem, após três dias o material estava seco e o número de grãos produzido por planta foi quantificado de acordo com cada tratamento. Após a quantificação o mesmo foi convertido para produtividade, correlacionando a densidade de plantas em 1 ha e a média da produção de grãos de cada tratamento.

3.12 – Análises estatísticas

Os dados das variáveis avaliadas foram submetidos à análise de variância (ANOVA) pelo teste F a 1 e 5% de probabilidade e verificados quanto sua normalidade através do teste de Shapiro-Wilk (W). Quando denotado efeito significativo, os dados foram submetidos à análise de regressão com o objetivo de se encontrar a equação que melhor expressasse a relação entre as variáveis estudadas e os tratamentos aplicados. As análises estatísticas foram executadas no software Assistat® 7.7 beta, auxiliado pelo software Microsoft Office Excel® 2007 na tabulação dos dados e elaboração de gráficos.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resumo das análises das variâncias para os dados de fitomassa fresca do feijão (F_{FF}), fitomassa fresca do capim (C_{FF}), fitomassa total (FFT) e produtividade do feijão (F_{PROD}) pode ser observado na Tabela 5.

Tabela 5 - Resumo da análise de variância para os dados de fitomassa fresca do feijão (F_{FF}), fitomassa fresca do capim (C_{FF}), fitomassa total (capim+feijão) (FFT) e produtividade do feijão (F_{PROD}) submetidas a diferentes lâminas de irrigação (L) e épocas de transplântio do capim (E), Fortaleza, Ceará 2016.

Fonte de variação	GL	Quadrados médios			
		F_{FF}	C_{FF}	FFT	F_{PROD}
Blocos	2	7087,83 ^{ns}	776,52 ^{ns}	6018,92 ^{ns}	73340,32 ^{ns}
Lâminas de Irrigação (L)	4	168389,27 ^{**}	38120,01 ^{**}	354105,01 ^{**}	53781,42 ^{**}
Resíduo-(L)	8	5212,99	809,30	7247,43	24552,55
Parcelas	14	-	-	-	-
Época de inserção (E)	3	59007,46 ^{**}	7639,40 ^{**}	29234,01 ^{**}	3637733,16 ^{**}
Int. L x E	2	10477,56 ^{**}	180,74 ^{ns}	9824,66 ^{**}	1103426,21 ^{**}
Resíduo-(E)	30	3035,25	277,58	3377,04	11188,98
CV % (Lâmina)		28,37	21,53	22,02	10,53
CV % (Época)		21,65	12,61	15,03	7,11
Total	59				

GL – Graus de liberdade; CV – Coeficientes de variação; ^{ns} – Não significativo, ^{**} - Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F e ^{*} - Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F

Fonte: Elaborado pelo autor, 2016

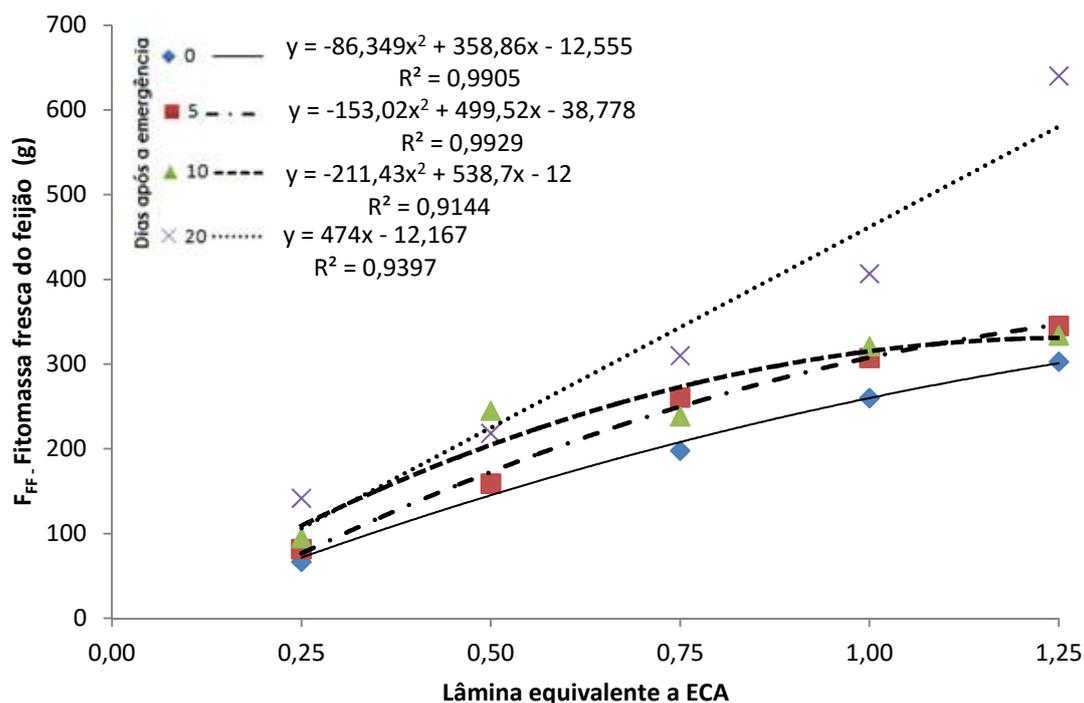
Pelos resultados apresentados na Tabela 5, observou-se influência significativa em nível de 1% de probabilidade pelo teste F dos tratamentos de lâminas de irrigação (L) e épocas de inserção do capim (E) sobre as variáveis F_{FF} , C_{FF} , FFT e F_{PROD} , ocorrendo interação entre os tratamentos para as variáveis F_{FF} , FFT e F_{PROD} em nível de 1%, exceto para C_{FF} .

Todas as variáveis relacionadas ao feijão obtiveram respostas semelhantes quanto ao aumento da disponibilidade hídrica e a época de inserção do capim. Semelhantemente, as

variáveis relacionadas ao capim também obtiveram respostas parecidas entre si, observando-se efeito quadrático de alta correlação frente à imposição dos diferentes tratamentos.

Analisando-se o efeito da interação lâminas de irrigação x épocas de transplântio do capim sobre a variável fitomassa fresca do feijão (F_{FF}) observou-se que o modelo matemático que melhor representou os dados desta variável foi o tipo polinomial para as variáveis de inserção no momento da emergência do feijão, 5 e 10 dias após a emergência do feijão, já para o tratamento de 20 dias após a emergência do feijão, o modelo linear foi o que melhor se ajustou a disposição dos dados. Os coeficientes de determinação obtidos foram (R^2) de 0,9905 para época de inserção 0 (no momento da emergência do feijão), (R^2) de 0,9929 para época de inserção 5, (R^2) de 0,9144 para época de inserção 10 e (R^2) de 0,9397 para época de inserção 20 dias após a emergência do feijão, DAEF (Figura 9).

Figura 9 – Produção de fitomassa fresca do feijão quando submetido a lâminas de irrigação, em diferentes épocas de transplântio do capim. Fortaleza, Ceará, 2016.



Fonte: Elaborado pelo autor (2016).

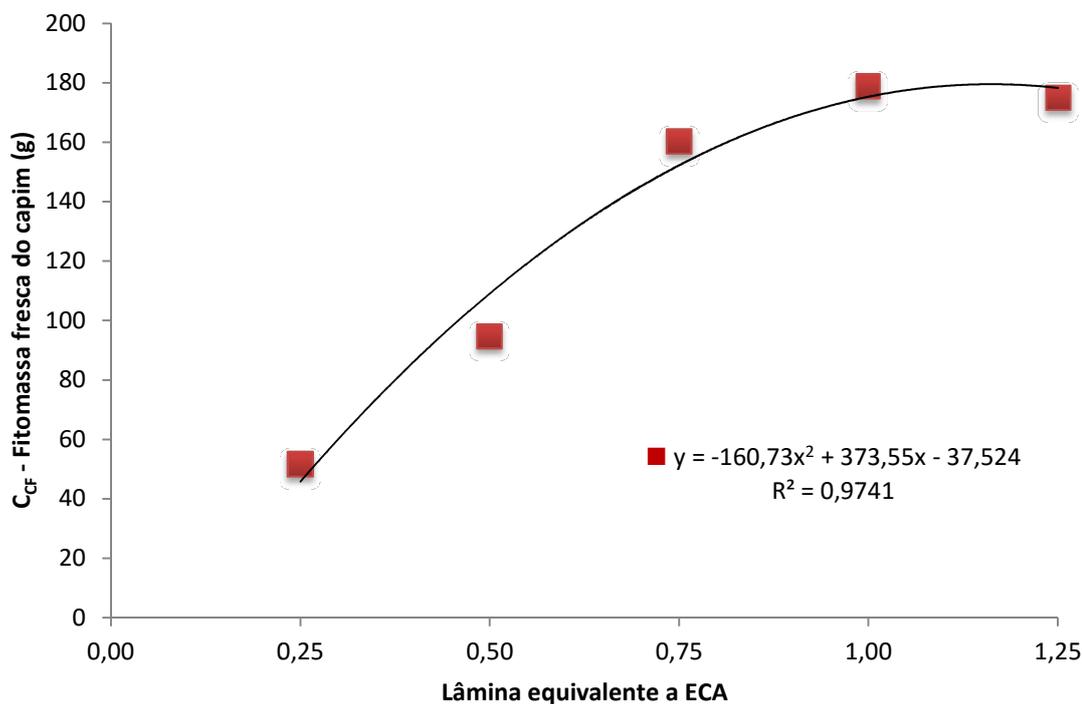
A produção de fitomassa fresca do feijão Caupi obteve um acréscimo, conforme houve um aumento da disponibilidade de água pelas lâminas de irrigação fornecidas em todas as épocas de transplântio. Observa-se também na Figura 9 que em relação aos períodos de inserção do capim, houve um crescimento mais acentuado da linha que representa o tratamento de 20 DAEF. Observando os tratamentos em que o transplântio do capim foi

realizado no momento da emergência, 5 e 10 DAEF, nota-se uma proximidade das massas obtidas quando disponibilizada a maior lâmina, explicitando que quando o feijão passou um menor tempo competindo com o capim por nutrientes, ele teve um acréscimo mais acentuado na sua produção de fitomassa. Portanto, pode-se afirmar que a fitomassa fresca do feijão aumentou quando se aumentou a lâmina de irrigação e quando se atrasou o momento de inserção do capim.

Os maiores valores encontrados no tratamento de transplântio do capim aos 20 DAEF com relação aos demais, explica-se pelo fato do maior intervalo de tempo de transplântio ter possibilitado uma melhor condição nutricional e hídrica para a cultura do feijão, pela menor competição no ciclo com o capim, bem como uma maior disponibilidade de luz solar para as plantas deste tratamento. Em trabalho realizado por Araújo *et al.* (1986), observou-se que também ocorreu uma diminuição da produção de fitomassa no feijoeiro, quando submetido a consórcio com gramíneas, devido ao rápido desenvolvimento das mesmas. Costa e Silva (2006) explicam essa diminuição em decorrência da competição existente entre as culturas por luz, nutrientes e água.

Para o efeito das lâminas de irrigação nas variáveis peso da fitomassa fresca do capim (C_{FF}), as análises de regressão indicaram que o modelo matemático em que os dados possui melhor ajuste foi o polinomial de segunda ordem, de alta correlação, apresentando coeficiente de determinação (R^2) de 0,9741 para a variação da fitomassa fresca do capim (Figura 10).

Figura 10 - Fitomassa fresca do capim em função de diferentes lâminas de irrigação, Fortaleza, Ceará, 2016.



Fonte: Elaborado pelo autor (2016).

Observa-se ainda na Figura 10 que o comportamento dos dados, mostram um aumento da produção de fitomassa, conforme ocorre o aumento da disponibilidade hídrica imposta pelas lâminas fornecidas. Lourenço (2004) encontrou respostas semelhantes a produção de fitomassa de capim *Panicum maximum*, quando submetidos a diferentes estresses hídricos, apresentando maior produção, nos tratamentos que sofreram menor estresse. Detomini (2004) atribui estes resultados a influência das condições climáticas sobre o desenvolvimento da planta, onde um dos principais fatores é a disponibilidade hídrica para que a cultura demonstre seu potencial máximo de produção. Avaliando o modelo de regressão, obtém-se que o capim atinge sua maior produção de fitomassa quando fornecido uma lâmina de 1,04 vezes correspondente a ECA (8,95), equivalente a uma vazão de 8,32 L h⁻¹ obtendo uma produção média de 177,12 g de fitomassa fresca por planta.

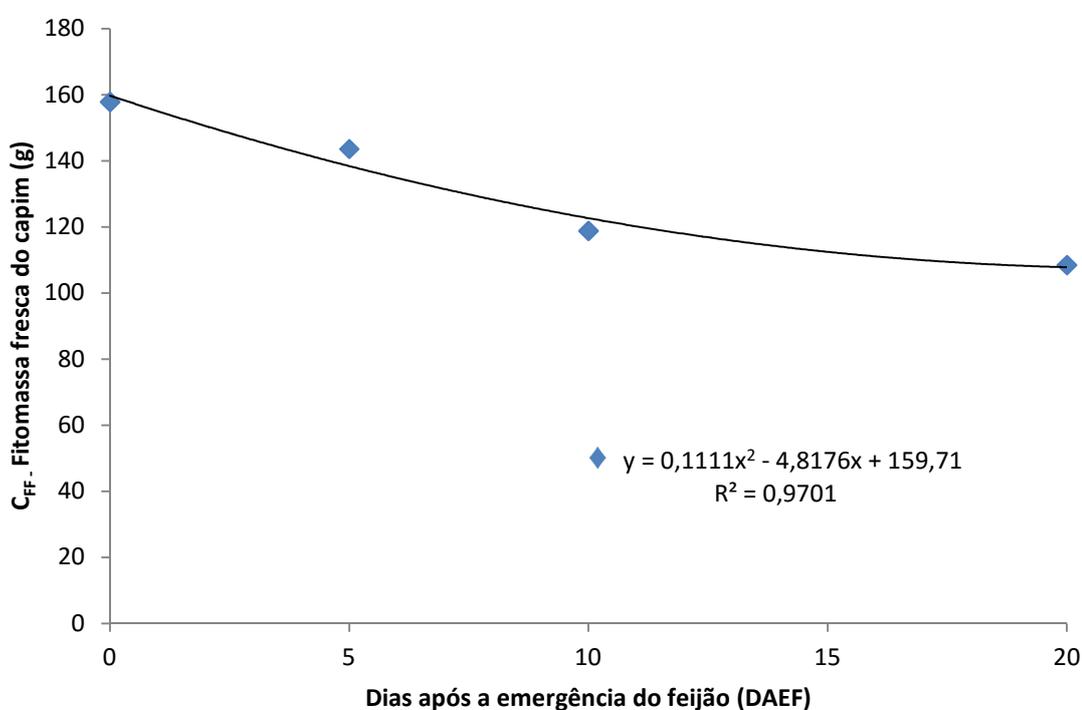
Em experimento realizado por Lourenço (2004), foi observado que em períodos de chuvas o número de ciclos do *Panicum maximum* foi 3,6 vezes maior que no período de estiagem; isso ocorre devido a estresses térmicos e hídricos que modificam a morfologia e a taxa de desenvolvimento das plantas, limitando sua produção e alterando o valor nutritivo da forragem produzida para alimentação animal (Buxton e Fales, 1994).

Observando-se os efeitos das épocas em que o capim foi inserido no vaso sobre a variável peso de fitomassa fresca, constatou-se que o modelo de regressão matemático que

melhor representou as respostas da planta foi o polinomial de segunda ordem, obtendo-se como coeficiente de determinação de (R^2) 0,9701 (Figura 11).

Observa-se um decréscimo na curva, conforme as diferentes épocas que o capim foi transplantado para o vaso. Tendo em vista que o corte do capim foi realizado aos 75 dias do início do experimento, ou seja, após o fim do ciclo do feijão, pode-se explicar que a menor produção de fitomassa, deu-se pelo fato do transplântio do capim ser mais tardio quando comparado ao feijão, não permitindo que o capim transplantado por último (20 dias após a semeadura do feijão) demonstrasse todo seu potencial produtivo.

Figura 11 – Peso da fitomassa fresca do capim em função de diferentes épocas de transplântio do mesmo. Fortaleza, Ceará, 2016.



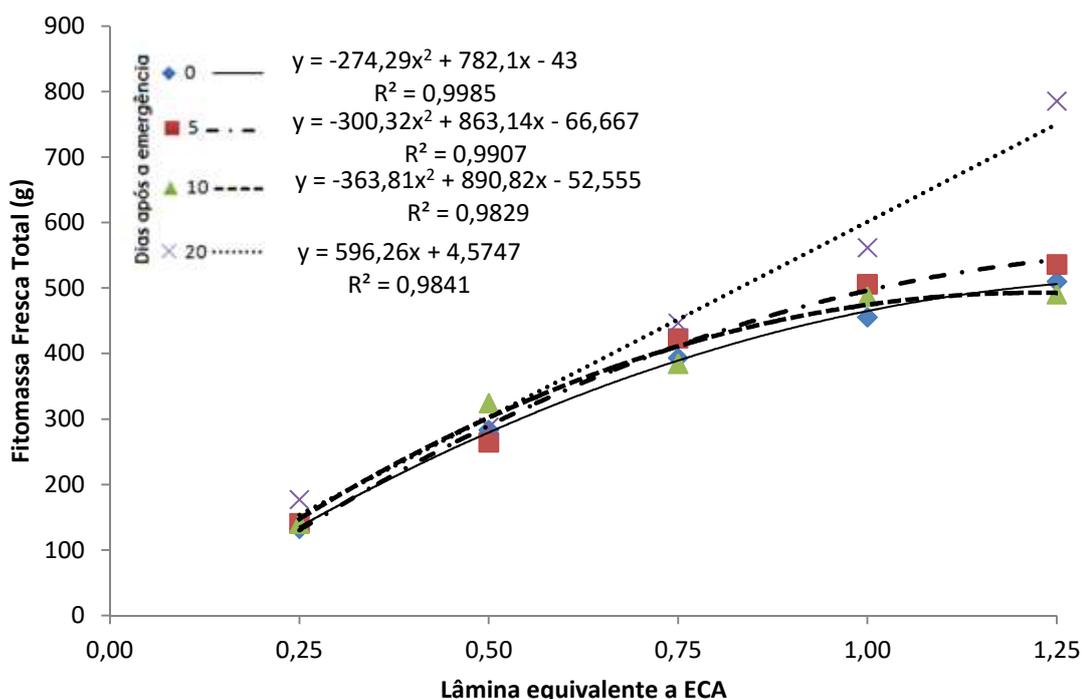
Fonte: Elaborado pelo autor (2016).

Segundo Rosa, Castro e Oliveira (2007), o período reprodutivo do capim Tanzânia, cultivar semelhante ao BRS Zuri, ambos pertencentes ao gênero *Panicum maximum*, ocorre aproximadamente aos 70 dias após a emergência da plântula, período o qual o capim demonstra seu máximo potencial produtivo. Fato que explica o declínio das curvas de produção de fitomassa fresca do capim, visto que o último tratamento (inserção aos 20 DAEF) passou apenas 50 dias em campo, diante de tais fatos, observa-se que a maior produção de fitomassa fresca do capim, dá-se quando o transplântio é realizado simultaneamente a

emergência do feijão, produzindo uma fitomassa de 159,71 g por planta, com 75 dias de campo.

Ao se analisar a produção de Fitomassa fresca total (FFT), a interação das diferentes lâminas de irrigação sob as diferentes épocas de inserção do capim, se obteve um modelo matemático do tipo polinomial quadrático para todos os tratamentos, exceto para o tratamento de 20 dias após a emergência do feijão, o qual o modelo linear foi o que melhor se ajustou. Os coeficientes de determinação obtidos foram de alta significância, sendo equivalentes à (R^2) 0,9985 para a inserção do capim juntamente com a emergência do feijão, (R^2) 0,9907 para 5 DAEF, (R^2) 0,9829 para 10 DAEF e (R^2) 0,9841 para 20 DAEF (Figura 12).

Figura 12 - Variação de fitomassa fresca total (Feijão + Capim), submetido a diferentes lâminas de irrigação e em diferentes épocas de inserção do capim. Fortaleza, Ceará, 2016.



Fonte: Elaborado pelo autor (2016).

Observando o comportamento das curvas relacionadas a produção de fitomassa total (feijão + capim) sob as diferentes lâminas de irrigação, percebe-se o mesmo comportamento das demais variáveis, uma tendência a aumentar o peso da fitomassa, conforme ocorre o aumento da disponibilidade hídrica.

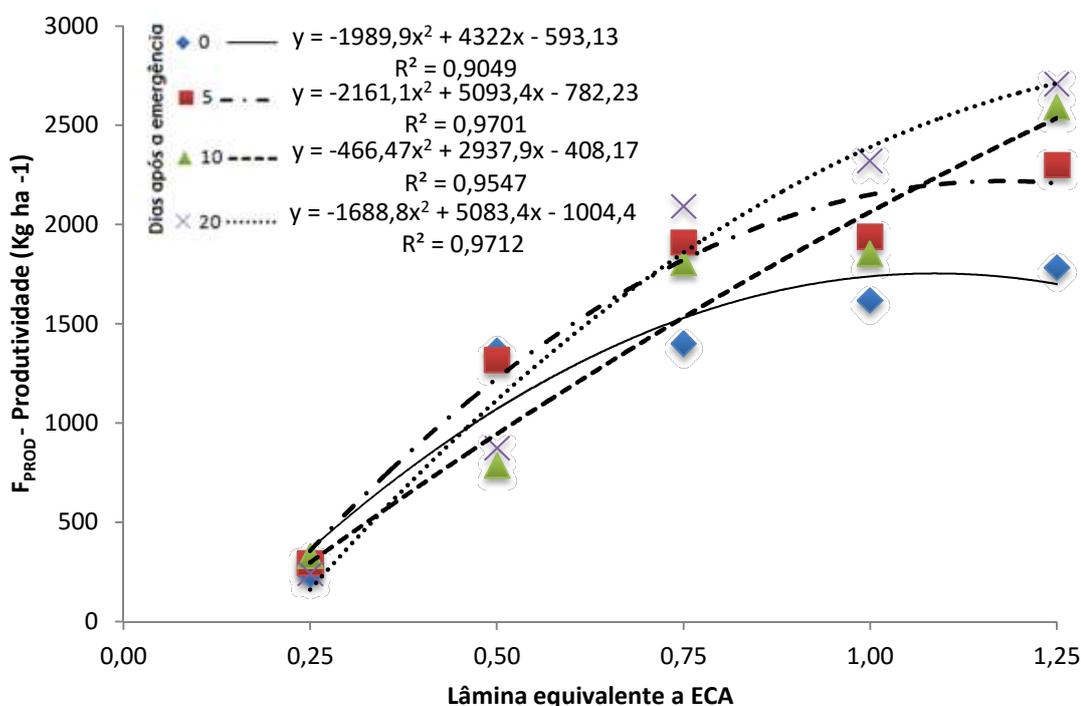
A diminuição do peso da fitomassa total conforme a restrição da água, explica-se pelo fato do estresse hídrico ser prejudicial a ambas as culturas em diversas fases fenológicas,

principalmente na fase vegetativa do feijoeiro, onde ocorre o maior decréscimo da produção de fitomassa devido a falta d'água para planta (STONE; MOREIRA, 2001).

Com relação a época de inserção do capim, observa-se que nos tratamentos de 0, 5 e 10 DAEF, o peso de fitomassa planta⁻¹ foi bem próximo, ocorrendo um aumento do peso conforme o maior distanciamento da época de inserção do capim no vaso (20 DAEF), onde obteve-se uma maior produção média de fitomassa fresca por consórcio (1 planta de feijão + 1 touceira de capim). Analisando o modelo matemático imposto na regressão, observa-se que a maior disponibilidade d'água acarreta uma maior produção de fitomassa fresca do consorcio como observado na maior lâmina disponível de 1,25 vezes a ECA (8,95), onde produzira uma média de 775,97g.

Para a variável produtividade de grãos do feijão, o efeito das diferentes lâminas de irrigação sob diferentes épocas de inserção do capim resultou no modelo matemático do tipo polinomial de segunda ordem como o que mais se adequou ao comportamento dos dados, com coeficientes de determinação (R²) de 0,9049 para a época de transplântio 0, (R²) de 0,9701 para época de transplântio 5, (R²) de 0,9547 para época de transplântio 10 e (R²) de 0,9712 para época de transplântio 20 DAEF (Figura 13).

Figura 13 – Variação da produtividade de grãos do feijão, submetidas a lâminas de irrigação em diferentes épocas de transplântio do capim. Fortaleza, Ceará, 2016.



Fonte: Elaborado pelo autor (2016).

A partir das regressões, pode-se afirmar que o produtor pode maximizar a produção de feijão inserindo o capim aos 20 dias após a emergência do mesmo e utilizando uma lâmina equivalente a 1,50 vezes a ECA. Nestas condições, o agropecuarista obteria 2.820,9 kg ha⁻¹. Pode-se ainda perceber que o transplântio mais cedo do capim reduziu a produção de grãos da leguminosa. Essa alta produtividade de grãos, pode ser relacionada aos benefícios que a gramínea pode trazer para leguminosa em sistemas de consorcio, tendo em vista que ambas as culturas se complementam em campo.

Em trabalho realizado por Bezerra *et. al.* (2007), foi observado uma redução na produtividade de grãos em consorcio com gramínea. Willey e Osiru (1972), Andrade et al. (1974), Crookston et al. (1975), Aidar e Vieira (1979), Lima e Vieira, (1982) e Porte e Carvalho (1983) também encontraram resultados semelhantes quanto a redução na produtividade de grãos do feijão quando submetido a consorcio com gramíneas, o que explica a maior produtividade de grãos da cv. BRS Marataoã, nos tratamentos em que o capim competiu por menos tempo com o feijão. Machado et al. (1984) estudaram o consórcio de feijão com uma gramínea no qual verificaram que a gramínea se comporta como espécie dominante, onde a tendência é absorver maiores quantidades de água e nutrientes disponível no solo, fato que também explica a redução na produtividade de grãos, quando comparadas as épocas em que o capim foi inserido no vaso.

5. CONCLUSÕES

Para as condições as quais o trabalho foi conduzido, pode-se concluir:

- ✓ Caso, o agropecuarista priorize a produção de matéria fresca do capim o mesmo deve optar pela inserção do capim logo após a emergência do feijão e irrigar o consórcio com lâmina equivalente a 1,16 vezes a evaporação medida no tanque classe A;
- ✓ Se a prioridade é a produção de grãos de feijão, o produtor deve utilizar uma lâmina equivalente a 1,50 vezes a ECA com inserção do capim aos 20 dias após a emergência do feijão, obtendo assim uma produtividade de 2.820,9 kg h⁻¹;
- ✓ Ao se priorizar a produção total de forragem (capim + feijão) para cabras leiteiras o agropecuarista deve optar pela maior lâmina de irrigação disponível dentro do limite estudado (1,25 vezes ECA) e realizar o transplântio do capim aos 20 DAEF, obtendo assim um maior peso de fitomassa fresca.

REFERÊNCIAS

- AGROFIT (Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários) – **Produtos comerciais registrados para controle de pulgão na cultura do feijão**, Janeiro 2016. Disponível em <http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/ap_produto_form_detalhe_cons?p_id_produto_formulado_tecnico=5469&p_tipo_janela=NEW>. Acesso em 05 jan 2016.
- AIDAR, H.; VIEIRA, C. Cultura associada de feijão e milho. III. Efeito de populações de plantas no sistema de plantio simultâneo de ambas as culturas. **Revista Ceres**, v.26, n.143, p.102-111, 1979.
- ALVARENGA, R. C., NOCE, M. A.. **Integração lavoura-pecuária**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2005.
- ANDRADE JÚNIOR, A. S.; RODRIGUES, B. H. N.; BASTOS, E. A. Irrigação. In: CARDOSO, M. J. (Org.). **A cultura do feijão caupi no Meio-Norte do Brasil**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2000. p. 127-154. (Embrapa Meio-Norte. Circular Técnica, 28).
- ANDRADE JÚNIOR, A.S. de; SANTOS, A.A. dos; ATHAYDE SOBRINHO, C.; BASTOS, E.A.; MELO, F. de B.; VIANA, F.M.P.; FREIRE FILHO, F.R.; CARNEIRO, J. da S.; ROCHAS, M. de M.; CARDOSO, M.J.; SILVA, P.H.S. da; RIBEIRO, V.Q. **Cultivo do feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)**. Teresina, PI: Embrapa Meio-Norte, 2002. 108. (Embrapa Meio-Norte. Sistema de Produção: 2)
- ANDRADE, C.M.S.; CARNEIRO, J.C.; VALENTIM, J.F. et al. Efeito do sombreamento sobre as taxas de acumulação de matéria seca de quatro gramíneas forrageiras. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39., 2002, Recife. **Anais...** Recife: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2002.
- ANDRADE, C.M.S.; GARCIA, R.; COUTO, L. et al. Fatores limitantes ao crescimento do capim-tanzânia em um sistema agrossilvipastoril com eucalipto, na região dos Cerrados de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.4, p.1178-1185, 2001 (suplemento).
- ANDRADE, CMS de et al. Desempenho de seis gramíneas solteiras ou consorciadas com o *Stylosanthes guianensis* cv. Mineirão e eucalipto em sistema silvipastoril. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, n. 6, p. 1845-1850, 2003.
- ANDRADE, M. A. de.; RAMALHO, M. A. P.; ANDRADE, M. J. B. de. Consorciação de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) com cultivares de milho (*Zea mays* L.) de porte diferente. **Agros**, v.4, n.2, p.23-30, 1974.
- AQUINO, A. B., AQUINO, B. F., HERNANDEZ, F. F. F., HOLANDA, F. J. M., FREIRE, J. M., CRISOSTOMO, L. A., ... & FERNANDEZ, V. Recomendações de adubação e calagem para o estado do Ceará. **Fortaleza: UFC**, 1993, 248p.
- ARAÚJO, G., FONTES, L., & LOPES, N. Produção e componentes da produção em sistemas de cultivos associados e exclusivos de milho e feijão. **Revista Ceres, Viçosa**, v. 33, n. 190, p. 469-478, 1986.

- ASSMANN, A.L. et.al., Produção de gado de corte e acúmulo de matéria seca em sistema de integração lavoura-pecuária em presença e ausência de trevo branco e nitrogênio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 1, p. 37-44, 2004.
- BARBOSA, R. A., NASCIMENTO JÚNIOR, D. D., EUCLIDES, V. P. B., SILVA, S. D., ZIMMER, A. H., & TORRES JÚNIOR, R. D. A.. Capim - tanzânia submetido a combinações entre intensidade e frequência de pastejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 3, p. 329-340, 2007.
- BASTOS, E.A. **Adaptação do modelo cropgro para simulação do crescimento e desenvolvimento do feijão caupi (Vigna unguiculata (L.) Walp.) sob diferentes condições hídricas no Estado do Piauí**. 1999. Tese de Doutorado.
- BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de Irrigação**. 8ª Ed. Viçosa, Ed. UFV, 2006, 625p.
- BEZERRA, A. P. A. et. al., Rendimento, componentes da produção e uso eficiente da terra nos consórcios sorgo x feijão-de-corda e sorgo x milho. **Revista Ciência Agronômica**, v. 38, n. 1, p. 104-108, 2008.
- BINKLEY, D.; GIARDINA, C. Nitrogen fixation in tropical forest plantations. In: NAMBIAR, E.K.S.; BROWN, A.G. (Eds.) **Management of soil, nutrients and water in tropical plantation forests**. Australia: ACIAR; CSIRO; CIFOR, 1997. p.297-337.
- BUAINAIN, A. M., & GARCIA, J. R. Polos de Irrigação no Nordeste do Brasil. desenvolvimento recente e perspectivas. **Confins. Revue franco-brésilienne de géographie/Revista franco-brasileira de geografia**, n. 23, 2015.
- BUXTON, D.R.; FALES, S.L. Plant environment and quality. In: FAHEYJUNIOR, G.C. (Ed.). Forage quality, evaluation and utilization. Lincoln: University of Nebraska, 1994. p.155-199.
- CARDOSO, M. J.; MELO, F. de B.; LIMA, M. G. de. **Ecofisiologia e manejo de plantio**. In: FREIRE FILHO, F. R.; LIMA, J. A. de A.; RIBEIRO, V. Q. (Ed.). Feijão-caupi: avanços tecnológicos. Brasília: Embrapa Informação Tecnologia, 2005. p.212-228.
- CARDOSO, M. J. et al. BR 12-Canindé”: cultivar de feijão macassar precoce com resistência múltipla a vírus. **Teresina: EMBRAPA-UEPAE de Teresina**, 1988.
- CARVALHO, de Carvalho, C. M., Eloi, W. M., Lima, S. C. R. V., & Pereira, J. M. G. Desempenho de um sistema de irrigação por gotejamento na cultura da goiaba. **Irriga**, v. 11, n. 1, 2006.
- CORDEIRO, L. G., BEZERRA, F. M. L., SANTOS, J. J. A., & MIRANDA, E. P. Fator de sensibilidade ao déficit hídrico da cultura do feijão Caupi (Vigna unguiculata (L.) Walp.). **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande**, v. 2, n. 2, p. 153-157, 1998.
- COSTA, A. S. V., & SILVA, M. B. Sistemas de consórcio milho feijão para a região do vale do rio doce, Minas Gerais. **Ciênc. agrotec.**, v. 32, n. 2, 2008.

COSTA, D. S., & BARBOSA, R. M. SISTEMAS DE PRODUÇÃO E CULTIVARES DE FEIJOEIRO EM CONSÓRCIO COM MILHO1 PRODUCTION SYSTEMS AND BEAN CULTIVARS IN INTERCROPPING WITH MAIZE. **Scientia Agraria**, v. 11, n. 6, p. 425-430, 2010.

CROOKSTON, R. K.; TREHARNE, K. S.; LUDFORD, P.; OZBUN, J. L. Response of beans to shading. **Crop Science**, v.15, p.412-416, 1975.

DA ROSA, S. R. A., DE AQUINO PORTES, T., & DE OLIVEIRA, I. P.. Análise de crescimento em Capim-Tanzânia nos sistemas de plantio solteiro e consórcio com leguminosas. **Ciência Animal Brasileira**, v. 8, n. 2, p. 251-260, 2007

DANTAS, E. W. C. Mutações no Nordeste brasileiro: reflexão sobre a produção de alimentos e a fome na contemporaneidade. **Confins. Revue franco-brésilienne de géographie/Revista franco-brasileira de geografia**, n. 10, 2010

DETOMINI, E. R.; MONTEIRO, R. O. C.; COELHO, R. D. Avaliação da produção de *Panicum maximum* cv. Tanzânia sob diferentes níveis de oferta ambiental. **Pasturas Tropicales**, v. 27, p. 26-37, 2005. TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2004. p. 449-484.

DIECKOWIV, A.P.J. Integração lavoura-pecuária: intensificação de uso de áreas agrícolas. **Ciência Rural**, v. 39, n. 6, 2009.

EMBRAPA – **BRS Zuri, Produção e resistência para pecuária**, Abril 2014. Disponível em < <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/123642/1/Folder-Zuri-Final-2014.pdf> >. Acesso em: 05 jan. 2015.

EMBRAPA – **BRS Zuri, produção e resistência para pecuária**, Abril 2014. Disponível em <<https://www.embrapa.br/documents/1355008/1528459/Folder+Zuri.pdf/e89a784d-fe75-47ff-8a79-6065f85b8fb5>>. Acesso em 10 jan 2016.

EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa de Solo (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**.3ª Ed. Rio de Janeiro, 2013, Ed. Embrapa 353p.

EMBRAPA. – **Manejo de solo e água**, Janeiro 2016. Disponível em < <http://www.cpatia.embrapa.br:8080/pesquisa/manejo.html> >. Acesso em 15 jan. 2016.

EUCLIDES, V. P. B., THIAGO, L. R. L. D. S., MACEDO, M. C. M., & OLIVEIRA, M. P. D. Voluntary intake of three cultivars of *Panicum maximum* under grazing. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 28, n. 6, p. 1177-1185, 1999.

FANCELLI, A. L., & Neto, D. D. (Ed.). **Tecnologia da produção do feijão irrigado**. Fealq, 1997.

FOLEGATTI, M. V., PAZ, V., & OLIVEIRA, A. Rendimento do feijoeiro irrigado submetido a diferentes lâminas de água com irrigação por sulco. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 3, n. 3, p. 281-285, 1999.

FREIRE FILHO, F. R., CARDOSO, M. J., & DE ARAÚJO, A. G. Caupi: nomenclatura científica e nomes vulgares. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 18, n. 12, p. 1369-1372, 1983.

FREIRE FILHO, F. R. Genética do caupi. **O caupi no Brasil**, 1988.

FREIRE FILHO, F. R.; LIMA, JA de A.; RIBEIRO, V. Q. **Feijão-caupi: avanços tecnológicos**. Embrapa Informação Tecnológica; Teresina, PI: Embrapa Meio-Norte, 2005.

FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; BARRETO, P. D.; SANTOS, A. A. dos. Cultivares de caupi para a região Meio-Norte do Brasil. **A cultura do feijão caupi no meio-norte do Brasil. Teresina: EMBRAPA Meio-Norte**, p. 67-88, 2000.

HERNANDEZ, F. B. T. **Manejo da irrigação**. 2004. Disponível em <<http://www.irrigaterra.com.br/manejo.php>>. Acesso em 15 jan. 2016.

IBGE, **Levantamento sistemático da produção agrícola**. Rio de Janeiro. v. 5, n. 12, 1993; v. 6, n. 12, 1994; v. 7, n. 12, 1995; v. 8, n. 12, 1996; v. 9, n. 12, 1997; v. 10, n. 12, 1998; v. 11, n. 12, 1999; v. 12, n.12, 2000; v. 13, n. 12, 2001; v. 14, n. 12, 2002; v. 15, n 12, 2003; v. 16, n 12, 2004; v. 17, n. 12, 2005; v. 18, n. 12, 2006; v. 19, n. 12, 2007; v. 20, n. 12, 2008; v. 21, n. 12, 2009; v. 22, n. 12, 2010; v. 23, n. 12, 2011; v. 24, n. 12, 2012; v. 25, n. 12, 2013; v. 26, n 12, 2014.

JANK, L. A história do Panicum maximum no Brasil. **Revista JC Maschietto, Campo Grande**, v. 1, n. 1, p. 14, 2003.

JANK, L. Melhoramento e seleção de variedades de Panicum maximum. **Simpósio sobre manejo da pastagem**, v. 12, p. 21-58, 1995.

JUNIOR, A. B., MORAES, A., VEIGA, M., PELISSARI, A., & DIECKOW, J. Integração lavoura-pecuária: intensificação de uso de áreas agrícolas. **Cienc. Rural** **39**, p. 1925-1933, 2009.

LAZIA, B. – **A importância da irrigação para a produtividade**, Maio 2012. Disponível em: < <http://www.portalagropecuario.com.br/agricultura/irrigacao/a-importancia-da-irrigacao-para-a-produtividade/> >. Acesso em 15 jan 2016.

LIMA, L. A. de P.; VIEIRA, C. **Cultura associada de milho e feijão**. IV. Comportamento de sistemas de produção. In: Projeto Feijão: Relatório 78/79. Belo Horizonte, p.27-32, 1982.

LOURENÇO, L. F. Avaliação da produção de capim-tanzânia em ambiente protegido sob disponibilidade variável de água e nitrogênio no solo. **Avaliação da produção de capim-tanzânia em ambiente protegido sob disponibilidade variável de água e nitrogênio no solo**, 2004.

MACEDO, M. C. M., EUCLIDES, V. P. B., VALÉRIO, J. R., & BONO, J. A. M. Cultivar Massai (Panicum maximum) uma nova opção forrageira: características de adaptação e produtividade. **REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA**, v. 37, p. 2000, 2000.

MACHADO, C. M. N.; FLECK, N. G.; SOUZA, R. S. Eficiência na utilização da terra rendimento das culturas em consórcio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.19, n.3, p.317-327, 1984.

- MAIA, F. M. M. **Composição e caracterização nutricional de três cultivares de *Vigna unguiculata* (L.) Walp: EPACE-10, Olho de ovelha e IPA-206.** Fortaleza, 1996. 87 p. Dissertação (Mestrado em Bioquímica Vegetal), Universidade Federal do Ceará.
- McKENZIE, B.A.; HAMPTON, J.G.; WHITE, J.G.H. et al. Annual crop production principles. In: WHITE, J.; HODGSON, J. (Eds.) **New Zealand pasture and crop science**. Oxford: Oxford University Press, 1999. p.199-212.
- MELO, F. de B.; CARDOSO, M.J.; SALVIANO, A.A.C. Fertilidade do solo e adubação. In: FREIRE FILHO, F.R.; LIMA, J.A. de A.; RIBEIRO, V.Q. (Ed.). **Feijão-caupi: avanços tecnológicos**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. p.229-242.
- MOHAMED SALLEN, M.A.; FISHER, M.J. Role of ley farming in crop rotations in the tropics. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 17., 1993, Rockhampton. **Proceedings ...** Rockhampton: 1993. p.2179-2187.
- MOUSINHO, F. **Viabilidade econômica da irrigação do feijão-caupi no Estado do Piauí. 2005.** 2005. Tese de Doutorado. Tese (Doutorado)–Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- MYERS, R.J.K.; ROBBINS, G.B. Sustaining productive pastures in the tropics. 5. Maintaining productive sown grass pastures. **Tropical Grasslands**, v.25, p.104-110, 1991.
- PORTE, T. A.; CARVALHO, J. R. P. Área foliar, radiação solar, temperatura do ar e rendimentos em consorciação e em monocultivo de diferentes cultivares de milho e feijão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.18, n.7, p.62-755, 1983.
- QUIN, F. M. Introduction. In: SINGH, B. B.; MOHAN RAJ, D. R.; DASHIELL, K. E.; JACKAI, L. E. N. (Ed.). **Advances in cowpea research**. Ibadan: IITA; Tsukuba: JIRCAS, 1997. p. ix-xv.
- RAPOSO, J.A. A. et al. Consorcio de milho e feijão em diferentes arranjos e populações de plantas, em Pelotas, RS. **Área de Informação da Sede-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 1997.
- RESENDE, G.O., TÁVORA, F.J.A.F.T, PAULA, P.H.F., Efeito dos sistemas de plantio exclusivo e consorciado na Incidência e controle de ervas daninhas. **Revista ciência Agrônômica**, v.02, n. 1, p. 23-33, 1897
- RIBEIRO, V.Q. **Cultivo do Feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp).** Sistemas de Produção 2. EMBRAPA, 2002. Disponível em: <
http://www.cpamn.embrapa.br/publicacoes/new/sistemaproducao/sistemaproducao_pdf/sistemaproducao_2.pdf> Acesso em 14 jan. 2016.
- ROCHA, G.D. Ecossistemas de pastagens: aspectos dinâmicos. **Piracicaba: FEALQ**, 1991. 391 p.
- SAFRASUL SEMENTES – **Panicum maximum**, cv. **BRS Zuri**, Janeiro 2016. Disponível em

<http://www.safrasulsementes.com.br/?conteudo=biz__catalogo&canal_id=3&pro_id=26>. Acesso em 08 jan 2016.

SANCHEZ, P.A.; SALINAS, J.G. Low input technology for managing oxisols and ultisols in Tropical America. **Advances in Agronomy**, v. 34, p. 279-405, 1981.

SILVA, S.C. Condições edafo-climáticas para a produção de Panicum sp.. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 12., Piracicaba, 1995. **Anais**. Piracicaba: FEALQ, 1995. p. 129-146.

SINGH, B. B.; EHLERS, J. D.; SHARMA, B.; FREIREFILHO, F. R. Recent progress in cowpea breeding. In: FATOKUN, C. A.; TARAWALI, S. A.; SINGH, B. B.; KORMAWA, P. M.; TAMO, M. (Eds) **Challenges and Opportunities for Enhancing Sustainable Cowpea Production**. International Institute of Tropical Agriculture, Ibadan, Nigeria, p.22-40, 2002.

STONE, L. F., & MOREIRA, J. A. A. Resposta do feijoeiro ao nitrogênio em cobertura, sob diferentes lâminas de irrigação e preparos do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, n. 3, p. 473-481, 2001

SUASSUNA, J. **A salinidade de águas do nordeste semi-árido**. 1996. Disponível em <http://www.fundaj.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=770&Itemid=37>. Acesso em 15 de jan. 2016.

TÉOFILO, E. M.; MAMEDE, F. B.; SOMBRA, N. S. Hibridação natural em caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp–Fabaceae). **Ciência e Agrotecnologia, Lavras**, v. 23, p. 1010-1011, 1999.

TESTEZLAF, R. MATSURA, E.E & CARDOSO, J.L. **Importância da irrigação no desenvolvimento do agronegócio**, Julho 2002. Disponível em <<http://www.agr.feis.unesp.br/csei.pdf>> Acesso em 10 jan 2016.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE. Assistat – Assistência Estatística, V – 7.7 beta. Campina grande,PB, 2011. Disponível para download em <<http://www.assistat.com/indformp.html>> Acesso em: 12. Dez. 2015.

WILLEY, R. W.; OSIRU, D. S. O. Studies on mixtures of maize and beans (*Phaseolus vulgaris*) with particular reference to plant population. **Journal of Agricultural Science**, v.79, p.29-571, 1972.