



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
PROGRAMA DE DOUTORADO INTEGRADO EM ZOOTECNIA**

DANILO DE ARAÚJO CAMILO

**MORFOFISIOLOGIA E TROCAS GASOSAS DO CAPIM *PANICUM MAXIMUM* BRS
ZURI SOB SALINIDADE E LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO**

FORTALEZA

2017

DANILO DE ARAÚJO CAMILO

MORFOFISIOLOGIA E TROCAS GASOSAS DO CAPIM *PANICUM MAXIMUM* BRS ZURI
SOB SALINIDADE E LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO

Tese apresentada ao Programa de Doutorado Integrado em Zootecnia da Universidade Federal do Ceará como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Zootecnia. Área de concentração: Forragicultura.

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Maria Socorro de Souza Carneiro

FORTALEZA

2017

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

D32m de Araújo Camilo, Danilo.
Morfofisiologia e trocas gasosas do capim Panicum maximum BRS Zuri sob salinidade e lâminas de irrigação / Danilo de Araújo Camilo. – 2017.
117 f.

Tese (doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Fortaleza, 2017.

Orientação: Profa. Dra. Maria Socorro de Souza Carneiro .
Coorientação: Prof. Dr. Claudivan Feitosa de Lacerda.

1. Crescimento. 2. Déficit hídrico. 3. Estresse salino. 4. Morfogênese. 5. Produção vegetal. I. Título.

CDD 636.08

DANILO DE ARAÚJO CAMILO

MORFOFISIOLOGIA E TROCAS GASOSAS DO CAPIM *PANICUM MAXIMUM* BRS ZURI
SOB SALINIDADE E LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO

Tese apresentada ao Programa de Doutorado Integrado em Zootecnia da Universidade Federal do Ceará como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Zootecnia. Área de concentração: Forragicultura.

Aprovada em 23 de Fevereiro de 2017.

BANCA EXAMINADORA

Prof^ª. Dr^ª. Maria Socorro de Souza Carneiro (Orientadora)
Universidade Federal do Ceará

Prof^ª. Dr^ª. Elzânia Sales Pereira (Membro)
Universidade Federal do Ceará

Dr. Carlos Henrique Carvalho de Sousa (Membro)
Universidade Federal do Ceará

Dr. João Avelar Magalhães (Membro)
Embrapa Meio Norte

Dr. Luiz Barreto de Moraes Neto (Membro)
Externo

Aos meus pais, Francisco Camilo Moreira e Maria Auxiliadora de Araújo Camilo que foram a base da minha educação, por todo amor e por cada dia vivido.

A minha amiga, namorada e companheira Camila Maciel Diniz que esteve ao meu lado me apoiando, incentivando e orando pelo meu sucesso profissional.

Ao meu irmão Daniel de Araújo Camilo pelos momentos de descontração e pelo exemplo de dedicação e conquistas.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

A Deus por me guiar todos os dias e não me deixar perder a fé.

A Universidade Federal do Ceará pela oportunidade de proporcionar toda minha formação acadêmica de graduação, mestrado e doutorado.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) pela concessão da bolsa de estudos.

A orientadora, Profa. Dr^a. Maria Socorro de Souza Carneiro pela oportunidade, pelo acompanhamento, pelos ensinamentos, pelas sugestões, pela paciência, pelos desafios e crescimento profissional ao longo da orientação.

Ao co-orientador, Prof. Dr. Claudivan Feitosa de Lacerda pela orientação na elaboração do projeto, pela disponibilidade, pelos conhecimentos e por disponibilizar estrutura, material e seus orientados para condução do estudo.

Aos professores e funcionários dos Departamentos de Zootecnia e Engenharia Agrícola, pelas contribuições intelectuais e práticas.

Aos alunos de graduação e pós-graduação dos Departamentos de Zootecnia e Engenharia Agrícola que contribuíram com seu tempo e esforço na coleta de dados, em especial aos colegas Tafnes Bernardo Sales, Victa Nobre De Andrade, Kátia Michelli Pereira Santos e Bruno Bizerra do Nascimento.

Aos familiares e amigos do dia-a-dia e distantes que mesmo sem conhecer a Zootecnia dedicaram um segundo de seus pensamentos em razão do sucesso do meu trabalho.

RESUMO

Um dos desafios em viabilizar a implantação de sistemas de produção a pasto consiste na utilização de espécies forrageiras adaptadas às diferentes condições ambientais. Objetivou-se avaliar o crescimento e respostas morfofisiológicas por meio das características morfogênicas, estruturais, eficiência de uso da água e trocas gasosas do capim BRS Zuri em casa de vegetação. O delineamento experimental foi em blocos casualizados em parcelas subdivididas. O estudo foi realizado em duas fases: no experimento I (ciclos 1 e 2), as parcelas principais foram compostas pelos níveis de salinidade na água (0,5; 2,0; 4,0 e 6,0 dS m⁻¹) e nas subparcelas lâminas de irrigação (60; 80; 100 e 120% da evapotranspiração). Em virtude dos efeitos severos dos níveis de salinidade sobre o desenvolvimento e consequente morte das plantas no nível de 6,0 dS m⁻¹ foi dada continuidade ao estudo no experimento II (ciclos 3 e 4) em que utilizou-se o mesmo delineamento sendo substituídos os níveis de salinidade iniciais por 0,6; 1,8 e 3,0 dS m⁻¹. Os níveis de salinidade de 4,0 e 6,0 dS m⁻¹ causaram impactos severos sobre no desenvolvimento da cultivar BRS Zuri com diminuição nas taxas de crescimento (alongamento foliar e de colmos), dimensões foliares (comprimento, largura e área foliar), número de folhas vivas, perfilhamento, na proporção e produção de material verde (folhas e colmos) e aumento da proporção e produção da fração senescente. Nesses níveis de salinidade, as plantas desenvolveram estratégias de adaptação como a redução da área foliar e aumento na taxa de aparecimento foliar. Ocorreu também comprometimento da eficiência de uso da água e da atividade fotossintética sob maior salinidade. Contudo, as trocas gasosas foram favorecidas no nível de 4,0 dS m⁻¹ em alta disponibilidade hídrica (lâminas de 100 e 120% da ET). O déficit hídrico proporcionado pelas lâminas de 60% da ET influenciou negativamente o crescimento e as trocas gasosas. Maior produtividade foi obtida na lâmina de 120% da ET. A cultivar apresentou potencial de recuperação do crescimento com a redução dos níveis de salinidade de até 3,0 dS m⁻¹, conforme observado no experimento II. Níveis de salinidade de 4,0 e 6,0 dS m⁻¹ inviabilizam o desenvolvimento e manutenção da cultivar BRS Zuri, pois decorrem em redução nas características morfofisiológicas relacionadas ao crescimento e produção. A cultivar BRS Zuri apresenta potencial de recuperação, contudo, os efeitos cumulativos da salinidade comprometem o aparato fisiológico ao longo do tempo, recomendando-se o uso de níveis de 2,0 dS m⁻¹ (experimento I) ou 1,8 dS m⁻¹ (experimento II) desde seja mantida sob disponibilidade hídrica elevada. O uso da lâmina de irrigação de 80% da ET pode ser viável em condições de baixa salinidade, uma vez que poucas características foram afetadas nessas

condições. A lâmina de 60% da ET promove efeitos severos e deletérios nas características morfofisiológicas e estruturais da cultivar e, sob efeito da salinidade esses efeitos são intensificados. A avaliação das trocas gasosas e do índice de clorofila da folha deve ser realizado com cautela, pois outros fatores podem influenciar nas respostas dos tratamentos.

Palavras-chave: Crescimento. Déficit hídrico. Estresse salino. Morfogênese. Produção.

ABSTRACT

A challenge in making pasture based production systems feasible is the use of forage species more adapted to different environmental conditions. The objective was to evaluate the growth and morphophysiological responses through the morphogenic and structural characteristics, water use efficiency and gas exchanges of BRS Zuri grass under greenhouse conditions. The experiment was arranged in a randomized block split-plot design. The study was performed in two phases: in experiment I, main plots were composed of salinity levels in water (0.5, 2.0, 4.0 and 6.0 dS m⁻¹) and in the subplots (60, 80, 100 and 120% of the evapotranspiration - ET). Due to the severe effects of salinity levels on development and consequent death of plants at the level of 6.0 dS m⁻¹, the study was continued in experiment II (cycles 3 and 4), where the same design was used and the initial salinity levels were replaced by 0.6; 1.8 and 3.0 dS m⁻¹. Salinity levels of 4.0 and 6.0 dS m⁻¹ caused severe impacts on the development of BRS Zuri cultivar with decrease in growth rates (leaf and stem elongation), leaf size (leaf length, width and area), number of live leaves, tillering, proportion and production of green material (leaves and stems) and increase in the proportion and production of the senescent fraction. At these salinity levels, plants developed adaptation strategies such as reduction of leaf area and increase in leaf appearance rate. Water use efficiency and photosynthetic activity were also compromised under higher salinity. However, gas exchanges were favored at the 4.0 dS m⁻¹ level when under high water availability (irrigation depths of 100 and 120% ET). Water deficit provided by irrigation depth of 60% ET negatively influenced growth and gas exchanges. Higher productivity was obtained in irrigation depth of 120% ET. The cultivar presented growth recovery potential with the reduction of salinity levels up to 3.0 dS m⁻¹ as observed in experiment II. Salinity levels of 4.0 and 6.0 dS m⁻¹ are impracticable for development and maintenance of the BRS Zuri cultivar, as they result in a reduction in the morphophysiological characteristics related to growth and production. BRS Zuri cultivar presents growth recovery potential with the reduction of salinity levels, however, the cumulative effects of salinity compromise the physiological apparatus over time, recommending the maximum levels of 2.0 dS m⁻¹ (experiment I) or 1.8 dS m⁻¹ (experiment II) since maintained under high water availability. The use of the irrigation depth of 80% ET may be feasible under low salinity conditions, since few characteristics were affected under these conditions. Irrigation using 60% ET promotes severe and deleterious effects on the morphophysiological and structural characteristics of the cultivar and, under high salinity

these effects are intensified. The evaluation of gas exchanges and leaf chlorophyll index should be carried out with caution, since other factors may influence treatment responses.

Keywords: Morphogenesis. Gas exchanges. Production. Saline stress. Water deficit.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Lâmina de irrigação total por ciclo (mm) aplicada em <i>Panicum maximum</i> cv. BRS Zuri com base no percentual de evapotranspiração (% ET).	36
Tabela 2. Taxa de alongamento foliar (TAIF), taxa de alongamento de colmo (TAIC) e taxa de senescência foliar (TSF) do capim BRS Zuri sob salinidade e lâminas de irrigação nos ciclos 1 e 2.	38
Tabela 3. Taxa de alongamento foliar (TAIF) e taxa de senescência foliar (TSF) do capim BRS Zuri sob salinidade e lâminas de irrigação no ciclo 2.	39
Tabela 4. Taxa de alongamento foliar (TAIF), taxa de alongamento de colmo (TAIC) e taxa de senescência foliar (TSF) do capim BRS Zuri sob salinidade e lâminas de irrigação nos ciclos 3 e 4.	41
Tabela 5. Taxa de senescência foliar em cm perf ¹ dia ⁻¹ do capim BRS Zuri sob salinidade e lâminas de irrigação no ciclo 3.	41
Tabela 6. Taxa de alongamento foliar em cm perf. ⁻¹ dia ⁻¹ do capim BRS Zuri sob salinidade e lâminas de irrigação no ciclo 4.	42
Tabela 7. Taxa de aparecimento foliar (TApF), filocrono e tempo de vida da folha (TVF) do capim BRS Zuri sob salinidade e lâminas de irrigação nos ciclos 1 e 2.	43
Tabela 8. Taxa de aparecimento foliar (TApF) e filocrono do capim BRS Zuri sob salinidade e lâminas de irrigação no ciclo 2.	44
Tabela 9. Taxa de aparecimento foliar (TApF), filocrono e tempo de vida da folha (TVF) do capim BRS Zuri sob salinidade e lâminas de irrigação nos ciclos 3 e 4.	45
Tabela 10. Comprimento final da folha (CFF), largura final da folha (LFF), comprimento final do colmo (CFC) e altura do dossel (AD) do capim BRS Zuri sob salinidade e lâminas de irrigação nos ciclos 1 e 2.	46
Tabela 11. Altura do dossel em cm do capim BRS Zuri sob salinidade e lâminas de irrigação no ciclo 1.	47
Tabela 12. Comprimento final da folha (CFF), largura final da folha (LFF), comprimento final do colmo (CFC) e altura do dossel (AD) do capim BRS Zuri sob salinidade e lâminas de irrigação nos ciclos 3 e 4.	48
Tabela 13. N° de folhas expandidas (NFEx), n° de folhas emergentes (NFEm), n° de folhas vivas (NFV) e n° de folhas total (NFT) do capim BRS Zuri sob salinidade e lâminas de irrigação nos ciclos 1 e 2.	50
Tabela 14. N° de folhas vivas (NFV) e n° de folhas total (NFT) do capim BRS Zuri sob salinidade e lâminas de irrigação no ciclo 2.	51
Tabela 15. N° de folhas expandidas (NFEx), n° de folhas emergentes (NFEm), n° de folhas vivas (NFV) e n° de folhas total (NFT) do capim BRS Zuri sob salinidade e lâminas de irrigação nos ciclos 3 e 4.	52
Tabela 16. N° de folhas expandidas (NFEx) e n° folhas vivas (NFV) do capim BRS Zuri sob salinidade e lâminas de irrigação no ciclo 4.	53
Tabela 17. Lâmina de irrigação total por ciclo (mm) aplicada em <i>Panicum maximum</i> cv. BRS Zuri com base no percentual de evapotranspiração (% ET).	66

Tabela 18. Proporção de folha, colmo e material morto na matéria seca (MS) do capim BRS Zuri sob salinidade e lâminas de irrigação nos ciclos 1 e 2.	68
Tabela 19. Proporção de folha, colmo e material morto na matéria seca (MS) do capim BRS Zuri sob salinidade e lâminas de irrigação nos ciclos 3 e 4.	70
Tabela 20. Massa seca de forragem total (g vaso ⁻¹) do capim BRS Zuri sob salinidade e lâminas de irrigação no ciclo 1.	71
Tabela 21. Massa seca de forragem total (MSFT), massa seca de lâminas foliares verdes (MSLV), massa seca de colmos verdes (MSCV), massa seca de material morto (MSMM) e relação folha/colmo (F/C) do capim BRS Zuri sob salinidade e lâminas de irrigação nos ciclos 1 e 2.	72
Tabela 22. Massa seca de forragem total, massa seca de lâminas verdes (MSLV) e massa seca de colmos verdes (MSCV) do capim BRS Zuri sob salinidade e lâminas de irrigação no ciclo 2.	73
Tabela 23. Massa seca de material morto (MSMM) e relação folha/colmo (F/C) do capim BRS Zuri sob salinidade e lâminas de irrigação no ciclo 2.	74
Tabela 24. Massa seca de forragem total (MSFT), massa seca de lâminas verdes (MSLV), massa seca de colmos verdes (MSCV), massa seca de material morto (MSMM) e relação folha/colmo (F/C) do capim BRS Zuri sob salinidade e lâminas de irrigação nos ciclos 3 e 4.	75
Tabela 25. Área foliar (dm ²) do capim BRS Zuri sob salinidade e lâminas de irrigação nos ciclos 1 e 2.	77
Tabela 26. Área foliar (dm ²) do capim BRS Zuri sob salinidade e lâminas de irrigação no ciclo 2.	77
Tabela 27. Área foliar (dm ²) capim BRS Zuri sob salinidade e lâminas de irrigação nos ciclos 3 e 4.	78
Tabela 28. Área foliar (dm ²) do capim BRS Zuri sob salinidade e lâminas de irrigação no ciclo 4.	79
Tabela 29. Área foliar específica (dm ² g ⁻¹) do capim BRS Zuri sob salinidade e lâminas de irrigação nos ciclos 1 e 2.	79
Tabela 30. Área foliar específica (dm ² g ⁻¹) do capim BRS Zuri sob salinidade e lâminas de irrigação nos ciclos 3 e 4.	80
Tabela 31. Número de perfilhos vivos (NPerf) e peso médio dos perfilhos (PPerf) do capim BRS Zuri sob salinidade e lâminas de irrigação nos ciclos 1 e 2.	81
Tabela 32. Peso médio dos perfilhos (g MS perf ⁻¹) do capim BRS Zuri sob salinidade e lâminas de irrigação no ciclo 2.	82
Tabela 33. Nº de perfilhos vivos (NPerf) e peso médio dos perfilhos (PPerf) do capim BRS Zuri sob salinidade e lâminas de irrigação nos ciclos 3 e 4.	82
Tabela 34. Lâmina de irrigação total por ciclo (mm) aplicada em <i>Panicum maximum</i> cv. BRS Zuri com base no percentual de evapotranspiração (% ET).	96
Tabela 35. Volume de água retido no solo (L vaso ⁻¹) cultivado com capim BRS Zuri sob salinidade e irrigação nos ciclos 1 e 2.	98
Tabela 36. Volume de água retido no solo (L vaso ⁻¹) cultivado com capim BRS Zuri sob salinidade e irrigação nos ciclos 3 e 4.	99

Tabela 37. Eficiência de uso da água (g MS L^{-1}) do capim BRS Zuri sob salinidade e lâminas de irrigação nos ciclos 1 e 2.	100
Tabela 38. Eficiência de uso da água (g MS L^{-1}) do capim BRS Zuri sob salinidade e lâminas de irrigação no ciclo 3.	101
Tabela 39. Eficiência de uso da água (g MS L^{-1}) do capim BRS Zuri sob salinidade e lâminas de irrigação nos ciclos 3 e 4.	102
Tabela 40. Taxa fotossintética (A), taxa de transpiração foliar (E) e condutância estomática (Gs) e concentração interna de CO_2 (Ci) do capim BRS Zuri sob salinidade e lâminas de irrigação nos ciclos 1 e 2.	103
Tabela 41. Taxa de transpiração foliar (E) e condutância estomática (Gs) do capim BRS Zuri sob salinidade e lâminas de irrigação no ciclo 2.	104
Tabela 42. Taxa de fotossíntese foliar (A), taxa de transpiração foliar (E), condutância estomática (Gs) e concentração interna de CO_2 (Ci) do capim BRS Zuri sob salinidade e lâminas de irrigação nos ciclos 3 e 4.	106
Tabela 43. Temperatura foliar (T_{fol}) e índice de clorofila relativo (ICR) do capim BRS Zuri sob salinidade e lâminas de irrigação nos ciclos 1 e 2.	107
Tabela 44. Temperatura foliar (T_{Fol}) e índice de clorofila relativo (ICR) do capim BRS Zuri sob salinidade e lâminas de irrigação nos ciclos 3 e 4.	109
Tabela 45. Índice de clorofila relativo (ICR) do capim BRS Zuri sob salinidade e lâminas de irrigação no ciclo 4.	109

SUMÁRIO

1	REFERENCIAL TEÓRICO.....	15
1.1	Importância da água na agricultura.....	15
1.2	Efeitos do estresse hídrico sobre plantas.....	16
1.3	Efeitos do estresse salino sobre plantas.....	18
1.4	Características morfofisiológicas de plantas forrageiras.....	20
	REFERÊNCIAS.....	23
2	CARACTERÍSTICAS MORFOGÊNICAS E ESTRUTURAIS DO CAPIM	31
	<i>PANICUM MAXIMUM</i> BRS ZURI SOB SALINIDADE E LÂMINAS DE	
	IRRIGAÇÃO.....	
2.1	Introdução.....	33
2.2	Material e métodos.....	34
2.3	Resultados e discussão.....	38
2.4	Conclusão.....	53
	REFERÊNCIAS.....	54
3	ESTRUTURA E COMPONENTES DA BIOMASSA DO CAPIM	59
	<i>PANICUM MAXIMUM</i> BRS ZURI SOB SALINIDADE E LÂMINAS DE	
	IRRIGAÇÃO.....	
3.1	Introdução.....	63
3.2	Material e métodos.....	64
3.3	Resultados e discussão.....	68
3.4	Conclusão.....	83
	REFERÊNCIAS.....	84
4	EFICIÊNCIA DE USO DA ÁGUA E TROCAS GASOSAS DO CAPIM	89
	<i>PANICUM MAXIMUM</i> BRS ZURI SOB SALINIDADE E LÂMINAS DE	
	IRRIGAÇÃO.....	
4.1	Introdução.....	93
4.2	Material e métodos.....	94
4.3	Resultados e discussão.....	98
4.4	Conclusão.....	110
	REFERÊNCIAS.....	111

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A água é o fator abiótico de maior impacto na produtividade das culturas, principalmente nas regiões áridas e semiáridas onde esse recurso é ainda mais limitante. Nessas regiões, o uso da água para irrigação na agricultura têm sido de debates dada a preocupação com anos consecutivos de precipitação abaixo da média histórica, gerando questionamentos da sociedade civil e poder público quanto ao seu uso eficiente.

O aumento no crescimento populacional e, conseqüentemente, da demanda por água potável, aliado a escassez desse recurso nas regiões mais secas, tem incentivado o uso de água de qualidade inferior na agricultura. Nesse sentido, o uso de água salina surge como opção para irrigação, sendo necessário investigar a viabilidade quanto à tolerância das culturas, bem como os possíveis impactos ao meio ambiente.

Diversos estudos publicados na literatura demonstram a importância e os benefícios da irrigação em pastagens para o incremento da biomassa de forragem produzida e maior eficiência nos sistemas de produção a pasto. Contudo, observa-se ampla variação nas respostas entre as espécies e de acordo com o manejo do capim, manejo da irrigação e condições ambientais.

A produção de ruminantes nas regiões tropicais é majoritariamente baseada no uso de pastagens como principal fonte de alimento. As cultivares de *Panicum maximum* são caracterizadas por sua alta produtividade, alto valor nutritivo e boa aceitação pelos animais, desde que bem manejadas e em condições ambientais adequadas. A cultivar BRS Zuri foi lançada pela Embrapa em 2014. No entanto, há escassez de informações na literatura sobre o seu manejo e a influência dos fatores abióticos sobre o comportamento e produção da cultivar.

Considerando a necessidade de ampliar o conhecimento acerca do potencial produtivo das espécies forrageiras em condições limitantes e, reconhecendo a importância do manejo correto e sustentável da irrigação para aumentar a eficiência produtiva das pastagens, este estudo objetivou caracterizar as respostas morfofisiológicas da gramínea BRS Zuri frente a diferentes condições de manejo do recurso hídrico.

1 REFERENCIAL TEÓRICO

1.1 Importância da água na agricultura

A sazonalidade climática é um fenômeno de ocorrência global que afeta diretamente a produção agrícola e, por consequência, os sistemas de produção animal e a oferta de alimentos para a população humana. A escassez hídrica afeta boa parte das áreas cultivadas no mundo, principalmente nas regiões áridas e semiáridas, provocando perdas significativas na produção vegetal e sérios prejuízos socioeconômicos (BOOMSMA; VYN, 2008; MUNNS, 2002).

O uso da irrigação como método para distribuição artificial e homogênea de água permite suprir as necessidades hídricas da planta garantindo sua oferta nos períodos de estiagem. Assim, a produção vegetal passará a depender de outros fatores como o potencial genético da planta, a disponibilidade de nutrientes, radiação solar e temperatura.

Embora as áreas sob irrigação no planeta correspondam a somente 20% da área total cultivada, os cultivos irrigados contribuem com aproximadamente 40% da produção total de alimento e sua produtividade é cerca de três vezes superior a de áreas não irrigadas (FAO, 2006).

O manejo da irrigação deve contemplar além do uso racional, fatores relacionados ao aspecto qualitativo da água, como à concentração de sais. A concentração de sais solúveis ou salinidade é considerada como fator limitante ao desenvolvimento da maioria das culturas (BERNARDO; SOARES; MANTOVANI, 2008).

Cerca de 40% das terras irrigadas no mundo estão localizadas em regiões áridas e semiáridas (FAO, 2006). A salinização dos solos nessas regiões pode surgir principalmente devido à baixa precipitação, alta evapotranspiração, drenagem deficiente e práticas agrícolas inadequadas (PEDROTTI *et al.*, 2015; VASCONCELOS *et al.*, 2013).

No Brasil, o semiárido corresponde a 11,4% do território e a água utilizada na irrigação nessa região pode apresentar alto teor de sais (MEDEIROS *et al.*, 2003). Assim, o uso irracional da água de qualidade inferior pode ocasionar além de desordens ambientais, prejuízos socioeconômicos à região (MELO *et al.*, 2008; TAVARES FILHO *et al.*, 2012).

Entretanto, o uso de água de qualidade inferior pode apresentar-se como alternativa viável para atender à demanda da irrigação nessas regiões sem competir com o consumo humano (SILVA *et al.*, 2014). A irrigação utilizando fontes alternativas de água contendo teores variáveis de sais como as excedentes de tanques de piscicultura e

carcinocultura (CARVALHO JÚNIOR *et al.*, 2010) e águas residuárias de bovinocultura (ERTHAL *et al.*, 2010), por exemplo, apresentaram resultados satisfatórios na produção vegetal.

Para utilização de águas de baixa qualidade para irrigação devem-se considerar as condições gerais de uso, como clima, tolerância da cultura utilizada, características do solo, método de irrigação e práticas de manejo que evitem a elevação da salinidade do solo (RHOADES; KANDIAH. MASHALI, 2000).

Dentre as práticas adequadas podem ser citadas a lixiviação de sais, sistemas de drenagem para remoção dos sais no sistema radicular, seleção de culturas tolerantes, uso de irrigações frequentes e mistura de águas (LIMA, 2009). A utilização da irrigação localizada (gotejamento) nas pastagens, evitando os efeitos negativos causados pelo contato direto dos sais com a superfície foliar, seria outra alternativa de manejo, além de promover melhor a lixiviação dos sais do sistema radicular (BEZERRA *et al.*, 2014; LIRA, 2016).

O uso de água salina na irrigação de espécies forrageiras de forma adequada pode representar um importante recurso alimentar para ruminantes nas regiões onde há limitação de água de boa qualidade (MASTERS; BENES; NORMAN, 2007; SUYAMA *et al.*, 2007). Tendo em vista os potenciais impactos da salinidade, o manejo dos recursos hídricos de forma racional pode ser utilizado como ferramenta para manutenção e sustentabilidade na produção agrícola principalmente nas regiões semiáridas.

1.2 Efeitos do estresse hídrico sobre plantas

O estresse vegetal pode ser definido como qualquer fator externo que influencia negativamente o crescimento, produtividade, capacidade reprodutiva ou sobrevivência das plantas, podendo estar relacionado a fatores abióticos ou ambientais e fatores bióticos ou biológicos (RHODES; NADOLSKA-ORCZYK, 2001).

O crescimento das plantas pode ser limitado tanto pelo déficit quanto pelo excesso de água. O déficit hídrico ocorre na maioria dos ambientes naturais e agrícolas, causado por períodos alternados ou contínuos sem precipitação (TAIZ; ZIEGER, 2013), principalmente na estação seca, quando a água do solo não está disponível por dias, semanas ou até meses, causando um decréscimo nas atividades fisiológicas das plantas (CAVALCANTE *et al.*, 2009).

A deficiência hídrica provoca diminuição no potencial hídrico e na turgescência celular em virtude das alterações na relação entre a água e as trocas gasosas em consequência do fechamento estomático, resultando em menor disponibilidade de CO₂ e restrição da

atividade fotossintética (CHAVES; FLEXAS; PINHEIRO, 2009; SHAO *et al.*, 2008; SILVA *et al.*, 2006).

Quando a planta é exposta à seca moderada, a abertura estomática diminui possivelmente pela detecção de sinais físicos ou químicos como a pressão hidráulica e o hormônio ABA (ácido abscísico) (XU; ZHOU; SHIMIZU, 2010). O ABA funciona como um mensageiro entre a raiz e a parte aérea, em condições de dessecação do solo, para induzir o fechamento estomático e reduzir a perda de água por transpiração diminuindo a taxa fotossintética, antes mesmo de haver variações no potencial hídrico de folha (WASEEM *et al.*, 2011).

O ajustamento osmótico é uma estratégia utilizada pelas plantas para tolerar o estresse hídrico, em que o potencial hídrico foliar torna-se mais negativo através do acúmulo de substâncias orgânicas que ajudam na osmorregulação (MONTEIRO *et al.*, 2014). Sob exposição prolongada ao estresse hídrico constante, o organismo pode desenvolver-se um alto grau de resistência na tentativa de reestabilização. Se a condição de estresse crônico ou agudo for alcançada, danos latentes desenvolvem-se ocasionando lesões irreversíveis (LARCHER, 2006).

As respostas específicas das plantas ao déficit hídrico envolvem estratégias para evitar estresse e de tolerância que variam conforme o genótipo (CHAVES *et al.*, 2002) e são dependentes da evapotranspiração, duração do estresse e estágio de desenvolvimento da planta (BRAY, 1997). Quando a intensidade da seca é mais severa, a eficiência fotoquímica e atividade da Rubisco poderão ser limitadas, o que pode reduzir a taxa fotossintética à zero. Ao mesmo tempo, processos metabólicos adversos como a formação das espécies reativas de oxigênio poderão ser agravados, além da diminuição no conteúdo de clorofila e carotenoides da planta (EFEOĞLU *et al.*, 2009; VASCONCELOS *et al.*, 2009; XU; ZHOU; SHIMIZU, 2010).

As alterações fisiológicas afetam os processos de expansão e divisão celular, crescimento vegetativo e reprodutivo e a aceleração da senescência foliar, podendo resultar na morte da planta (TAIZ; ZIEGER, 2013). Os sintomas visuais observados em plantas sob déficit hídrico são o enrolamento, murchamento, inclinação, dessecação e queda das folhas (abscisão foliar). A dessecação ocorre quando há perda intensa de água, o que pode levar a uma queda brusca no metabolismo e, eventualmente, na interrupção de rotas enzimáticas (OLIVEIRA; ALENCAR; GOMES-FILHO, 2013).

As principais respostas fenológicas são a redução nas dimensões foliares, resultando em menor área foliar e produção de matéria seca da parte aérea (COSTA; PINHO;

PARRY, 2008). Segundo Lopes e Lima (2015), a redução na área foliar é um dos mecanismos de ajuste desenvolvido para evitar o estresse hídrico pela menor exposição à radiação solar com o objetivo de reduzir a perda de água. O déficit hídrico moderado afeta também o desenvolvimento das raízes, pois com a inibição do crescimento da parte aérea, uma maior proporção de assimilados pode ser distribuída ao sistema subterrâneo, sustentando o crescimento posterior das raízes (TAIZ; ZIEGER, 2013).

Em pastagens, o estresse hídrico pode afetar o crescimento e qualidade das espécies cultivadas impactando na produção agropecuária. Portanto, o entendimento das respostas de plantas forrageiras em condição de déficit hídrico pode auxiliar no uso de práticas de manejo que possibilitem a melhor utilização do pasto, principalmente no período seco.

1.3 Efeitos do estresse salino sobre plantas

O termo salinidade, por sua vez, refere-se à presença de determinados solutos minerais eletrolíticos no solo e na água em concentrações que podem limitar o desenvolvimento vegetal de acordo com o manejo adotado (DANTAS *et al.*, 2006; MORAIS NETO *et al.*, 2012; MAIA *et al.*, 2015; PURBAJANTI *et al.*, 2010).

A condutividade elétrica (CE) é o parâmetro utilizado para expressar a salinidade da água, pois apresenta elevada correlação com a quantidade de sais dissolvidos na água. Rhoades *et al.* (1992) sugeriram a classificação quanto a CE da água em dS m^{-1} : água não salina ($<0,7$); ligeiramente salina (0,7 - 2,0); moderadamente salina (2,0 - 10,0); altamente salina (10,0 - 25,0); e excessivamente salina (25,0 - 45,0). Quanto ao risco de salinidade a água para irrigação pode ser considerado pela CE (dS m^{-1}) em: nenhum ($<0,7$); moderado (0,7 a 3,0) e severo ($>3,0$) (AYERS; WESTCOT, 1999).

Em função do mecanismo fisiológico adotado, a planta tolera certa concentração de sais (salinidade limiar) a partir da qual seu rendimento começa a decrescer. Quando este limite é ultrapassado o excesso de sais passa a influenciar no aparato celular manifestando-se em uma série de alterações morfofisiológicas (AYERS; WESTCOT, 1999). As plantas sensíveis à salinidade ou não adaptadas a ambientes salinos são denominadas de glicófitas e, em quase sua totalidade, apresentam algum comprometimento no desenvolvimento quando a CE supera $4,0 \text{ dS m}^{-1}$ (MUNNS; TESTER, 2008).

O excesso de sódio pode trazer prejuízos às propriedades físicas e químicas do solo (CAVALCANTE *et al.*, 2010) ou mesmo torná-lo salino com nível baixo ou moderado de salinidade, sem que o problema seja detectado (PEDROTTI *et al.*, 2015). O efeito dos sais

sobre a estrutura do solo ocorre inicialmente pela interação eletroquímica existente entre os cátions e a argila. Devido ao processo de contração e expansão, a argila poderá dispersar-se prejudicando a permeabilidade do solo (MEDEIROS *et al.*, 2010).

A utilização da irrigação normalmente acarreta a incorporação de sais ao perfil do solo por conter sais solúveis na água e, devido ao seu uso continuado e ausência de lixiviação, o sal se deposita na zona radicular e superfície do solo, decorrente da evaporação da água (LIRA, 2016).

A elevada concentração de solutos na solução do solo promove a redução do potencial osmótico e hídrico do solo, ocasionando a diminuição na disponibilidade de água para as plantas. Assim, a planta tende a ter um dispêndio maior de energia para absorver água e nutrientes (LEONARDO *et al.*, 2003). O desequilíbrio nutricional e toxicidade de íons específicos também podem ocorrer, interferindo nos processos fisiológicos da planta, especialmente nas espécies mais susceptíveis (ALVES *et al.*, 2011; DIAS *et al.*, 2011; FARIAS *et al.*, 2009; WILLADINO; CAMARA, 2010).

Em condições salinas, o crescimento das plantas pode ser diretamente comprometido em virtude da redução da absorção de água e elevada concentração de íons no fluxo transpiratório que se movem para a parte aérea (MUNNS; TESTER, 2008). Em plantas com elevada taxa de absorção de sal as folhas apresentam necrose nos tecidos foliares e a aceleração da senescência de folhas maduras, reduzindo assim a área destinada à fotossíntese (MUNNS, 2002). A redução das taxas fotossintéticas ocorre também por decréscimo no conteúdo de clorofila e na condutância estomática nas folhas (AISHAH *et al.*, 2011).

As alterações morfofisiológicas em plantas expostas à salinidade são semelhantes às aquelas causadas pelo estresse hídrico. A redução do crescimento e área foliar são associados principalmente à redução da pressão de turgor, a qual interfere nos processos de alongamento e divisão celular (TAIZ; ZEIGER, 2013). No entanto, as respostas das plantas ao estresse salino são complexas uma vez que pode ocorrer interação com a condição hídrica da planta, de forma que a disponibilidade hídrica pode intensificar ou minimizar os efeitos deletérios do estresse salino.

Para garantir a sobrevivência em ambientes salinos, as plantas desenvolvem estratégias adaptativas como a acumulação ou exclusão seletiva de íons, controle da entrada de íons pelas raízes, carreamento no xilema e transporte para as folhas, sequestro e compartimentalização de íons nos vacúolos, síntese de osmólitos, alterações nas vias fotossintéticas, modificações nas estruturas das membranas e produção de hormônios e

enzimas (ESTEVEES; SUZUKI 2008; MUNNS; TESTER, 2008; PANDOLFI; MANCUSO; SHABALA, 2012).

Apesar das forrageiras em geral serem classificadas como tolerantes à salinidade, as espécies reagem de forma distinta à salinidade (AYERS; WESTCOT, 1999), podendo variar entre cultivares, idade da planta, condições ambientais, tempo de exposição, concentração salina, manejo da irrigação, fertilidade do solo ou outros estresses (MUNNS; TESTER, 2008; OLIVEIRA; ALENCAR; GOMES-FILHO, 2013; SOUSA; BEZERRA; FARIAS, 2011), assim, nenhuma planta será plenamente adaptável a todos os sistemas.

A compreensão dos efeitos da salinidade torna-se relevante para o entendimento dos mecanismos fisiológicos que a planta utiliza para tolerar o estresse, possibilitando o melhoramento genético de cultivares (MUNNS, 2011; NIU *et al.*, 2012) e ampliando a capacidade de cultivo dessas espécies em diferentes condições ambientais.

1.4 Características morfofisiológicas de plantas forrageiras

O estudo da morfofisiologia de gramíneas forrageiras e sua interação com o meio ambiente vêm ocorrendo de forma acentuada nos últimos anos, uma vez que as estratégias de manejo baseadas nessas características contribuem com incrementos na produtividade das pastagens (GARCEZ NETO *et al.*, 2002; SILVA; SBRISSIA, 2000).

Os fatores abióticos interferem nos processos morfofisiológicos determinantes do desenvolvimento do vegetal. Fatores como luz, temperatura, água, nutrientes e manejo afetam o processo de fotossíntese e a dinâmica de crescimento dos componentes do pasto (SANTOS *et al.*, 2011a) e, por consequência, a capacidade de suporte das pastagens e a produtividade animal (CASAGRANDE *et al.*, 2010).

Em termos fisiológicos, crescimento é definido como o aumento em tamanho, volume e massa de um órgão no tempo (HUNT, 1990). Os índices de crescimento podem ser medidos por meio de métodos destrutivos, avaliando-se o peso seco de um órgão vegetal (colmo, folha ou raiz) ao final de um período definido, ou por métodos não-destrutivos, mensurando-se as dimensões em intervalos de tempo determinados, como ocorre nas avaliações morfogênicas.

A morfogênese vegetal é definida como sendo a dinâmica de geração e expansão da forma da planta no espaço (LEMAIRE; CHAPMAN, 1996), e embora seja geneticamente programada pode ser influenciada pelos fatores ambientais (FAGUNDES *et al.*, 2006). A morfogênese é descrita principalmente pelas características: taxa de aparecimento foliar, taxa de alongamento de folhas, duração de vida da folha (CHAPMAN; LEMAIRES, 1993) e taxa de

alongamento do colmo (SBRISSIA; SILVA, 2001) característica importante para as plantas forrageiras tropicais.

As características morfogênicas determinam as características estruturais, que por sua vez, estabelecem a área foliar capaz de interceptar a radiação fotossinteticamente ativa incidente, ou seja, a eficiência fotossintética do pasto. A duração de vida da folha por exemplo, determina o número máximo de folhas vivas por perfilho, a duração da fase de corte ou pastejo e início da senescência e morte foliar (ALEXANDRINO; CÂNDIDO; GOMIDE, 2011).

As principais características estruturais avaliadas são o número de folhas por perfilho, o tamanho das folhas, a densidade populacional de perfilho (CHAPMAN; LEMAIRE, 1993). A relação folha/colmo descrita por Sbrissia e Silva (2001), compõe a estrutura e relaciona-se com o valor nutritivo da forragem, pois as folhas são a fração da planta forrageira com maior digestibilidade, por serem mais ricas em proteína bruta e com menor teor de fibra (VAN SOEST, 1994).

O número de folhas expandidas e o número de folhas emergentes também caracterizam a estrutura da pastagem, sendo o último relacionado à recuperação do pasto pela restauração da área foliar após o corte ou pastejo. Outro componente relevante é a altura do pasto, uma vez que o manejo da altura permite controlar o alongamento de colmos, fração indesejável e de composição bromatológica inferior às lâminas foliares (DIFANTE *et al.*, 2009).

O estudo da estrutura do pasto permite verificar como a comunidade vegetal está utilizando os recursos abióticos disponíveis e as consequências sobre o comportamento ingestivo do animal em pastejo (ALLDEN; WHITTAKER, 1970; NEWMAN; PARSONS; PENNING, 1994). Dessa forma, pode ser entendida como a distribuição espacial e proporcional dos componentes da pastagem (folhas, colmo, material senescente) que determinam a massa verde disponível para o consumo animal.

A relação F/C em gramíneas é importante no manejo de pastagens e tem impacto na nutrição animal, uma vez que a proporção de folhas ou hastes na massa seca total altera o valor nutritivo da forragem consumida. Nas folhas encontram-se os nutrientes de maior digestibilidade elevando o valor nutricional das pastagens (SANTOS *et al.*, 2011b).

As características fisiológicas como as taxas de fotossíntese, respiração e transpiração foliar também podem ser influenciadas pelas diferentes condições ambientais (MUNNS; TESTER, 2008). Estudos que avaliam as trocas gasosas em forrageiras possibilitam quantificar as respostas das plantas em termos de concentração interna de CO₂ na

folha, condutância estomática, fotossíntese foliar entre outros, cujos parâmetros influenciam diretamente no potencial de produção de biomassa de plantas forrageiras (LOPES *et al.*, 2013).

Dessa forma, a avaliação das alterações morfo-fisiológicas que ocorrem na planta podem contribuir para a seleção de espécies forrageiras adequadas, bem como para a adequação nas técnicas de manejo para obtenção de forragem de qualidade mantendo a sustentabilidade do sistema produtivo.

REFERÊNCIAS

AISHAH, H. S. *et al.* Photosynthetic responses of forage sorghums to salinity and irrigation frequency. **Journal of Food, Agriculture and Environment**, v. 9, n. 1, p. 566–569, 2011.

ALEXANDRINO, E.; CÂNDIDO, M. J. D.; GOMIDE, J. A. Fluxo de biomassa e taxa de acúmulo de forragem em capim Mombaça mantido sob diferentes alturas. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 12, n. 1, p. 59-71, 2011.

ALLDEN, W. G., WHITTAKER, I. A. The determinants of herbage intake by grazing sheep: the interrelationship of factors influencing herbage intake and availability. **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 21, n. 5, p.722-766, 1970.

ALVES, F. A. L. *et al.* Efeito do Ca^{2+} externo no conteúdo de Na^+ e K^+ em cajueiros expostos a salinidade. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 6, n. 4, p. 602–608, 2011.

AYERS, R.S., WESTCOT, D.W. **A qualidade da água na agricultura**. Estudos FAO Irrigação e Drenagem, 29.Campina Grande: UFPB, 1999. 153p.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 8.ed. Viçosa: UFV, 2008. 625p.

BEZERRA, F. M. S. *et al.* Desenvolvimento do capim tifton submetido a dois métodos de irrigação utilizando águas salinas. *In: INOVAGRI INTERNATIONAL MEETING*, 2, 2014, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza, 2014, p. 5469–5474.

BOOMSMA, C. R.; VYN, T. J. Maize drought tolerance: Potential improvements through arbuscular mycorrhizal symbiosis? **Field Crops Research**, v. 108, n. 1, p. 14–31, 2008.

BRAY, E. A. Plant responses to water deficit. *Trends in Plant Science*, v.2, p.48-54, 1997.

CARVALHO JÚNIOR, S. B. *et al.* Produção e avaliação bromatológica de espécies forrageiras irrigadas com água salina. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 10, p. 1045–1051, 2010.

CASAGRANDE, D. R. *et al.* Características morfogênicas e estruturais do capim-marandu manejado sob pastejo intermitente com diferentes ofertas de forragem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 10, p. 2108-2115, 2010.

CAVALCANTE, A. C. R. **Estresse por déficit hídrico em plantas forrageiras**. Documentos 89 - Embrapa Caprinos e Ovinos, 2009, 50p. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPC-2010/23051/1/doc89.pdf>>. Acesso em: 10 dez. 2016.

CAVALCANTE, L. F. *et al.* Fontes e níveis da salinidade da água na formação de mudas de mamoeiro cv. sunrise solo. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 31, n. suppl. 1, p. 1281–1290, 2010.

CHAPMAN, D.F.; LEMAIRE, G. Morphogenetic and structural determinants of plant regrowth after defoliation. *In*: BAKER, M. J. (Ed.). **Grasslands for Our World**. SIR Publishing, Wellington, p. 55-64, 1993.

CHAVES, M.M. *et al.* How plants cope with water stress in the field? Photosynthesis and growth. **Annals of Botany**, v. 89, p. 907-916, 2002.

CHAVES, M. M.; FLEXAS, J.; PINHEIRO, C. Photosynthesis under drought and salt stress: regulation mechanisms from whole plant to cell. **Annals of Botany**, v. 103, n. 4, p. 551-560, 2009.

COSTA, J. R.; PINHO, J. L. N.; PARRY, M. M. Produção de matéria seca de cultivares de milho sob diferentes níveis de estresse hídrico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 12, n. 5, p. 443-450, 2008.

DANTAS, J. A. *et al.* Efeito da salinidade sobre o crescimento e composição mineral de seis clone de *Pennisetum*. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 37, n. 1, p. 97-101, 2006.

DIAS, N. S.; FERREIRA NETO, M.; COSME, C. R.; GHEYI, H. R. Qualidade da água na agricultura. *In*: DIAS, N. S.; SILVA, M. R. F.; GHEYI, H. R. **Recursos hídricos: usos e manejos**. São Paulo: Ed. Livraria da Física, 2011, p.31-62.

DIFANTE, G. S. *et al.* Ingestive behaviour, herbage intake and grazing efficiency of beef cattle steers on Tanzania guinea grass subjected to rotational stocking managements. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 6, p. 1001-1008, 2009.

EFEÖĞLU, B.; EKMEKÇI, Y.; ÇIÇEK, N. Physiological responses of three maize cultivars to drought stress and recovery. **South African Journal of Botany**, v. 75, n. 1, p. 34-42, 2009.

ERTHAL, V. J. T. *et al.* Características fisiológicas, nutricionais e rendimento de forrageiras fertirrigadas com água residuária de bovinocultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 5, p. 458-466, 2010.

ESTEVES, B. S.; SUZUKI, M. S. Efeitos da salinidade sobre as plantas. **Oecologia Brasiliensis**, v.12, n.4, p.662-679, 2008.

FAGUNDES, J. L. *et al.* Características morfogênicas e estruturais do capim-braquiária em pastagem adubada com nitrogênio avaliadas nas quatro estações do ano. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.1, p.21-29, 2006.

FAO. **Water in agriculture: opportunity untapped**. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2006.

FARIAS, S. G. G. *et al.* Estresse salino no crescimento inicial e nutrição mineral de gliricídia (*Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Steud) em solução nutritiva. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, n. 5, p. 1499-1505, 2009.

GARCEZ NETO, A. F. *et al.* Respostas morfogênicas e estruturais de *Panicum maximum* cv. Mombaça sob diferentes níveis de adubação nitrogenada e alturas de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 5, p.1890-1900, 2002.

HUNT, R. **Basic growth analysis: plant growth analysis for beginners**. London: Unwin Hyman. 1990. 112p.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. 3.ed. São Carlos: Rima, 2006. 531 p.

LEMAIRE, E.; CHAPMAN, D. Tissue flows in grazed plant communities. In: HODGSON, J.; ILLIUS, A.W. (Eds.) **The ecology and management of grazing systems**. Wallingford: CAB, 1996. p.3-36.

LEONARDO, M. *et al.* Estresse salino induzido em plantas de pimentão e seus efeitos na produção de frutos. **Horticultura Brasileira**, v. 21, p. 1-4, 2003.

LIMA, V. L. A. Reuso de água para irrigação em zonas áridas. In: PAZ, V. P. S. *et al* (Org.) **Manejo e sustentabilidade da irrigação em regiões áridas e semiáridas**. Cruz das Almas: Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2009. 345 p.

LIRA, R. M. **Salinidade da água de irrigação e frações de lixiviação no cultivo da cana-de-açúcar**. 2016. 101f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2016.

LOPES, M. N. *et al.* Trocas gasosas e índices de crescimento em capim-braquiária manejado sob lâminas de irrigação e idades de crescimento. **Revista Agro@mbiente On-line**, v.7, n.1, p.10-17, 2013.

LOPES, N. F.; LIMA, M. G. S. **Fisiologia da produção**. Viçosa-MG: Ed. UFV, 2015, 492p.

MAIA, P. M. E. *et al.* Interação salinidade e nitrogênio sobre os componentes de produção do capim Tanzânia. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 9, n. 4, p. 259-268, 2015.

MASTERS, D. G.; BENES, S. E.; NORMAN, H. C. Biosaline agriculture for forage and livestock production. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 119, n. 3-4, p. 234-248, 2007.

MEDEIROS, J. F. *et al.* Caracterização das águas subterrâneas usadas para irrigação na área produtora de melão da Chapada do Apodi. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 7, n. 3, p. 469–472, 2003.

MEDEIROS, P. R. F.; SILVA, E. F. F.; DUARTE, S. N. Salinidade em ambiente protegido. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. (Org.). **Manejo da salinidade na**

agricultura: estudos básicos e aplicados. Fortaleza: INCT Sal, 2010. p.83-91.

MELO, M. R. *et al.* Correção de solos salino-sódicos pela aplicação de gesso mineral. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 12, n. 4, p. 376-380, 2008.

MONTEIRO, J. C. *et al.* Crescimento e conteúdo de prolina em plântulas de guandu submetidas à estresse osmótico e à putrescina exógena. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 49, n. 1, p. 18-25, 2014.

MORAIS NETO, L. B. *et al.* Effect of irrigation water salinity and cutting age on the components of biomass of *Echinochloa pyramidalis*. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 41, n. 3, p. 550–556, 2012.

MUNNS, R. Comparative physiology of salt and water stress. **Plant, cell & environment**, v. 25, n. 2, p. 239–250, 2002.

MUNNS, R. Plant Adaptations to Salt and Water Stress: Differences and Commonalities. **Advances in Botanical Research**, v.57, p. 1-32, 2011.

MUNNS, R.; TESTER, M. Mechanisms of salinity tolerance. **Annual review of plant biology**, v. 59, p. 651–81, 2008.

NEWMAN, J. A.; PARSONS, A. J.; PENNING, P. D. A note on the behavioural strategies used by grazing animals to alter their intake rates. **Grass and Forage Science**, v. 49, p. 502-505, 1994.

NIU, G. *et al.* Growth and physiological responses of maize and sorghum genotypes to salt stress. **ISRN Agronomy**, v. 2012, 12p., 2012.

OLIVEIRA, A. B.; ALENCAR, N. L. M.; GOMES-FILHO, E. Comparison between the water and salt stress effects on plant growth and development. In: AKINCI, S. (Ed.). **Responses of Organisms to Water Stress**, InTech, Rijeka, Croatia, p.67-94, 2013.

PANDOLFI, C.; MANCUSO, S.; SHABALA, S. Physiology of acclimation to salinity stress

in pea (*Pisum sativum*). **Environmental and Experimental Botany**, v. 84, p. 44–51, 2012.

PEDROTTI, A. *et al.* Causas e consequências do processo de salinização dos solos Causes and consequences of the process of soil salinization. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 19, n. 2, p. 1308–1324, 2015.

PURBAJANTI, E. D. Photosynthesis and yields of grasses grown in saline condition. **Journal of the Indonesian Tropical Animal Agriculture**, v. 35, n. 1, p. 42-47, 2010.

RHODES D.; NADOLSKA-ORCZYK, A. Plant stress physiology. **Encyclopedia of Life Sciences**. Nature Publishing Group (www.els.net), 2001, p.1-7.

RHOADES, J. D. Instrumental field methods of salinity appraisal. In: TOPP, G. C.; REYNOLDS, W. D. and GREEN, R. E. (Ed.). **Advances in Measurement of Soil Physical Properties: bringing theory into practice**. Special Publ. 30, ASA, CSSA and SSSA, Madison, Wisconsin. (In press). 1992.

RHOADES, J.D.; KANDIAH, A.; MASHALI, A.M. **Uso de águas salinas para produção agrícola**. Estudos FAO. Irrigação e drenagem, 48. Campina Grande: UFPB, 2000. 117p.

SANTOS, M. E. R. *et al.* Características morfogênicas e estruturais de perfilhos de capim-braquiária em locais do pasto com alturas variáveis. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n.3, p.535-542, 2011.

SANTOS, V. R. V. *et al.* Características estruturais e bromatológicas do capim Tanzânia sob pastejo isolado, simultâneo e alternado de ovinos com bovinos. **Ciência Animal Brasileira**, v. 12, n. 4, p. 670–680, 2011.

SBRISSIA, A. F.; SILVA, S. C. O ecossistema de pastagens e a produção animal. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2001. p.731-754.

SHAO H. B. *et al.* Water-deficit stress-induced anatomical changes in higher plants. **Comptes Rendus Biologies**, v. 331, n. 3, p. 215-225, 2008.

SILVA, J. L. A. *et al.* Uso de águas salinas como alternativa na irrigação e produção de forragem no semiárido nordestino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18 (suplemento), p. 66-72, 2014.

SILVA, M. M. P. *et al.* Eficiência fotoquímica de gramíneas forrageiras tropicais submetidas à deficiência hídrica. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 1, p. 67-74, 2006.

SILVA, S. C.; SBRISSIA, A. F. A planta forrageira no sistema de produção. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGEM, 17., 2000, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2000. p. 3-21.

SOUSA, A. B. O.; BEZERRA, M. A.; FARIAS, F. C. Germinação e desenvolvimento inicial de clones de cajueiro comum sob irrigação com água salina. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 4, p. 390-394, 2011.

SUYAMA, H. *et al.* Forage yield and quality under irrigation with saline-sodic drainage water: Greenhouse evaluation. **Agricultural Water Management**, v. 88, n. 1-3, p. 159-172, 2007.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: ArtMed, 2013. 954p.

TAVARES FILHO, A. N. T. *et al.* Incorporação de gesso para correção da salinidade e sodicidade de solos salino-sódicos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 3, p. 247-252, 2012.

VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2.ed. New York: Cornell University Press, 1994. 476p.

VASCONCELOS, A. C. F. *et al.* Respostas de enzimas antioxidantes a bioestimulantes em plantas de milho e de soja sob estresse hídrico. **Scientia Agricola**, v. 66, n. 3, p. 395-402, 2009.

VASCONCELOS, R. R. A. DE *et al.* Características físicas de solos salino-sódicos do semiárido pernambucano em função de diferentes níveis de gesso. **Revista Brasileira de**

Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 17, n. 12, p. 1318–1325, 2013.

WASEEM, M. *et al.* Mechanism of drought tolerance in plant and its management through different methods. **Continental Journal of Agricultural Science**, v. 5, n. 1, p.10-25, 2011.

WILLADINO, L.; CAMARA, T. R. Tolerância das plantas à salinidade: aspectos fisiológicos e bioquímicos. **Enciclopédia Biosfera**, v.6, n.11, p.2-23, 2010.

XU, Z.; ZHOU, G.; SHIMIZU, H. Plant responses to drought and rewatering. **Plant signaling & behavior**, v. 5, n. 6, p. 649–54, 2010.

2 CARACTERÍSTICAS MORFOGÊNICAS E ESTRUTURAIS DO CAPIM *PANICUM MAXIMUM* BRS ZURI SOB SALINIDADE E LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO

RESUMO

Avaliaram-se as características morfogênicas e estruturais do capim BRS Zuri em casa de vegetação. O delineamento experimental foi em blocos casualizados em parcelas subdivididas. Nos ciclos 1 e 2 (experimento I), as parcelas principais foram compostas pelos níveis de salinidade na água (0,5; 2,0; 4,0 e 6,0 dS m⁻¹) e nas subparcelas lâminas de irrigação (60; 80; 100 e 120% da evapotranspiração). Nos ciclos 3 e 4 (experimento II), utilizou-se o mesmo delineamento sendo substituídos os níveis de salinidade iniciais por 0,6; 1,8 e 3,0 dS m⁻¹. Foram avaliadas as taxas de alongamento foliar (TAIF) e alongamento de colmo (TAIC), senescência foliar (TSF) e aparecimento foliar (TApF); filocrono; tempo de vida da folha (TVF); comprimento e largura final da folha (CFF e LFF); comprimento final do colmo (CFC); altura do dossel (AD); nº de folhas: expandidas (NFEx), emergentes (NFEm), vivas (NFV) e totais (NFT). No experimento I, o nível de salinidade de 6,0 dS m⁻¹ promoveu a morte das plantas impossibilitando sua avaliação a partir do 2º ciclo. No 2º ciclo, o nível de 4,0 dS m⁻¹ proporcionou as menores TAIC, filocrono, TVF, CFF, LFF, CFC, AD e NFEx. Reduções na TAIF e NFV também foram observadas sob 4,0 dS m⁻¹ em situação de baixo suprimento hídrico. Ocorreu aumento na TSF sob as lâminas de 100 e 120% da ET mesmo no nível de 2,0 dS m⁻¹. A TApF foi superior sob 4,0 dS m⁻¹. No experimento II, de maneira geral as variáveis analisadas foram afetadas com menor expressividade. Não houve diferença estatística nos níveis de salinidade para a TAIC, CFF, LFF e CFC no ciclo 4. Contudo, nesse ciclo menores NFEx e NFV foram observados no nível de 3,0 dS m⁻¹ mesmo sob lâmina de 120% da ET. Não se verificou diferença significativa entre a lâmina de 80% da ET e as maiores lâminas para TAIC, CFF, CFC, LFF, AD. No nível de salinidade de 2,0 dS m⁻¹ esse resultado também foi constatado para a TAIF. A TApF demonstrou redução sob déficit hídrico. No ciclo 3, o NFV na lâmina de 80% da ET não diferiu estatisticamente das lâminas superiores nos níveis de salinidade de 0,6 e 1,8 dS m⁻¹. A lâmina de irrigação de 60% da ET e a salinidade de 4,0 dS m⁻¹ proporcionam condições de estresse à cultivar BRS Zuri. Os níveis de 2,0 ou 1,8 dS m⁻¹ sob elevada disponibilidade hídrica ou o uso da lâmina de 80% da ET sob baixa salinidade permitem bom desenvolvimento da cultivar.

Palavras-chave: Crescimento. Déficit hídrico. Estresse salino. Estrutura. Morfogênese.

ABSTRACT

Morphogenic and structural characteristics of *Panicum maximum* cv. BRS Zuri were evaluated in a greenhouse. The experiment was arranged in a randomized block split-plot design. In cycles 1 and 2 (experiment I), were composed of salinity levels in the main plots (0.5, 2.0, 4.0 and 6.0 dS m⁻¹), and irrigation depths in the subplots (60, 80, 100 and 120% of evapotranspiration - ET). In cycles 3 and 4 (experiment II), the same design was used with the initial salinity levels replaced by 0.6; 1.8 and 3.0 dS m⁻¹. The characteristics evaluated were: leaf and stem elongation rates (LER and SER); leaf senescence rate (LSR) and leaf appearance rate (LAR); phyllochron; leaf lifespan (LLs), final leaf length and width (FLL and FLW); final stem length (FSL); canopy height (CH); number of: expanded leaves (NExL), emergent leaves (NEmL), live leaves (NLL) and total leaves (NTL). In experiment I, the level of 6.0 dS m⁻¹ resulted in plant death, so they were not evaluated after the second cycle. In the 2nd cycle, the level of 4.0 dS m⁻¹ provided the lowest SER, phyllochron, LLs, FLL, FLW, FSL, CH and NExL. Reductions in TAlF and NFV were also observed under 4.0 dS m⁻¹ when plants had low water supply. There was an increase in LSR under irrigation depths of 100 and 120% ET even at the level of 2.0 dS m⁻¹. LAR was higher under 4.0 dS m⁻¹. In the experiment II, in general, variables were affected with lower magnitude. There was no statistic difference between the salinity levels for SER, FLL, FLW and FSL in cycle 4. However, in this cycle, reductions in NFEx and NFV were observed at the level of 3.0 dS m⁻¹ even under irrigation of 120% of ET. There was no difference between 80% of ET and higher irrigation depths for SER, FLL, FLW, FSL and CH. At the salinity of 2.0 dS m⁻¹ this result was also verified for LER. LAR presented reduction in water deficit. In cycle 3, NLL at levels 0.6 and 1.8 dS m⁻¹ the irrigation of 80% of ET did not statistically differ from the higher water rates. The irrigation depth of 60% of ET and the salinity of 4.0 dS m⁻¹ provide stress conditions to BRS Zuri cultivar. Level of 2.0 or 1.8 dS m⁻¹ under high water availability or the use of irrigation depth of 80% of ET blade under low salinity, allow good development of the cultivar with no alteration in most of the morphogenic and structural characteristics.

Keywords: Growth. Morfogenesis. Saline stress. Structure. Water stress.

2.1 Introdução

Um dos grandes desafios nos sistemas de produção de ruminantes é o manejo das pastagens em condições ambientais variáveis e adversas, mediante o uso de estratégias capazes de aumentar a produtividade e qualidade nutricional das espécies forrageiras com sustentabilidade e baixo impacto ambiental.

Dentre as forrageiras melhoradas com potencial de resposta ao manejo intensivo destacam-se as gramíneas tropicais pertencentes ao gênero *Panicum*, cujos cultivares apresentam ampla adaptação às diferentes condições edafoclimáticas e características importantes para a intensificação dos sistemas de produção a pasto, tais como alta tolerância ao pisoteio, alta produção de biomassa, bom valor nutricional e elevada resposta aos fatores de produção (LOPES *et al.*, 2011).

Nesse sentido, a cultivar BRS Zuri destaca-se como gramínea de alto potencial produtivo. Foi lançada pela Embrapa em 2014, resultante de uma seleção massal em populações derivadas de *Panicum maximum* coletadas na Tanzânia com base na produtividade, vigor, capacidade de suporte, desempenho animal, resistência às cigarrinhas-das-pastagens e resistência à mancha foliar causada pelo fungo *Bipolaris maydis* (EMBRAPA, 2014).

O manejo adequado de pastagens visando maximizar a capacidade produtiva das forrageiras depende de um conjunto de fatores, tais como a compreensão dos mecanismos morfofisiológicos e sua interação com o ambiente (GARCEZ NETO *et al.*, 2002). Assim, o crescimento pode ser influenciado por diversos fatores como a duração do período de descanso (CÂNDIDO *et al.*, 2006), manejo da irrigação (CUNHA *et al.*, 2007), suprimento de nitrogênio (LOPES *et al.*, 2013) e salinidade (KANDIL; ATTIA; FAHMY, 2016; SABERI *et al.*, 2011; TALEISNIK *et al.*, 2009).

A salinidade é um dos principais fatores ambientais que limitam o desenvolvimento da maioria das culturas (MUNNS; TESTER, 2008). O maior impacto econômico é a diminuição na receita resultante da menor produtividade principalmente em regiões áridas e semiáridas, sendo intensificados sob condição de baixo suprimento hídrico (MUNNS; GILLIHAM, 2015).

O crescimento das plantas é um processo fisiológico geneticamente programado (DICKISON, 2000), entretanto, a planta forrageira somente atingirá seu potencial produtivo se os fatores bióticos e abióticos forem maximizados. Segundo Lemaire e Agnusdei (1999) as

mudanças nas características morfogênicas resultantes da ação desses elementos, são um processo progressivo e irreversível, em que qualquer mudança estrutural desencadeia novas respostas na dinâmica e estrutura do dossel.

Considerando a necessidade de ampliar o conhecimento acerca dos efeitos da salinidade e da condição hídrica sobre o crescimento das pastagens, este trabalho objetivou avaliar as características estruturais e morfogênicas, do capim *Panicum maximum* cv. BRS Zuri sob diferentes lâminas de irrigação e níveis de salinidade na água.

2.2 Material e métodos

Local e instalações

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, no Setor de Agrometeorologia do Departamento de Engenharia Agrícola na Universidade Federal do Ceará - UFC, em Fortaleza, Ceará, no período de março a agosto de 2015. A casa de vegetação dispunha de cobertura de polietileno de alta densidade (0,15 mm de espessura e 80% de transparência), telado lateral de sombrite 30% e dimensões de 12,5 m x 6,40 m. A instalação situa-se a uma altitude de 30 metros e coordenadas geográficas de 3°44'44.8"S e 38°34'56.1"O. O clima do município é classificado como tipo Aw', tropical chuvoso, segundo a classificação de Köppen.

Delineamento experimental

O estudo foi dividido duas fases: experimento I e experimento II, ambos delineados em blocos ao acaso com parcelas subdivididas e cinco repetições por tratamento, em que os níveis de salinidade compuseram as parcelas principais e as lâminas de irrigação as subparcelas. O experimento I compreendeu os ciclos 1 e 2, nos quais os tratamentos foram compostos por quatro níveis de salinidade (0,5; 2,0; 4,0 e 6,0 dS m⁻¹) e quatro lâminas de irrigação (60; 80; 100 e 120% da evapotranspiração controle). O experimento II compreendeu os ciclos 3 e 4, nos quais os tratamentos foram compostos por três níveis salinidade (0,6; 1,8 e 3,0 dS m⁻¹) aplicados sobre os tratamentos 0,5; 2,0 e 4,0 dS m⁻¹, respectivamente e quatro lâminas de irrigação (60; 80; 100 e 120% da evapotranspiração controle).

Solo e adubação

Foram utilizados vasos de polietileno perfurados na base com volume de 11 dm³, sob os quais foram colocados coletores para a água drenada. Os vasos foram preenchidos com 10 dm³ de solo passado em peneira de 4 mm, sobre uma camada de 2 cm de brita no fundo. O solo do tipo Argissolo Vermelho-Amarelo e de classificação textural franco arenoso foi coletado da camada de 0-20 cm nas dependências do Setor de Agrometeorologia. As análises físico-químicas foram realizadas no Laboratório de Solos e Água da UFC, apresentando: pH em água 4,8; em cmol_c dm⁻³: Ca²⁺ = 0,96; Mg²⁺ = 0,82; Na⁺ = 0,09; K⁺ = 0,14; H⁺ + Al³⁺ = 4,07 e Al³⁺ = 0,24; em mg dm⁻³: P assimilável = 11,64; Fe = 16,03; Cu = 0,75; Zn = 2,26 e Mn = 1,85; em g kg⁻¹: MO = 17,9.

A correção no pH e o suprimento de macro e micronutrientes foram realizados de acordo com os resultados da análise do solo. Aplicou-se calcário dolomítico (380 mg dm⁻³) 30 dias antes do plantio mantendo-se o solo úmido e, no plantio, superfosfato simples (75 mg dm⁻³ de P₂O₅) e FTE BR12 (40 mg dm⁻³). O cloreto de potássio (230 mg dm⁻³ de K₂O) e ureia (400 mg dm⁻³ de N) foram aplicados em doses parceladas, no plantio e na metade do período de uniformização, repetindo-se as quantidades a cada ciclo.

Plantio e cortes

Foram semeadas aproximadamente 50 sementes por vaso do capim *Panicum maximum* cv. BRS Zuri a profundidade de 1,0 cm. Realizou-se um desbaste 15 dias após o plantio mantendo-se cinco plantas por vaso. O corte de uniformização foi realizado 45 dias após o plantio (período de estabelecimento), iniciando-se a aplicação dos tratamentos. O capim foi avaliado durante quatro ciclos, com duração de 28 dias cada. Os cortes foram realizados com tesoura a altura de 10 cm do solo, nas datas de 23/05/15 e 20/06/15 no experimento I e 18/07/15 e 15/08/15 no experimento II.

Determinação dos níveis de salinidade e lâminas de irrigação

As irrigações foram realizadas manualmente com uso de proveta graduada. Durante o período de estabelecimento utilizou-se água de poço (CEa = 1,0 dS m⁻¹) mantendo o solo na capacidade de campo. As águas salinas foram preparadas semanalmente em

reservatórios com capacidade de 100 L, utilizando-se água de poço, água destilada, e os sais NaCl, CaCl₂.2H₂O e MgCl₂.6H₂O nas proporções de 7:2:1. A concentração dos sais foi calculada pela equação: $C_s \text{ (mmol}_c \text{ L}^{-1}) = C_{Ea} \times 10$, em que: C_s = concentração de sais; C_{Ea} = condutividade elétrica pré-estabelecida (RHOADES, 1992), obtendo-se os níveis de salinidade pré-estabelecidos.

A lâmina de irrigação foi determinada a partir da evapotranspiração (ET) por meio da diferença na pesagem de 5 vasos irrigados com água de C_{Ea} de 0,5 dS m⁻¹, após a irrigação e previamente a irrigação seguinte, considerando-se 60, 80, 100 e 120% do valor obtido. O turno de rega adotado foi de 2 dias. A lâmina total aplicada foi calculada pelo somatório das irrigações a cada ciclo (Tabela 1).

Tabela 1. Lâmina de irrigação total por ciclo (mm) aplicada em *Panicum maximum* cv. BRS Zuri com base no percentual de evapotranspiração (% ET).

Lâmina (% ET)	Experimento I		Experimento II	
	Ciclo 1	Ciclo 2	Ciclo 3	Ciclo 4
60	129,2	147,7	183,7	217,4
80	172,3	196,9	244,9	289,9
100	215,4	246,1	306,1	362,4
120	258,4	295,3	367,3	434,9

Dados meteorológicos

Os dados meteorológicos diários foram obtidos utilizando-se um *data logger* (HOBO U12-012) com sensor de temperatura (T), umidade relativa do ar (UR) localizado no centro da casa de vegetação a 1,5 m do solo. Os dados foram registrados a cada hora obtendo-se temperaturas médias de 30,4; 29,8; 29,0 e 29,2 °C e umidades relativas médias de 70,4; 71,1; 72,0 e 67,3 % para os ciclos 1, 2, 3 e 4, respectivamente.

Avaliação das características morfogênicas e estruturais

Foram selecionados três perfilhos em cada vaso, identificados com fitas coloridas. As avaliações ocorreram duas vezes por semana (a cada três e quatro dias), nos quais foram mensurados o comprimento das frações verdes e/ou senescente de lâminas foliares (DAVIES, 1993) e dos colmos e a partir dos dados coletados foram calculadas a taxa de alongamento

foliar (TAIF, cm perf. dia⁻¹): somatório dos comprimentos foliares do perfilho dividido pelo n° de dias de avaliação; taxa de alongamento de colmo (TAIC, cm perf. dia⁻¹): comprimento final menos inicial do colmo dividido pelo n° de dias de avaliação; taxa de senescência foliar (TSF, cm perf. dia⁻¹): somatório do comprimento das frações senescentes das folhas dividido pelo n° de dias de avaliação; taxa de aparecimento foliar (TApF, folha perf. dia⁻¹): n° de folhas surgidas dividido pelos n° de dias de avaliação; filocrono (dias folha⁻¹): inverso da TApF, expressando o tempo (em dias) necessário para o aparecimento de uma folha; e tempo de vida da folha (TVF): em que TVF = n° de folhas vivas x filocrono.

As características estruturais avaliadas foram: comprimento final da folha (CFF, cm): distância entre a lígula e o ápice foliar das folhas expandidas; largura final da folha (LFF, cm): maior distância entre as margens das lâminas foliares expandidas; comprimento final do colmo (CFC, cm): distância entre o solo e a lígula da última folha expandida acompanhando a inclinação do perfilho); e a altura do dossel (AD, cm): medida em dois pontos do vaso utilizando-se um bastão graduado. Foram contabilizados também o número de folhas expandidas (NFEx), número de folhas emergentes (NFEm); número de folhas vivas (NFV) e número de folhas totais (NFT).

Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância e comparação de médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade utilizando o Software Sisvar 5.6 (FERREIRA, 2011). Os fatores salinidade (S) e lâminas de irrigação (L) foram analisados dentro de cada ciclo quando observada interação significativa (S x L) a 5% de probabilidade os resultados foram detalhados. O nível de salinidade de 6,0 dS m⁻¹ não foi avaliado a partir do 2º ciclo, devido perda desse tratamento com à morte das plantas sob alta salinidade. O modelo estatístico adotado foi: $y_{ijk} = \mu + \alpha_i + b_j + e_{ij} + \gamma_k + (\alpha\gamma)_{ik} + e_{ijk}$, em que: y_{ijk} = observação no j-ésimo bloco, do i-ésimo nível do fator A e k-ésimo nível do fator B; μ = média geral; α_i = efeito devido ao i-ésimo nível do fator A; b_j = efeito devido ao j-ésimo bloco; e_{ij} = erro associado à parcela (ij); γ_k = efeito devido ao k-ésimo nível do fator B; $(\alpha\gamma)_{ik}$ = efeito da interação entre os fatores A e B; e_{ijk} = erro associado à sub parcela (ijk).

2.3 Resultados e discussão

Taxa de alongamento foliar (TAIF), taxa de alongamento de colmo (TAIC), taxa de senescência foliar (TSF)

No ciclo 1, não se observou efeito dos níveis de salinidade sobre a TAIF e TAIC. Verificou-se aumento da TSF sob a CEa de 6,0 dS m⁻¹ apresentando média de 0,42 cm perf. dia⁻¹, sem diferir estatisticamente do tratamento controle. Quanto aos efeitos das lâminas de irrigação, constatou-se que o déficit hídrico utilizando-se as lâminas de 60 e 80% da ET resultaram em menores TAIF e TAIC no ciclo 1, em comparação às demais lâminas. A TAIC apresentou redução sob restrição hídrica também no 2º ciclo (39,6%), embora menos expressiva em relação ao 1º ciclo (47,7%) quando foram comparadas as lâmina de 120 e 60% da ET. A TSF, por sua vez, não apresentou influência significativa das lâminas de irrigação no ciclo 1 (Tabela 2).

Tabela 2. Taxa de alongamento foliar (TAIF), taxa de alongamento de colmo (TAIC) e taxa de senescência foliar (TSF) do capim BRS Zuri sob salinidade e lâminas de irrigação nos ciclos 1 e 2.

Ciclo	Salinidade (CEa, dS m ⁻¹)					Lâmina de irrigação (% ET)				
	0,5	2,0	4,0	6,0	EPM	60	80	100	120	EPM
TAIF (cm perf ⁻¹ dia ⁻¹)										
1	5,77 ^a	5,33 ^a	5,24 ^a	5,00 ^a	0,24	4,43 ^c	5,30 ^b	6,00 ^a	6,05 ^a	0,16
2*	5,49 ^a	5,48 ^a	5,08 ^a	-	0,20	3,90 ^c	5,12 ^b	6,17 ^a	6,23 ^a	0,22
TAIC (cm perf ⁻¹ dia ⁻¹)										
1	0,56 ^a	0,52 ^a	0,47 ^a	0,46 ^a	0,04	0,34 ^d	0,46 ^c	0,56 ^b	0,65 ^a	0,02
2	0,61 ^a	0,49 ^a	0,32 ^b	-	0,04	0,35 ^b	0,47 ^{ab}	0,48 ^a	0,58 ^a	0,03
TSF (cm perf ⁻¹ dia ⁻¹)										
1	0,33 ^{ab}	0,18 ^b	0,21 ^b	0,42 ^a	0,05	0,36 ^a	0,28 ^a	0,24 ^a	0,26 ^a	0,05
2*	0,46 ^b	0,86 ^b	1,31 ^a	-	0,10	0,69 ^a	0,70 ^a	1,03 ^a	1,07 ^a	0,13

Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey (P>0,05). EPM: erro padrão da média. *Interação S x L significativa (P<0,05).

A maior senescência foliar em nível mais salino é desencadeada pelo início de processos fisiológicos degenerativos causados pelo acúmulo de sais no interior das células (efeito iônico), bem como pela menor absorção de água (efeito osmótico). Por outro lado, o aumento na senescência observada nas plantas sob menor concentração salina, pode estar

relacionada ao crescimento mais acelerado das folhas em plantas expostas ao ambiente mais favorável, as quais possivelmente atingiram o tamanho final mais rapidamente dentro do ciclo avaliado e iniciaram o processo de senescência.

No 1º ciclo, o estresse salino afetou o crescimento das plantas pelo incremento da senescência foliar (TSF), sem afetar as variáveis TAIF e TAIC. Por outro lado, o estresse hídrico interferiu no crescimento pela diminuição na TAIF e TAIC, sem aumento significativo na TSF, indicando que o menor crescimento nessa condição tenha ocorrido por uma desaceleração no metabolismo celular.

Ambos estresses hídrico e salino podem comprometer o desenvolvimento vegetal principalmente pela redução na absorção de água. Contudo, a elevação na concentração de sais na água acarreta em outros efeitos, pois promove o excesso de íons no citosol causando grandes alterações na atividade de enzimas e na estrutura funcional de proteínas (SILVEIRA *et al.*, 2010). Nessas condições, a salinidade pode induzir problemas sérios no transporte de água e de nutrientes minerais resultando na aceleração da morte celular.

No ciclo 2 não houve interação significativa para a TAIC, observando-se redução em 47,5% com o uso da CEa de 4,0 dS m⁻¹ em comparação ao tratamento controle (Tabela 2). A interação S x L foi significativa para as variáveis TAIF e TSF no ciclo 2. Constatou-se menor TAIF na CEa de 4,0 dS m⁻¹ em comparação aos demais níveis somente quando utilizou-se a lâmina de 80% da ET (Tabela 3).

Tabela 3. Taxa de alongamento foliar (TAIF) e taxa de senescência foliar (TSF) do capim BRS Zuri sob salinidade e lâminas de irrigação no ciclo 2.

Lâmina (%ET)	Salinidade (CEa, dS m ⁻¹)		
	0,5	2,0	4,0
TAIF (cm perf ⁻¹ dia ⁻¹)			
60	4,00 ^{aB}	3,69 ^{aB}	4,03 ^{aB}
80	5,89 ^{aA}	5,35 ^{abA}	4,12 ^{bB}
100	5,82 ^{aA}	6,18 ^{aA}	6,50 ^{aA}
120	6,28 ^{aA}	6,74 ^{aA}	5,68 ^{aA}
TSF (cm perf ⁻¹ dia ⁻¹)			
60	0,26 ^{bB}	0,25 ^{bC}	1,57 ^{aA}
80	0,54 ^{bA}	0,56 ^{bBC}	1,00 ^{aA}
100	0,55 ^{bA}	1,21 ^{aAB}	1,35 ^{aA}
120	0,50 ^{bA}	1,42 ^{aA}	1,30 ^{aA}

Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha e letra maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (P>0,05). EPM: TAIF = 0,38 e TSF = 0,22.

Embora as gramíneas diminuam a taxa de alongamento foliar de forma proporcional ao aumento na salinidade (CRAMER, 2003), as alterações no crescimento de plantas em estresse salino podem variar de acordo com a duração da exposição, concentração do sal e condições locais ambientais (MUNNS; TESTER, 2008), como a disponibilidade hídrica do solo.

No ciclo 2, a TAlF apresentou redução nas lâminas de 60 e 80% da ET quando as plantas foram irrigadas com CEa de 4,0 dS m⁻¹ (Tabela 3), evidenciando que os efeitos da salinidade sobre o crescimento das folhas podem intensificar-se em condições baixo suprimento hídrico. O estresse hídrico diminui o alongamento foliar, resultando em menor comprimento foliar e número de folhas vivas, além do aumento na senescência foliar (MAGALHÃES *et al.*, 2013)

Verificou-se que sob restrição hídrica a TSF foi menor nos níveis de 0,5 e 2,0 dS m⁻¹, em comparação ao maior nível de salinidade aplicado no 2º ciclo. Coutinho *et al.* (2015) também verificaram redução na TSF em capim-buffel (*Cenchrus ciliaris* L.) quando submetido à maior restrição hídrica. Esse resultado pode ser atribuído à menor produção de folhas e consequente diminuição da perda de água por evapotranspiração, resultando em menores taxas respiratórias e de senescência foliar (SBRISSIA e SILVA, 2008). Além disso, quando a CEa de 4,0 dS m⁻¹ foi associada ao baixo suprimento hídrico (lâminas de 60 e 80% da ET), os efeitos prejudiciais sobre o metabolismo das plantas se intensificaram por um provável aumento na concentração de sais na zona radicular, resultando em maior senescência foliar.

No ciclo 3 não se observou efeito dos níveis de salinidade sobre a TAlF e a TAIC, as quais atingiram médias de 7,06 e 0,67 cm perf.⁻¹ dia⁻¹, respectivamente. Quanto às lâminas de irrigação, verificou-se que no ciclo 3, a lâmina de 60% da ET promoveu redução na TAlF e TAIC, embora o alongamento de colmos não tenha diferido estatisticamente da lâmina de 80% da ET (Tabela 4).

Esse resultado indica que as concentrações salinas aplicadas permitiram a recuperação do crescimento de folhas e colmos que afetadas por um período de estresse mais severo no segundo ciclo. Contudo, a redução da TAlF no 4º ciclo, sob os níveis de salinidade de 1,8 e 3,0 dS m⁻¹ evidenciou que os efeitos da salinidade sobre o alongamento foliar podem ser cumulativos, manifestando-se ao longo do tempo. A queda no alongamento foliar resulta de uma redução no número de células em processo de alongação, na velocidade de alongação ou em ambos (WILLADINO; CAMARA, 2010).

Tabela 4. Taxa de alongamento foliar (TAIF), taxa de alongamento de colmo (TAIC) e taxa de senescência foliar (TSF) do capim BRS Zuri sob salinidade e lâminas de irrigação nos ciclos 3 e 4.

Ciclo	Salinidade (dS m ⁻¹)				Lâmina de irrigação (% ET)				
	0,6	1,8	3,0	EPM	60	80	100	120	EPM
TAIF (cm perf ⁻¹ dia ⁻¹)									
3	7,11 ^a	7,01 ^a	7,07 ^a	0,13	6,25 ^b	7,12 ^a	7,28 ^a	7,61 ^a	0,22
4*	5,44 ^a	4,85 ^b	4,64 ^b	0,08	4,53 ^b	4,79 ^b	4,97 ^b	5,62 ^a	0,12
TAIC (cm perf ⁻¹ dia ⁻¹)									
3	0,77 ^a	0,63 ^a	0,63 ^a	0,04	0,57 ^b	0,65 ^{ab}	0,72 ^a	0,77 ^a	0,03
4	0,42 ^a	0,34 ^a	0,34 ^a	0,02	0,35 ^a	0,35 ^a	0,37 ^a	0,40 ^a	0,02
TSF (cm perf ⁻¹ dia ⁻¹)									
3*	0,97 ^b	1,25 ^a	1,11 ^a	0,06	1,13 ^a	1,22 ^a	0,96 ^a	1,13 ^a	0,11
4	0,86 ^b	1,02 ^b	1,40 ^a	0,14	1,30 ^{ab}	1,40 ^a	0,80 ^c	0,87 ^{bc}	0,13

Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey (P>0,05). EPM: erro padrão da média. *Interação S x L significativa (P<0,05).

É interessante salientar que no 4º ciclo a TSF tendeu a um aumento sob restrição hídrica ao contrário do que ocorreu no 2º sob baixa salinidade, mostrando que ao longo dos ciclos de avaliação as plantas demonstraram maior sensibilidade ao estresse hídrico incrementando a senescência foliar nessas condições.

A TSF apresentou interação significativa (S x L) no ciclo 3. Constatou-se influência mais evidente dos níveis de salinidade e lâminas de irrigação sobre a TSF na condição de menor concentração salina, em que a TSF obtida foi 0,62 cm perf.⁻¹ dia⁻¹ na lâmina de 100% da ET (Tabela 5). Sob maior disponibilidade hídrica (lâmina de 120% da ET), é provável que o capim tenha alcançado a maturidade vegetativa previamente ao período estabelecido para o corte apresentando maior senescência foliar em relação ao nível anterior. Contudo não houve diferença estatística das lâminas de 60 e 80% da ET

Tabela 5. Taxa de senescência foliar em cm perf⁻¹ dia⁻¹ do capim BRS Zuri sob salinidade e lâminas de irrigação no ciclo 3.

Lâmina (%ET)	Salinidade (CEa, dS m ⁻¹)		
	0,6	1,8	3,0
60	0,92 ^{aAB}	1,07 ^{aA}	1,42 ^{aA}
80	0,95 ^{aAB}	1,15 ^{aA}	1,57 ^{aA}
100	0,62 ^{aB}	1,38 ^{bA}	0,88 ^{abA}
120	1,40 ^{aA}	1,01 ^{aA}	1,00 ^{aA}

Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha e letra maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (P>0,05). EPM = 0,19.

A interação S x L significativa para a TAlF no ciclo 4. Não se constatou efeito dos níveis de salinidade sobre a TAlF dentro das lâminas de 100 e 120% da ET, indicando não haver comprometimento no crescimento foliar sob maior disponibilidade hídrica. Entretanto, sob déficit hídrico (lâminas de 60 e 80% da ET), mesmo em concentrações de salinidade relativamente baixas (1,8 dS m⁻¹) a TAlF foi reduzida (Tabela 6).

Tabela 6. Taxa de alongamento foliar em cm perf.⁻¹ dia⁻¹ do capim BRS Zuri sob salinidade e lâminas de irrigação no ciclo 4.

Lâmina (%ET)	Salinidade (CEa, dS m ⁻¹)		
	0,6	1,8	3,0
60	5,13 ^{aA}	4,32 ^{bB}	4,14 ^{bB}
80	5,77 ^{aA}	4,52 ^{bB}	4,09 ^{bB}
100	5,24 ^{aA}	4,92 ^{aAB}	4,74 ^{aB}
120	5,62 ^{aA}	5,66 ^{aA}	5,60 ^{aA}

Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha e letra maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (P>0,05). EPM = 0,21.

Sob estresse hídrico e salino há um nível crítico de concentração salina acima do qual a ação do NaCl se torna adverso, aumentando a ação do estresse hídrico (SEMENOVA; FOMINA; IVANOV, 2014). Por outro lado, nas concentrações de 1,8 e 3,0 dS m⁻¹ constatou-se recuperação no alongamento foliar quando foi aplicada a lâmina de 120% da ET, demonstrando tolerância da cultivar à salinidade em condições de elevada disponibilidade hídrica.

Taxa de aparecimento foliar (TApF), filocrono e tempo de vida da folha (TVF)

A TApF e o filocrono não foram influenciados pelos níveis de salinidade no ciclo 1. Contudo, verificou-se efeito das lâminas de irrigação sobre essas variáveis com a redução na TApF para 0,10 folha perf.⁻¹ dia⁻¹ e aumento no filocrono para 10,32 dias folhas⁻¹ na condição de maior restrição hídrica (lâmina de 60% da ET), em comparação às demais lâminas de irrigação (Tabela 7).

A redução da TApF ou aumento no filocrono estão relacionados à diminuição da disponibilidade hídrica (ALVES *et al.*, 2008; SILVA *et al.*, 2005). O aumento do filocrono representa um maior tempo gasto para o aparecimento de duas folhas consecutivas,

evidenciando menor produção de folhas, em consequência das condições hídricas desfavoráveis (COUTINHO *et al.*, 2015).

Tabela 7. Taxa de aparecimento foliar (TApF), filocrono e tempo de vida da folha (TVF) do capim BRS Zuri sob salinidade e lâminas de irrigação nos ciclos 1 e 2.

Ciclo	Salinidade (CEa, dS m ⁻¹)				Lâmina de irrigação (% ET)					
	0,5	2,0	4,0	6,0	EPM	60	80	100	120	EPM
TApF (folha perf ⁻¹ dia ⁻¹)										
1	0,12 ^a	0,11 ^a	0,11 ^a	0,11 ^a	0,003	0,10 ^b	0,11 ^a	0,11 ^a	0,12 ^a	0,002
2*	0,13 ^b	0,14 ^b	0,16 ^a	-	0,002	0,12 ^b	0,14 ^b	0,15 ^a	0,16 ^a	0,004
Filocrono (dias folha ⁻¹)										
1	8,75 ^a	9,70 ^a	9,32 ^a	9,55 ^a	0,23	10,32 ^a	9,13 ^b	8,92 ^b	8,80 ^b	0,21
2*	7,78 ^a	7,48 ^a	6,74 ^b	-	0,17	8,56 ^a	7,52 ^b	6,50 ^c	6,76 ^c	0,19
TVF (dias)										
1	24,58 ^b	25,03 ^a	26,08 ^a	26,13 ^a	0,26	25,60 ^a	25,96 ^a	25,81 ^a	25,45 ^a	0,26
2	25,34 ^a	23,73 ^a	19,75 ^b	-	0,66	23,14 ^a	23,32 ^a	22,62 ^a	22,68 ^a	0,56

Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey (P>0,05). EPM: erro padrão da média. *Interação S x L significativa (P<0,05).

No 1º ciclo, o TVF foi significativamente menor na CE de 0,5 dS m⁻¹, o que pode estar relacionado à maior taxa de crescimento de folhas em condições de baixa salinidade, uma vez que os efeitos deletérios da salinidade não se manifestaram nesse ciclo. Contudo, no 2º ciclo, o TVF apresentou redução na CEa de 4,0 dS m⁻¹ (média de 19,75 dias) (Tabela 7), demonstrando que o efeito da salinidade manifestou-se evidentemente somente após quatro semanas refletindo em aumento na senescência foliar e redução na duração de vida das folhas.

Verificou-se incremento da TApF em condições de maior concentração salina na água (4,0 dS m⁻¹). O TVF apresenta relação inversa à TApF, ou seja, o aumento na TApF está relacionado à diminuição no TVF (SANTOS *et al.*, 2012). Embora a relação tenha sido evidente entre essas variáveis para os níveis de salinidade, não constatou-se efeito das lâminas de irrigação sobre o TVF nos ciclos 1 e 2, cujas médias foram de 25,7 e 22,9 dias, respectivamente.

A interação S x L foi significativa para as variáveis TApF e filocrono no ciclo 2. Sob déficit hídrico mais severo (60% da ET) observou-se redução significativa da TApF dentro da CEa de 0,5 dS m⁻¹. Na CEa de 2,0 dS m⁻¹ menores valores da TApF foram obtidos também na lâmina de 80% da ET. Por outro, em níveis de maior concentração salina (4,0 dS m⁻¹) observou-se incremento na TApF em comparação ao nível de 0,5 dS m⁻¹, com exceção da

lâmina de 80% da ET. O filocrono, que é o inverso da TApF, foi maior na lâmina de 60% da ET em comparação às demais lâminas dentro das CEa de 0,5 e 2,0 dS m⁻¹. Na CEa de 4,0 dS m⁻¹ observou-se incremento no filocrono quando aplicaram-se as lâminas de 60 e 80% da ET. A redução do filocrono em condições de maior salinidade foi significativa somente dentro das lâminas de 60 e 100% da ET (Tabela 8).

Tabela 8. Taxa de aparecimento foliar (TApF) e filocrono do capim BRS Zuri sob salinidade e lâminas de irrigação no ciclo 2.

Lâmina (% ET)	Salinidade (CEa, dS m ⁻¹)		
	0,5	2,0	4,0
TApF (folha perf ⁻¹ dia ⁻¹)			
60	0,11 ^{bB}	0,11 ^{bC}	0,15 ^{aBC}
80	0,14 ^{aA}	0,13 ^{aBC}	0,14 ^{aC}
100	0,13 ^{bA}	0,15 ^{bAB}	0,19 ^{aA}
120	0,14 ^{bA}	0,16 ^{abA}	0,16 ^{abB}
Filocrono (dias folhas ⁻¹)			
60	9,11 ^{aA}	9,07 ^{aA}	7,51 ^{bA}
80	7,40 ^{ab}	7,53 ^{ab}	7,61 ^{aA}
100	7,48 ^{ab}	6,62 ^{ab}	5,40 ^{bB}
120	7,13 ^{ab}	6,61 ^{ab}	6,53 ^{aAB}

Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha e letra maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (P>0,05). EPM: TApF = 0,006 e Filocrono = 0,34.

O tamanho da folha é determinado pela relação entre as taxas de aparecimento (TApF) e alongamento foliar (TAIF), uma vez que o período de alongamento de uma folha é uma fração constante do intervalo de aparecimento sucessivo de duas folhas (DALE, 1982). Embora as lâminas foliares reduzam suas dimensões em condições mais salinas, o surgimento novas folhas pelo aumento na TApF parece ser o mecanismo utilizado para a persistência das plantas em estresse salino, objetivando manter a área fotossinteticamente ativa.

De forma semelhante, Blanco *et al.* (2008) verificaram que o milho (*Zea mays* L.) quando submetido ao estresse salino manteve a área foliar pela emissão de maior número de folhas. Em condições ambientais ou de manejo desfavoráveis a TApF é a última característica morfogênica a ser afetada, ou seja, para manter o desenvolvimento do perfilho a economia de fotoassimilados se iniciaria pela redução da densidade de perfilhos, seguida por decréscimos no comprimento e na duração das folhas (LEMAIRE *et al.*, 2008).

Não houve interação S x L significativa para as variáveis nos ciclos 3 e 4. Os tratamentos não influenciaram a TApF, cujas médias foram de 0,16 e 0,12 folha $\text{perf}^{-1} \text{dia}^{-1}$ nos ciclos 3 e 4, assim como para o filocrono cujas médias foram de 6,59 e 7,99 dias folha^{-1} para os ciclos 3 e 4, respectivamente. Quanto ao TVF, também não ocorreu influência dos tratamentos no ciclo 3, apresentando média de 23,18 dias. Contudo no ciclo 4, na CEa de 3,0 dS m^{-1} constatou-se redução significativa para o TVF em relação aos demais níveis salinos, com média de 21,33 dias. Nas lâminas de 60 e 80% da ET também ocorreu redução no TVF nesse ciclo, embora a condição de déficit hídrico mais severo não tenha diferido estatisticamente dos demais tratamentos (Tabela 9).

Tabela 9. Taxa de aparecimento foliar (TApF), filocrono e tempo de vida da folha (TVF) do capim BRS Zuri sob salinidade e lâminas de irrigação nos ciclos 3 e 4.

Ciclo	Salinidade (dS m^{-1})				Lâmina de irrigação (% ET)				
	0,6	1,8	3,0	EPM	60	80	100	120	EPM
TApF (folha $\text{perf}^{-1} \text{dia}^{-1}$)									
3	0,16 ^a	0,15 ^a	0,16 ^a	0,003	0,16 ^a	0,16 ^a	0,16 ^a	0,15 ^a	0,004
4	0,13 ^a	0,13 ^a	0,13 ^a	0,002	0,12 ^a	0,13 ^a	0,12 ^a	0,13 ^a	0,003
Filocrono (dias folha^{-1})									
3	6,55 ^a	6,75 ^a	6,47 ^a	0,11	6,70 ^a	6,47 ^a	6,50 ^a	6,69 ^a	0,18
4	7,82 ^a	8,09 ^a	8,08 ^a	0,16	8,27 ^a	8,03 ^a	8,08 ^a	7,61 ^a	0,18
TVF (dias)									
3	22,64 ^a	23,64 ^a	23,26 ^a	0,63	22,64 ^a	23,54 ^a	23,76 ^a	22,76 ^a	0,30
4	25,33 ^a	23,69 ^a	21,33 ^b	1,04	22,85 ^{ab}	21,97 ^b	24,43 ^a	24,55 ^a	0,74

Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P > 0,05$). EPM: erro padrão da média. *Interação S x L de irrigação significativa ($P < 0,05$).

Em elevado grau de desidratação, os processos catabólicos na planta tornam-se predominantes, a senescência é acelerada e as folhas mais velhas sofrem dessecação e, posteriormente, abscisão (LARCHER, 1995). Provavelmente no primeiro período experimental (ciclos 1 e 2), as plantas não tiveram seu aparato fisiológico suficientemente comprometido para desencadear o processo de senescência em déficit hídrico. Assim, não apresentaram diferenças na TSF e TVF. Contudo, no 4º ciclo essa resposta foi mais perceptível à medida que ocorreu incremento na TSF e redução TVF sob maior restrição hídrica.

Comprimento final da folha (CFF), largura final da folha (LFF), comprimento final de colmo (CFC) e altura do dossel (AD)

No ciclo 1, não houve efeito dos níveis de salinidade na água sobre as características estruturais: CFF, LFF, CFC e AD. No entanto, no 2º ciclo verificou-se redução nessas variáveis em 32,0; 14,4; 19,3 e 15,2%, respectivamente, nas plantas submetidas à CEa de 4,0 dS m⁻¹ em comparação ao nível de 0,5 dS m⁻¹. Não houve diferença significativa entre os níveis 0,5 e 2,0 dS m⁻¹ no ciclo 2 (Tabela 10).

Tabela 10. Comprimento final da folha (CFF), largura final da folha (LFF), comprimento final do colmo (CFC) e altura do dossel (AD) do capim BRS Zuri sob salinidade e lâminas de irrigação nos ciclos 1 e 2.

Ciclo	Salinidade (CEa, dS m ⁻¹)				Lâmina de irrigação (% ET)					
	0,5	2,0	4,0	6,0	EPM	60	80	100	120	EPM
CFF (cm)										
1	59,88 ^a	58,99 ^a	58,77 ^a	56,10 ^a	1,85	53,12 ^c	58,47 ^b	62,59 ^{ab}	62,68 ^a	1,05
2	50,74 ^a	47,23 ^a	34,50 ^b	-	1,19	40,00 ^b	44,99 ^{ab}	44,60 ^{ab}	47,03 ^a	1,34
LFF (cm)										
1	3,11 ^a	2,90 ^a	2,90 ^a	2,86 ^a	0,05	2,85 ^b	2,91 ^{ab}	3,10 ^a	3,04 ^{ab}	0,07
2	2,63 ^a	2,54 ^a	2,25 ^b	-	0,06	2,56 ^a	2,49 ^a	2,44 ^a	2,40 ^a	0,06
CFC (cm)										
1	24,74 ^a	23,67 ^a	22,45 ^a	22,53 ^a	0,85	19,17 ^d	22,14 ^b	25,11 ^{ab}	26,95 ^a	0,47
2	26,02 ^a	23,07 ^{ab}	21,00 ^b	-	1,13	19,28 ^b	25,96 ^a	22,83 ^a	25,38 ^a	0,85
AD (cm)										
1*	44,84 ^a	48,94 ^a	46,65 ^a	43,45 ^a	2,20	37,65 ^b	42,43 ^b	49,51 ^a	54,27 ^a	1,62
2	48,57 ^a	48,67 ^a	41,18 ^b	-	2,11	36,97 ^b	47,33 ^a	49,51 ^a	50,76 ^a	2,27

Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey (P>0,05). EPM: erro padrão da média. *Interação salinidade x lâmina de irrigação significativa (P<0,05).

O comprimento da folha é uma característica estrutural negativamente correlacionada ao estresse osmótico (CHUTIA; BORAH, 2012). Assim, as plantas reduzem o crescimento da folha em estresse hídrico e salino como mecanismo de defesa, pois diminui a área superficial das folhas expostas reduzindo a perda de água por transpiração (TAIZ; ZEIGER, 2013).

O estresse osmótico causado pela salinidade produz efeitos semelhantes ao estresse hídrico pela seca (MUNNS; JAMES; LAUCHLI, 2006). Contudo, ao longo do tempo de exposição à salinidade traz outras consequências negativas ao crescimento das plantas,

alterando o aproveitamento de minerais e tornando alguns elementos tóxicos (TAVAKKOLI *et al.*, 2010).

No presente trabalho, observou-se diminuição das características estruturais (CFF, CFC, LFF e AD) em déficit hídrico mais severo (lâmina de 60% da ET) em ambos os ciclos, com exceção da LFF no ciclo 2. As variáveis também não apresentaram diferença significativa nas maiores lâminas de irrigação, assumindo que a lâmina de 80% da ET tenha sido suficiente para atingir o maior tamanho desses componentes (Tabela 10).

No ciclo 2, a restrição hídrica (lâmina de 60% da ET) foi mais prejudicial a altura das plantas (CFC e AD) em comparação a salinidade no nível mais elevado. Por outro lado, o CFF foi influenciado em maior intensidade pela salinidade em relação ao déficit hídrico. Nesse sentido, admite-se que o processo de alongamento celular o qual resulta no crescimento da bainha, foi mais afetado pelo estresse hídrico, enquanto que o processo de divisão celular, principal mecanismo de crescimento da lâmina foliar, foi mais afetado pelo estresse salino.

Gomes *et al.* (2011a) avaliaram 23 genótipos de *Panicum maximum* no período chuvoso e encontraram comprimento foliar médio de 53,8 cm no 1º corte e 41,3 cm no 2º corte. Os genótipos que apresentaram maior largura foliar foram o PME41 (2,44 cm) e PME32 (2,60 cm), sendo inferiores aos valores obtidos com a cultivar BRS Zuri no presente estudo sob alta disponibilidade hídrica.

A interação S x L foi significativa para AD no ciclo 1. Verificou-se efeito dos níveis de salinidade dentro da lâmina de 120% da ET, em que os níveis de 4,0 e 6,0 dS m⁻¹ apresentaram menor AD em comparação ao tratamento controle. Sob concentração salina mais baixa a AD foi maior na lâmina de 120% da ET em comparação às demais lâminas com média 61,55 cm. Contudo, também foi evidente o efeito do déficit hídrico sobre a AD dentro do nível de 2,0 dS m⁻¹ (Tabela 11).

Tabela 11. Altura do dossel em cm do capim BRS Zuri sob salinidade e lâminas de irrigação no ciclo 1.

Lâmina (% ET)	Salinidade (CEa, dS m ⁻¹)			
	0,5	2,0	4,0	6,0
60	35,10 ^{ab}	37,05 ^{ab}	38,00 ^{ab}	40,45 ^{aA}
80	36,65 ^{ab}	47,60 ^{aAB}	45,25 ^{aAB}	40,25 ^{aA}
100	46,05 ^{ab}	52,75 ^{aA}	54,80 ^{aA}	44,45 ^{aA}
120	61,55 ^{aA}	58,35 ^{abA}	48,55 ^{bAB}	48,65 ^{bA}

Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha e letra maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (P>0,05). EPM = 3,24.

A restrição hídrica inibiu o crescimento das plantas em altura, o que está relacionado à diminuição no crescimento das estruturas de sustentação como o comprimento dos colmos. O efeito sobre o crescimento cultivares de *Panicum maximum* em altura podem ocorrer dentro de poucos dias sob estresse hídrico (SILVA, 2013).

O uso de água salina está relacionado a diminuição do crescimento em altura de gramíneas (GOMES *et al.*, 2011b; VIEIRA *et al.*, 2005). A salinidades de 4,0 e 6,0 dS m⁻¹ reduziram a altura das plantas somente sob maior disponibilidade hídrica (120% da ET), provavelmente devido a uma maior deposição de sais sob maior volume de água (Tabela 11).

Nos ciclos 3 e 4, os níveis de salinidade não influenciaram significativamente as variáveis CFF, LFF e CFC (Tabela 12). A diminuição da CEa de 4,0 para 3,0 dS m⁻¹ no experimento II permitiu a recuperação das plantas em estresse salino, sem que manifestassem redução nas dimensões foliares e no comprimento dos colmos.

Tabela 12. Comprimento final da folha (CFF), largura final da folha (LFF), comprimento final do colmo (CFC) e altura do dossel (AD) do capim BRS Zuri sob salinidade e lâminas de irrigação nos ciclos 3 e 4.

Ciclo	Salinidade (CEa, dS m ⁻¹)			Lâmina de irrigação (% ET)					
	0,6	1,8	3,0	EPM	60	80	100	120	EPM
CFF (cm)									
3	57,44 ^a	53,54 ^a	52,16 ^a	1,50	49,57 ^b	54,54 ^a	56,66 ^a	56,74 ^a	1,30
4	49,65 ^a	46,78 ^a	46,42 ^a	0,95	45,21 ^b	47,68 ^{ab}	47,90 ^{ab}	49,67 ^a	1,04
LFF (cm)									
3	2,83 ^a	2,66 ^a	2,51 ^a	0,07	2,45 ^b	2,67 ^a	2,70 ^a	2,83 ^a	0,05
4	2,78 ^a	2,77 ^a	2,80 ^a	0,05	2,70 ^a	2,76 ^a	2,83 ^a	2,84 ^a	0,05
CFC (cm)									
3	30,37 ^a	26,68 ^a	26,69 ^a	1,08	25,06 ^b	27,28 ^{ab}	28,99 ^a	30,32 ^a	0,90
4	21,11 ^a	19,17 ^a	19,06 ^a	0,66	19,27 ^a	19,20 ^a	19,85 ^a	20,70 ^a	0,47
AD (cm)									
3	73,46 ^a	59,24 ^b	54,13 ^b	1,55	54,33 ^c	60,15 ^{bc}	66,03 ^{ab}	68,60 ^a	2,14
4	47,77 ^a	40,18 ^b	32,53 ^c	1,61	37,07 ^b	38,56 ^{ab}	41,89 ^{ab}	43,13 ^a	1,48

Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey (P>0,05). EPM: erro padrão da média. *Interação salinidade x lâmina de irrigação significativa (P<0,05).

Contudo, a AD foi sensível ao aumento da salinidade nas concentrações salinas de níveis de 1,8 e 3,0 dS m⁻¹. Apesar do comprimento dos colmos não ter apresentado diferença significativa nesses níveis de salinidade, a menor altura para o dossel pode estar relacionada à

redução do número de folhas vivas e à inclinação das folhas em situação de estresse salino, os quais podem influenciar nas mensurações dessa variável.

Constatou-se menor do CFF na lâmina de irrigação de 60% em comparação a 120% da ET nos ciclo 3 e 4. A AD foi influenciada de forma semelhante aos ciclos 1 e 2 com redução em condição de déficit hídrico mais intenso, com médias de 54,33 e 37,07 cm nos ciclos 3 e 4, respectivamente. No 3º ciclo, a LFF e o CFC também apresentaram redução sob déficit hídrico severo (2,45 e 25,06 cm, respectivamente) (Tabela 12).

Embora o efeito do estresse hídrico em detrimento das características estruturais tenha se manifestado durante maior parte do período experimental, constatou-se que o impacto foi menor no 4º ciclo, sem diferença estatística para LFF e no CFC. Quanto ao CFF e AD verificou-se também menor variação entre as lâminas de irrigação em comparação ao ciclo anterior. As respostas da variáveis ao longo do período experimental estão relacionadas às diferenças nas lâminas de irrigação aplicadas em cada ciclo, cuja variação é consequência da evapotranspiração e dos fatores ambientais como temperatura, umidade e radiação solar.

Nº de folhas expandidas (NFEx), nº de folhas emergentes (NFEm), nº de folhas vivas (NFV) e nº de folhas total (NFT)

Os níveis de salinidade não influenciaram o NFEx, NFEm, NFV e NFT no ciclo 1, obtendo-se as médias por perfilho de 2,1 folhas expandidas; 0,7 folhas emergentes; 2,8 folhas vivas e 2,9 folhas totais. No ciclo 2, na CEa de 4,0 dS m⁻¹ ocorreu redução no NFEx ao mesmo tempo em que aumentou o NFT, o que está relacionado à maior proporção de folhas mortas ou maior senescência foliar em condições mais salinas. Não houve diferença significativa entre os níveis de 0,5 e 2,0 dS m⁻¹ para essas variáveis (Tabela 13).

As folhas mais velhas normalmente são as primeiras a serem afetadas, pois o potencial para o início da senescência pode ser acelerado com o estresse (MUNNÉ-BOSCH; ALEGRE, 2004). De acordo com Munns (2002), quando os sais não são efetivamente excluídos do fluxo de transpiração, podem ser acumulados a níveis tóxicos nas folhas que transpiraram por mais tempo, resultando primeiramente na senescência das folhas expandidas.

O NFV por perfilho é definido geneticamente (FULKERSON; SLACK, 1995), contudo, o NFV e o NFEx em gramíneas forrageiras podem ser influenciados pela disponibilidade hídrica (SILVA *et al.*, 2005). No presente estudo, verificou-se que no 1º ciclo,

a lâmina de 60% da ET proporcionou diminuição no NFEx (1,87 folhas), no NFV (2,53 folhas) e no NFT (2,63 folhas), diferindo dos demais tratamentos (Tabela 13).

Tabela 13. Nº de folhas expandidas (NFEx), nº de folhas emergentes (NFEm), nº de folhas vivas (NFV) e nº de folhas total (NFT) do capim BRS Zuri sob salinidade e lâminas de irrigação nos ciclos 1 e 2.

Ciclo	Salinidade (CEa, dS m ⁻¹)					Lâmina de irrigação (% ET)				
	0,5	2,0	4,0	6,0	EPM	60	80	100	120	EPM
NFEx (folhas perf. ⁻¹)										
1	2,07 ^a	2,12 ^a	2,17 ^a	2,17 ^a	0,07	1,87 ^b	2,15 ^a	2,22 ^a	2,23 ^a	0,05
2	2,44 ^a	2,27 ^a	1,99 ^b	-	0,13	1,80 ^b	2,21 ^{ab}	2,41 ^a	2,50 ^a	0,12
NFEm (folhas perf. ⁻¹)										
1	0,80 ^a	0,61 ^a	0,73 ^a	0,71 ^a	0,04	0,66 ^a	0,74 ^a	0,74 ^a	0,71 ^a	0,05
2	0,94 ^a	0,98 ^a	1,13 ^a	-	0,06	1,02 ^a	0,96 ^a	1,14 ^a	0,94 ^a	0,07
NFV (folhas perf. ⁻¹)										
1	2,87 ^a	2,72 ^a	2,90 ^a	2,83 ^a	0,065	2,53 ^b	2,89 ^a	2,94 ^a	2,96 ^a	0,07
2*	3,37 ^a	3,25 ^a	3,12 ^a	-	0,11	2,82 ^c	3,17 ^b	3,55 ^a	3,44 ^a	0,10
NFT (folhas perf. ⁻¹)										
1	3,11 ^a	2,77 ^a	2,93 ^a	2,87 ^a	0,07	2,63 ^b	2,94 ^a	3,04 ^a	3,08 ^a	0,08
2*	3,52 ^b	3,69 ^b	4,18 ^a	-	0,07	3,32 ^b	3,59 ^b	4,21 ^a	4,07 ^a	0,09

Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey (P>0,05). EPM: erro padrão da média. *Interação salinidade x lâmina de irrigação significativa (P<0,05).

O NFEm permaneceu constante independente do nível de salinidade e da lâmina de irrigação, mostrando que folhas mais jovens foram preservadas sob estresse em detrimento das folhas mais velhas. Nesse sentido, Cunha *et al.* (2007) também observaram que o NFEm do capim *Panicum maximum* cv. Tanzânia não teve influência de diferentes condições hídricas (50, 75 e 100% da disponibilidade total de água no solo) nos turnos de rega 4 e 7 dias.

A interação S x L foi significativa para NFV e NFT no ciclo 2. O NFV foi menor na lâmina de 60% da ET dentro dos níveis de salinidade aplicados. Quanto ao efeito da salinidade, verificou-se que na CEa 4,0 dS m⁻¹ ocorreu redução no NFV somente quando as plantas encontravam-se em déficit hídrico com médias de 2,56 e 2,69 folhas perf.⁻¹ para as lâminas de 60 e 80% da ET, respectivamente. O NFT, em contrapartida, foi maior nas mesmas condições, indicando uma maior proporção de folhas mortas pelo aumento da senescência foliar (Tabela 14).

Tabela 14. N° de folhas vivas (NFV) e n° de folhas total (NFT) do capim BRS Zuri sob salinidade e lâminas de irrigação no ciclo 2.

Lâmina (%ET)	Salinidade (CEa, dS m ⁻¹)		
	0,5	2,0	4,0
NFV (folhas perf. ⁻¹)			
60	3,00 ^{aB}	2,90 ^{aB}	2,56 ^{bC}
80	3,48 ^{aA}	3,33 ^{aA}	2,69 ^{bBC}
100	3,40 ^{aA}	3,33 ^{aA}	3,93 ^{aA}
120	3,60 ^{aA}	3,43 ^{aA}	3,29 ^{aAB}
NFT (folhas perf. ⁻¹)			
60	3,07 ^{bB}	3,03 ^{bC}	3,85 ^{aB}
80	3,65 ^{bAB}	3,50 ^{bBC}	3,93 ^{aB}
100	3,58 ^{bAB}	4,07 ^{bAB}	5,00 ^{aA}
120	3,80 ^{aA}	4,16 ^{aA}	4,25 ^{aB}

Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha e letra maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (P>0,05). EPM: NFV = 0,18 e NFT = 0,16.

A diminuição no NFV em níveis mais salinos está relacionada ao aumento nas concentrações de sais na parede celular e citoplasma, principalmente das folhas mais velhas a níveis não toleráveis causando desequilíbrio homeostático e aceleração da senescência e, conseqüentemente, morte das folhas (MUNNS, 2002). A redução no número de folhas, na área foliar, a degradação de clorofilas e a senescência foliar influenciam as taxas fotossintéticas em plantas submetidas a elevados níveis de CEa, resultando em menor taxa de assimilação cumulativa de carbono em nível de dossel e, conseqüentemente, menor acúmulo de biomassa (MATOS *et al.*, 2013)

Constatou-se que em situação de déficit hídrico, o nível de salinidade de 4,0 dS m⁻¹ potencializou os efeitos deletérios do estresse diminuindo o NFV e incrementando o NFT (Tabela 6). Desse modo, pode-se inferir que a redução no NFV esteja mais evidentemente relacionada a um retardo no crescimento sob estresse hídrico, enquanto que sob estresse salino o maior NFT tenha ocorrido pelo aumento na senescência foliar.

Na condição controle (nível de salinidade 0,5 dS m⁻¹ e lâmina de irrigação de 100% da ET), verificou-se que o NFV da cultivar BRS Zuri foi de 3,40 folhas perf.⁻¹, estando próximo ao valor obtido por Gomide e Gomide (2000) de 3,5 folhas perf.⁻¹ em cultivares de *Panicum maximum*.

No ciclo 3, não houve efeito dos níveis de salinidade e das lâminas de irrigação sobre o NFEx, NFEm e NFV, com médias por perfilho de 2,6 folhas expandidas; 1,0 folha

emergente e 3,6 folhas vivas. Esse resultado está relacionado à recuperação da planta ao estresse salino, com reestabelecimento do crescimento foliar e, conseqüentemente do NFEx e NFV. O NFT, por sua vez, foi maior na CEa de 3,0 dS m⁻¹ em relação à 0,6 dS m⁻¹, indicando também o incremento no número de folhas senescentes nesse nível (Tabela 15).

Tabela 15. N° de folhas expandidas (NFEx), n° de folhas emergentes (NFEm), n° de folhas vivas (NFV) e n° de folhas total (NFT) do capim BRS Zuri sob salinidade e lâminas de irrigação nos ciclos 3 e 4.

Ciclo	Salinidade (dS m ⁻¹)			Lâmina de irrigação (% ET)					
	0,6	1,8	3,0	EPM	60	80	100	120	EPM
NFEx (folhas perf. ⁻¹)									
3	2,55 ^a	2,53 ^a	2,68 ^a	0,09	2,43 ^a	2,69 ^a	2,69 ^a	2,53 ^a	1,12
4*	2,39 ^a	2,03 ^{ab}	1,64 ^b	0,17	1,80 ^b	1,84 ^b	2,08 ^{ab}	2,36 ^a	0,09
NFEm (folhas perf. ⁻¹)									
3	0,96 ^a	1,03 ^a	1,02 ^a	0,05	1,07 ^a	0,99 ^a	1,01 ^a	0,94 ^a	0,05
4	0,89 ^a	0,97 ^a	1,04 ^a	0,06	1,02 ^a	0,93 ^a	0,98 ^a	0,94 ^a	0,06
NFV (folhas perf. ⁻¹)									
3	3,50 ^a	3,56 ^a	3,70 ^a	0,08	3,50 ^a	3,68 ^a	3,70 ^a	3,47 ^a	0,12
4*	3,28 ^a	3,00 ^{ab}	2,68 ^b	0,13	2,78 ^b	2,81 ^b	3,06 ^{ab}	3,29 ^a	0,09
NFT (folhas perf. ⁻¹)									
3	3,81 ^b	3,99 ^{ab}	4,22 ^a	0,06	3,98 ^a	4,02 ^a	4,00 ^a	4,04 ^a	0,10
4	3,44 ^a	3,33 ^a	3,33 ^a	0,07	3,27 ^a	3,35 ^a	3,31 ^a	3,54 ^a	0,08

Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey (P>0,05). EPM: erro padrão da média. *Interação salinidade x lâmina de irrigação significativa (P<0,05).

A interação S x L foi significativa para o NFEx e o NFV no ciclo 4. As variáveis apresentaram comportamento semelhante, no qual não se verificou diferença significativa entre as lâminas de irrigação na CEa de 0,6 dS m⁻¹. Contudo, na CEa de 1,8 dS m⁻¹, a lâmina de irrigação de 100% da ET ou inferior, promoveu redução no NFEx e no NFV. Na CEa de 3,0 dS m⁻¹ ocorreu redução do NFEx (1,83 folhas perf.⁻¹) e do NFV (2,85 folhas perf.⁻¹), mesmo sob alta disponibilidade hídrica (Tabela 16).

Tabela 16. N° de folhas expandidas (NFEx) e n° folhas vivas (NFV) do capim BRS Zuri sob salinidade e lâminas de irrigação no ciclo 4.

Lâmina (%ET)	Salinidade (dS m ⁻¹)		
	0,6	1,8	3,0
NFEx (folhas perf. ⁻¹)			
60	2,13 ^{aA}	1,63 ^{bB}	1,63 ^{bAB}
80	2,47 ^{aA}	1,90 ^{bB}	1,17 ^{cB}
100	2,43 ^{aA}	1,93 ^{abB}	1,87 ^{bA}
120	2,53 ^{aA}	2,70 ^{aA}	1,83 ^{bA}
NFV (folhas perf. ⁻¹)			
60	3,12 ^{aA}	2,63 ^{aB}	2,69 ^{aAB}
80	3,23 ^{aA}	2,88 ^{aB}	2,21 ^{bB}
100	3,33 ^{aA}	2,97 ^{aB}	2,87 ^{aA}
120	3,43 ^{aA}	3,60 ^{aA}	2,85 ^{bA}

Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha e letra maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (P>0,05). EPM: NFEx = 0,16; NFV = 0,16.

No nível de 1,8 dS m⁻¹ ocorreu comprometimento na formação e manutenção do NFEx quando não fornecido elevado suprimento hídrico. Além disso, em níveis de salinidade de 3,0 dS m⁻¹ mesmo sob maiores lâminas de irrigação, ocorreu redução no número de folhas expandidas e vivas.

2.4 Conclusão

O nível de salinidade de 6,0 dS m⁻¹ inviabiliza o crescimento da cultivar BRS Zuri. Os efeitos dos níveis de salinidade sobre as características avaliadas se manifestam a partir do 2º ciclo, sendo que o nível de 4,0 dS m⁻¹ afeta o crescimento da cultivar com redução das características morfogênicas e estruturais relacionadas ao incremento da fração verde.

A cultivar BRS Zuri apresenta potencial de recuperação do crescimento com a redução dos níveis de salinidade para 3,0 dS m⁻¹. Contudo, os efeitos cumulativos da salinidade comprometem o crescimento ao longo do tempo, recomendando-se os níveis de 2,0 ou 1,8 dS m⁻¹ desde haja disponibilidade hídrica elevada.

A lâmina de irrigação de 80% da ET é viável em condições de baixa salinidade, uma vez que a cultivar não apresenta diferença quanto às características morfogênicas e estruturais. Na lâmina de 60% da ET os efeitos deletérios do estresse são mais severos sobre as variáveis morfogênicas e estruturais e, sob salinidade, esses efeitos são intensificados.

REFERÊNCIAS

ALVES, J. S. *et al.* Características morfológicas e estruturais da *Brachiaria decumbens* Stapf. submetida a diferentes doses de nitrogênio e volumes de água. **Acta Veterinaria Brasilica**, v. 2, n. 1, p. 1–10, 2008.

BLANCO, F. F. *et al.* Growth and yield of corn irrigated with saline water. **Scientia Agricola**, v. 65, n. 6, p. 574–580, 2008.

CÂNDIDO, M. J. D. *et al.* Fluxo de biomassa em capim-tanzânia pastejado por ovinos sob três períodos de descanso. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 6, p. 2234–2242, 2006.

CHUTIA, J.; BORAH, S. P. Water stress effects on leaf growth and chlorophyll content but not the grain yield in traditional rice (*Oryza sativa* Linn.) genotypes of assam, India II. Protein and proline status in seedlings under PEG induced water stress. **American Journal of Plant Sciences**, v. 3, p. 971–980, 2012.

COUTINHO, M. J. F. *et al.* Características morfogênicas, estruturais e produtivas de capim-buffel sob diferentes turnos de rega. **Pesquisa Agropecuaria Tropical**, v. 45, n. 2, p. 216–224, 2015.

CRAMER, G. R. Differential effects of salinity on leaf elongation kinetics of three grass species. **Plant and Soil**, v. 253, n.1, p.233–244, 2003.

CUNHA, F. F. *et al.* Características morfogênicas e perfilhamento *Panicum maximum* Jacq. cv. Tanzânia irrigado. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, n. 3, p. 628–635, 2007.

DALE, J. E. Some effects of temperature and irradiance on growth of the first four leaves of wheat, *triticum aestivum*. **Annals of Botany**, v.50, p.851-858, 1982.

DAVIES, A. Tissue turnover in the sward. In: DAVIES, A.; BAKER, R. D.; GRANT, S. A. *et al.* (Eds.). **Sward measurement handbook**. London: British Grassland Society, 1993. p.183-216.

DICKISON, W. C. **Integrative plant anatomy**. San Diego: Academic Press, 2000. 533p.

EMBRAPA. **BRS Zuri, produção e resistência para a pecuária**. Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/989349/1/FolderZuri2014.pdf>>.

Acesso em: 10 jan. de 2015.

FERREIRA, D. F. SISVAR: A Computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039–1042, 2011.

FULKERSON, W. J.; SLACK, K. Leaf number as a criterion for determining defoliation time for *Lolium perenne*: II. Effect of defoliation frequency and height. **Grass and Forage Science**, v. 50, n. 1, p. 16-29, 1995.

GARCEZ NETO, A. F. *et al.* Respostas morfogênicas e estruturais de *Panicum maximum* cv. Mombaça sob diferentes níveis de adubação nitrogenada e alturas de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 5, p. 1890–1900, 2002.

GOMES, K. R. *et al.* Respostas de crescimento e fisiologia do milho submetido a estresse salino com diferentes espaçamentos de cultivo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 4, p. 365–370, 2011a.

GOMES, R. A. *et al.* Características anatômicas e morfofisiológicas de lâminas foliares de genótipos de *Panicum maximum*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 2, p. 205–211, 2011b.

GOMIDE, C. A. M.; GOMIDE, J. A. Morfogênese de cultivares de *Panicum maximum* jacq. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, n. 2, p. 341–348, 2000.

KANDIL, A. A. .; ATTIA, A. N. .; FAHMY, A. G. M. Studies on the growth and forage production of some atriplex species under different levels of salinity. **STC Agriculture and Natural Resources**, v. 2, n. 2, p. 1–12, 2016.

LARCHER, W. **Physiological plant ecology**. Berlin: Springer, 1995. 506p.

LEMAIRE, G. *et al.* Crop species present different qualitative types of response to N deficiency during their vegetative growth. **Field Crops Research**, v. 105, n. 3, p. 253–265, 2008.

LEMAIRE, G.; AGNUSDEI, M. Leaf tissue turn-over and efficiency of herbage utilization. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM "GRASSLAND ECOPHYSIOLOGY AND GRAZING ECOLOGY", 1999, Curitiba. **Anais...** Universidade Federal do Paraná, 1999. p.165-186.

LOPES, M. N. *et al.* Gas exchange in massai grass under five nitrogen fertilization levels during establishment and regrowth. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 9, p. 1862–1869, 2011.

LOPES, M. N. *et al.* Fluxo de biomassa em capim-massai durante o estabelecimento e rebrotação com e sem adubação nitrogenada. **Revista Ceres**, v. 60, n. 3, p. 363–371, 2013.

MAGALHÃES, J. A. *et al.* Características morfogênicas e estruturais do capim-andropogon sob irrigação e adubação. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, n. 5, p. 2427–2436, 2013.

MATOS, F. S. *et al.* Desenvolvimento de mudas de pinhão-mansão irrigadas com água salina. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.37, p.947-954, 2013.

MUNNÉ-BOSCH, S.; ALEGRE, L. Die and let live: Leaf senescence contributes to plant survival under drought stress. **Functional Plant Biology**, v. 31, n. 3, p. 203–216, 2004.

MUNNS, R. Comparative physiology of salt and water stress. **Plant, cell & environment**, v. 25, n. 2, p. 239–250, 2002.

MUNNS, R.; GILLIHAM, M. Salinity tolerance of crops - what is the cost? **New Phytologist**, v. 208, n. 3, p. 668–673, 2015.

MUNNS, R.; JAMES, R. A.; LAUCHLI, A. Approaches to increasing the salt tolerance of

wheat and other cereals. **Journal of Experimental Botany**, v. 57, n. 5, p. 1025–1043, 2006.

MUNNS, R.; TESTER, M. Mechanisms of salinity tolerance. **Annual review of plant biology**, v. 59, p. 651–81, 2008.

RHOADES, J. D. Instrumental field methods of salinity appraisal. In: TOPP, G. C.; REYNOLDS, W. D.; GREEN, R. E. (Ed.). **Advances in measurement of soil physical properties: Bring theory into practice**. Madison: Soil Science Society of America. Special Publication, n. 30, 1992.

SABERI, A. R. *et al.* Morphological responses of forage sorghums to salinity and irrigation frequency. **African Journal of Biotechnology**, v. 10, n. 47, p. 9647–9656, 2011.

SANTOS, M. E. R. *et al.* Correlações entre características morfogênicas e estruturais em pastos de capim-braquiária. **Ciência Animal Brasileira**, v. 13, n. 1, p. 49–56, 2012.

SBRISSIA, A. F.; SILVA, S. C. Compensação tamanho/densidade populacional de perfilhos em pastos de capim-marandu. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 1, p. 35–47, 2008.

SEMENOVA, G.; FOMINA, I.; IVANOV, A. Combined effect of water deficit and salt stress on the structure of mesophyll cells in wheat seedlings. **CellBio**, v. 3, n. 1, p. 14–24, 2014.

SILVA, M. M. P. *et al.* Respostas morfogênicas de gramíneas forrageiras tropicais sob diferentes condições hídricas do solo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 5, p. 1493–1504, 2005.

SILVA, P. M. P. **Tolerância ao déficit hídrico em *Panicum maximum***. 2013. 52f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) - Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2013.

SILVEIRA, J. A. G. *et al.* Mecanismos biomoleculares envolvidos com a resistência ao estresse salino em plantas. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. (Eds.). **Manejo**

da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados. Fortaleza: Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade, 2010. p. 161-179.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 954 p.

TALEISNIK, E. *et al.* Leaf expansion in grasses under salt stress. **Journal of Plant Physiology**, v. 166, n. 11, p. 1123–1140, 2009.

TAVAKKOLI, E.; RENGASAMY, P.; MCDONALD, G. K. High concentrations of Na⁺ and Cl⁻ ions in soil solution have simultaneous detrimental effects on growth of faba bean under salinity stress. **Journal of Experimental Botany**, v. 61, n. 15, p. 4449–4459, 2010.

VIEIRA, M. R. *et al.* Produtividade e qualidade da forragem de sorgo irrigado com águas salinas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 9, p. 42–46, 2005.

WILLADINO, L.; CAMARA, T. R. Tolerância das plantas à salinidade: aspectos fisiológicos e bioquímicos. **Enciclopédia Biosfera**, v.6, n.11, p.2-23, 2010.

3 ESTRUTURA E COMPONENTES DA BIOMASSA DO CAPIM *PANICUM MAXIMUM* BRS ZURI SOB SALINIDADE E LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO

RESUMO

Avaliaram-se a estrutura e componentes da biomassa do capim BRS Zuri em casa de vegetação. O delineamento experimental foi em blocos casualizados em parcelas subdivididas. Nos ciclos 1 e 2 (experimento I), as parcelas principais foram compostas pelos níveis de salinidade na água (0,5; 2,0; 4,0 e 6,0 dS m⁻¹) e nas subparcelas lâminas de irrigação (60; 80; 100 e 120% da evapotranspiração). Nos ciclos 3 e 4 (experimento II), utilizou-se o mesmo delineamento sendo substituídos os níveis de salinidade iniciais por 0,6; 1,8 e 3,0 dS m⁻¹. Foram avaliadas as massas secas de: forragem total (MSFT), lâminas foliares verdes (MSLV), colmos verdes (MSCV) e material morto (MSMM); relação folha/colmo (F/C); proporção de folhas (%Fol), colmos (%Col) e material morto (%MM); área foliar (AF); área foliar específica (AFE); número e peso de perfilhos vivos (NPerf e PPerf). No 1º ciclo, as variáveis analisadas foram pouco afetadas pelos níveis salinos, ocorrendo aumento no %MM e redução da MSLV sob 6,0 dS m⁻¹. Verificou-se incremento no %Fol e reduções no %Col, AFE, NPerf e PPerf nas lâminas de 60 e 80% da ET, bem como redução na relação F/C na lâmina de 60% da ET. Maiores produções de biomassa (MSFT, MSLV e MSCV) foram obtidas sob a lâmina 120% da ET. No 2º ciclo, as interações entre os fatores testados mostraram aumento na relação F/C e fração morta (MSMM), e redução da massa seca verde (AF, MSLV e MSCV) e de forragem total (MSFT) em condições de salinidade mais elevada (4,0 dS m⁻¹) e déficit hídrico mais severo (60% da ET). No ciclo 2, o NPerf foi menor nos níveis de 0,5 e 4,0 dS m⁻¹. Na interação para o PPerf, constatou-se incremento sob 120% da ET em comparação às demais lâminas quando em menor concentração salina. A salinidade de 4,0 dS m⁻¹ afetou negativamente o PPerf dentro das lâminas com exceção da lâmina de 60% da ET. No experimento II (ciclos 3 e 4), os efeitos da salinidade foram menos expressivos sobre as variáveis analisadas. No ciclo 3, verificaram-se reduções na MSFT, MSLV e MSCV e incremento no %MM e MSMM sob 3,0 dS m⁻¹. A relação F/C foi superior nos níveis de 1,8 e 3,0 dS m⁻¹ nesse ciclo, bem como verificaram-se maior NPerf e menor PPerf sob 1,8 e 3,0 dS m⁻¹. No ciclo 4, ocorreu redução no %Fol e AF, e aumento no %MM e MSMM sob 3,0 dS m⁻¹ em comparação ao menor nível, embora não tenham ocorrido alterações significativas nas variáveis MSFT, MSLV, MSCV, relação F/C, NPerf e PPerf entre os níveis salinos. Na

interação salinidade x lâmina de irrigação para a AF no 4º ciclo, observou-se intensificação dos efeitos deletérios na combinação do estresse hídrico e salino e, conseqüentemente no acúmulo de componentes vivos da planta. Os componentes verdes da biomassa da cultivar BRS Zuri são reduzidos no nível de salinidade de 4,0 dS m⁻¹ e 3,0 dS m⁻¹ e nas lâminas de 60 e 80% da ET, sendo que nessas condições os efeitos deletérios do estresse salino são intensificados. A cultivar BRS Zuri apresentam potencial de recuperação ao estresse salino, contudo recomendam-se os níveis salinos de até 2,0 ou 1,8 dS m⁻¹ para que não ocorram perdas significativas em produtividade.

Palavras-chave: Área foliar. Composição estrutural. Déficit hídrico. Estresse salino. Produção.

ABSTRACT

Structure and biomass components of *Panicum maximum* cv. BRS Zuri were evaluated in a greenhouse. The experiment was arranged in a randomized block split-plot design. In cycles 1 and 2 (experiment I), were composed of salinity levels in the main plots (0.5, 2.0, 4.0 and 6.0 dS m⁻¹), and irrigation depths in the subplots (60, 80, 100 and 120% of evapotranspiration - ET). In cycles 3 and 4 (experiment II), the same design was used with the initial salinity levels replaced by 0.6; 1.8 and 3.0 dS m⁻¹. Were evaluated total forage dry mass (TFDM), green leaf dry mass (GLDM), green stem dry mass (GSDM), dead material dry mass (DMDM); leaf/stem ratio (L/S); % of leaf, % of stem and % dead material (DM) in dry matter; leaf area (LA); specific leaf area (SLA); number and weight of live tillers (NLT and WLT). In the 1st, variables analyzed were slightly affected by saline levels, with an increase in % of DM and reduction of GLDM under 6.0 dS m⁻¹. There was an increase in % of leaf and reductions in % stem, SLA, NLT and WLT in irrigation depths of 60 and 80% ET, as well as a reduction in the L/S ratio in irrigation of 60% ET. Higher biomass yields (TFDM, GLDM and GSDM) were obtained under the irrigation of 120% ET. In the 2nd, interactions between the factors tested showed an increase in L/S ratio and dead fraction (DMDM), and a reduction of green dry mass (LA, GLDM and GSDM) and total forage (TFDM) under higher salinity conditions (4.0 dS m⁻¹) and even more severe when water deficit was applied (60% of ET). In cycle 2, NLT was lower at levels of 0.5 and 4.0 dS m⁻¹. In the interaction for WLT, it was observed an increase under 120% of ET in comparison to other irrigation depths when lower salt concentration was applied. Salinity level of 4.0 dS m⁻¹ negatively affected WLT within the irrigation depths except for the 60% ET. In experiment II (cycles 3 and 4) the effects of salinity were less expressive on the analyzed variables. In cycle 3, there were reductions in TFDM, GLDM and GSDM and increases in % of DM and DMDM under 3.0 dS m⁻¹. The L/S ratio was higher in the 1.8 and 3.0 dS m⁻¹ levels in this cycle, as well as a higher NLT and a lower WLT were observed at these levels. In cycle 4, there was a reduction in % of leaf and LA, and increase in % of DM and DMDM under 3.0 dS m⁻¹ when compared to lower saline level, although there were no significant changes for TFDM, GLDM, GSDM, L/S ratio, NLT and WLT between saline levels. The interaction between salinity and irrigation depth for LA in the 4th cycle showed an intensification of deleterious effects when water and saline stress were combined, consequently, in the accumulation of living components of the plant. The green biomass components of BRS Zuri cultivar are significantly reduced at the salinity levels

of 4.0 dS m⁻¹ and 3.0 dS m⁻¹ and irrigation depths of 60 and 80% of ET. Under water stress the deleterious effects of salinity are intensified. BRS Zuri cultivar presents recovery potential to saline stress, however, the levels of 2.0 or 1.8 dS m⁻¹ are recommended so that no significant productivity losses occur.

Keywords: Leaf area. Production. Saline stress. Structural composition. Water deficit.

3.1 Introdução

O uso das pastagens representa a forma mais econômica e prática na alimentação de ruminantes em virtude do seu baixo custo e elevada eficiência produtiva quando bem manejada. Em razão da importância assumida pelas gramíneas forrageiras, em especial as espécies do gênero *Panicum* na produção a pasto no Brasil, e da busca por espécies forrageiras de elevada produtividade adaptadas às condições de cada região, esforços tem sido realizados em programas de melhoramento genético e seleção, resultando no lançamento de novos cultivares (VALE; JANK; RESENDE, 2009), como o *Panicum maximum* cv. BRS Zuri.

O capim BRS Zuri apresenta como características tolerância moderada ao encharcamento do solo, semelhante à cultivar Tanzânia do mesmo gênero, porém desenvolve-se melhor em solos bem drenados, sendo uma opção para diversificação de pastagens nos biomas Amazônia e Cerrado. Apresenta elevada produção, alto valor nutritivo, resistência às cigarrinha-das-pastagens e alto grau de resistência à mancha das folhas, causada pelo fungo *Bipolaris maydis* (EMBRAPA, 2014). No entanto, existem poucas informações acerca dos resultados dessa cultivar em diferentes regiões, condições de manejo e ambiente.

A produção das pastagens responde a fatores genéticos, climáticos, de solo e de manejo (HODGSON, 1985). Em regiões de clima árido e semiárido, a limitação hídrica pode ser agravada por problemas de salinidade, principalmente nas áreas de solos rasos ou camadas impermeáveis, em que os sais acumulados podem atingir níveis comprometedores para o crescimento e desenvolvimento das plantas (GHEYI, 2000).

A produção de massa seca de gramíneas pode ser influenciada pela salinidade da água (BEZERRA *et al.*, 2014) e pelo manejo da irrigação (VITOR *et al.*, 2009). Contudo, a massa seca de forragem descreve somente a quantidade de material num dado momento na pastagem, não representando a qualidade nutricional da forragem que será consumida pelo animal. Portanto, é necessário verificar cada componente da massa seca de forragem total para avaliação mais precisa do que realmente será aproveitado pelo animal (CUTRIM JUNIOR *et al.*, 2011).

A estrutura do pasto pode ser definida como a distribuição e o arranjo de componentes tais como o acúmulo de forragem, altura da planta, densidade de folhas, relação folha/colmo e a proporção de material senescente (SIMON; LEMAIRE, 1987). De forma geral, pode ser descrita pelo conjunto de variáveis que expressam a distribuição da matéria

seca no perfil da pastagem nas dimensões vertical e horizontal da pastagem (BAUER *et al.*, 2011).

Estudos sobre o potencial produtivo e composição das espécies forrageiras são importantes para orientar estratégias de manejo para pastagem em condições ambientais adversas, como o déficit hídrico e alta salinidade, comuns nas regiões semiáridas. Assim, este trabalho objetivou avaliar a produção e composição estrutural do capim *Panicum maximum* cv. BRS Zuri sob diferentes lâminas de irrigação e níveis de salinidade na água.

3.2 Material e métodos

Local e instalações

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, no Setor de Agrometeorologia do Departamento de Engenharia Agrícola na Universidade Federal do Ceará - UFC, em Fortaleza, Ceará, no período de março a agosto de 2015. A casa de vegetação dispunha de cobertura de polietileno de alta densidade (0,15 mm de espessura e 80% de transparência), telado lateral de sombrite 30% e dimensões de 12,5 m x 6,40 m. A instalação situa-se a uma altitude de 30 metros e coordenadas geográficas de 3°44'44.8"S e 38°34'56.1"O. O clima do município é classificado como tipo Aw', tropical chuvoso, segundo a classificação de Köppen.

Delineamento experimental

O estudo foi dividido duas fases: experimento I e experimento II, ambos delineados em blocos ao acaso com parcelas subdivididas e cinco repetições por tratamento, em que os níveis de salinidade compuseram as parcelas principais e as lâminas de irrigação as subparcelas. O experimento I compreendeu os ciclos 1 e 2, nos quais os tratamentos foram compostos por quatro níveis de salinidade (0,5; 2,0; 4,0 e 6,0 dS m⁻¹) e quatro lâminas de irrigação (60; 80; 100 e 120% da evapotranspiração controle). O experimento II compreendeu os ciclos 3 e 4, nos quais os tratamentos foram compostos por três níveis salinidade (0,6; 1,8 e 3,0 dS m⁻¹) aplicados sobre os tratamentos 0,5; 2,0 e 4,0 dS m⁻¹, respectivamente e quatro lâminas de irrigação (60; 80; 100 e 120% da evapotranspiração controle).

Solo e adubação

Foram utilizados vasos de polietileno perfurados na base com volume de 11 dm³, sob os quais foram colocados coletores para a água drenada. Os vasos foram preenchidos com 10 dm³ de solo passado em peneira de 4 mm, sobre uma camada de 2 cm de brita no fundo. O solo do tipo Argissolo Vermelho-Amarelo e de classificação textural franco arenoso foi coletado da camada de 0-20 cm nas dependências do Setor de Agrometeorologia. As análises físico-químicas foram realizadas no Laboratório de Solos e Água da UFC, apresentando: pH em água 4,8; em cmol_c dm⁻³: Ca²⁺ = 0,96; Mg²⁺ = 0,82; Na⁺ = 0,09; K⁺ = 0,14; H⁺ + Al³⁺ = 4,07 e Al³⁺ = 0,24; em mg dm⁻³: P assimilável = 11,64; Fe = 16,03; Cu = 0,75; Zn = 2,26 e Mn = 1,85; em g kg⁻¹: MO = 17,9.

A correção no pH e o suprimento de macro e micronutrientes foram realizados de acordo com os resultados da análise do solo. Aplicou-se calcário dolomítico (380 mg dm⁻³) 30 dias antes do plantio mantendo-se o solo úmido e, no plantio, superfosfato simples (75 mg dm⁻³ de P₂O₅) e FTE BR12 (40 mg dm⁻³). O cloreto de potássio (230 mg dm⁻³ de K₂O) e ureia (400 mg dm⁻³ de N) foram aplicados em doses parceladas, no plantio e na metade do período de uniformização, repetindo-se as quantidades a cada ciclo.

Plantio e cortes

Foram semeadas aproximadamente 50 sementes por vaso do capim *Panicum maximum* cv. BRS Zuri a profundidade de 1,0 cm. Realizou-se um desbaste 15 dias após o plantio mantendo-se cinco plantas por vaso. O corte de uniformização foi realizado 45 dias após o plantio (período de estabelecimento), iniciando-se a aplicação dos tratamentos. O capim foi avaliado durante quatro ciclos, com duração de 28 dias cada. Os cortes foram realizados com tesoura a altura de 10 cm do solo, nas datas de 23/05/15 e 20/06/15 no experimento I e 18/07/15 e 15/08/15 no experimento II.

Determinação dos níveis de salinidade e lâminas de irrigação

As irrigações foram realizadas manualmente com uso de proveta graduada. Durante o período de estabelecimento utilizou-se água de poço (CEa = 1,0 dS m⁻¹) mantendo o solo na capacidade de campo. As águas salinas foram preparadas semanalmente em

reservatórios com capacidade de 100 L, utilizando-se água de poço, água destilada, e os sais NaCl, CaCl₂.2H₂O e MgCl₂.6H₂O nas proporções de 7:2:1. A concentração dos sais foi calculada pela equação: Cs (mmol_c L⁻¹) = CEa x 10, em que: Cs = concentração de sais; CEa = condutividade elétrica pré-estabelecida (RHOADES, 1992), obtendo-se os níveis de salinidade pré-estabelecidos.

A lâmina de irrigação foi determinada a partir da evapotranspiração (ET) por meio da diferença na pesagem de 5 vasos irrigados com água de CEa de 0,5 dS m⁻¹, após a irrigação e previamente a irrigação seguinte, considerando-se 60, 80, 100 e 120% do valor obtido. O turno de rega adotado foi de 2 dias. A lâmina total aplicada foi calculada pelo somatório das irrigações a cada ciclo (Tabela 17Tabela 1).

Tabela 17. Lâmina de irrigação total por ciclo (mm) aplicada em *Panicum maximum* cv. BRS Zuri com base no percentual de evapotranspiração (% ET).

Lâmina (% ET)	Experimento I		Experimento II	
	Ciclo 1	Ciclo 2	Ciclo 3	Ciclo 4
60	129,2	147,7	183,7	217,4
80	172,3	196,9	244,9	289,9
100	215,4	246,1	306,1	362,4
120	258,4	295,3	367,3	434,9

Dados meteorológicos

Os dados meteorológicos diários foram obtidos utilizando-se um *data logger* (HOBO U12-012) com sensor de temperatura (T), umidade relativa do ar (UR) localizado no centro da casa de vegetação a 1,5 m do solo. Os dados foram registrados a cada hora obtendo-se temperaturas médias de 30,4; 29,8; 29,0 e 29,2 °C e umidades relativas médias de 70,4; 71,1; 72,0 e 67,3 % para os ciclos 1, 2, 3 e 4, respectivamente.

Produção, componentes da biomassa e área foliar

O material colhido nos cortes foi pesado, obtendo-se o peso total de matéria verde por vaso. Realizou-se o fracionamento dos componentes folhas, colmo (pseudocolmo + bainhas) e material morto. As amostras de cada fração foram levadas à estufa de ventilação forçada a 65 °C até peso constante para obtenção do % de matéria seca e cálculo das variáveis: massa seca de forragem total (MSFT, g vaso⁻¹), massa seca de lâminas foliares

verdes (MSLV, g vaso⁻¹), massa seca de colmos verdes (MSCV, g vaso⁻¹), massa seca de material morto (MSMM, g vaso⁻¹) e relação folha/colmo (F/C). Em seguida, calculou-se a proporção dos componentes da biomassa: folhas, colmos e material morto em % da massa seca de forragem total produzida.

Foi contabilizado o número de perfilhos vivos (NPerf) a cada ciclo, e calculado o peso médio dos perfilhos (PPerf, g MS) dividindo-se a produção de matéria seca (MSFT) pelo número de perfilhos vivos (NPerf) de cada unidade experimental. A área foliar (AF, dm²) foi mensurada após o fracionamento das folhas utilizando-se o medidor de área foliar LI-3100C. Calculou-se a área foliar específica (AFE, dm² g⁻¹) através da razão entre a área foliar (AF) e a massa seca das lâminas foliares verdes (AFE = AF/MSLV).

Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância e comparação de médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade utilizando o Software Sisvar 5.6 (FERREIRA, 2011). Os fatores salinidade (S) e lâminas de irrigação (L) foram analisados dentro de cada ciclo quando observada interação significativa (S x L) a 5% de probabilidade os resultados foram detalhados. O nível de salinidade de 6,0 dS m⁻¹ não foi avaliado a partir do 2º ciclo, devido perda desse tratamento com à morte das plantas sob alta salinidade. O modelo estatístico adotado foi: $y_{ijk} = \mu + \alpha_i + b_j + e_{ij} + \gamma_k + (\alpha\gamma)_{ik} + e_{ijk}$, em que: y_{ijk} = observação no j-ésimo bloco, do i-ésimo nível do fator A e k-ésimo nível do fator B; μ = média geral; α_i = efeito devido ao i-ésimo nível do fator A; b_j = efeito devido ao j-ésimo bloco; e_{ij} = erro associado à parcela (ij); γ_k = efeito devido ao k-ésimo nível do fator B; $(\alpha\gamma)_{ik}$ = efeito da interação entre os fatores A e B; e_{ijk} = erro associado à sub parcela (ijk).

3.3 Resultados e discussão

Proporção de folhas, colmos e material morto

A interação S x L não foi significativa para as variáveis nos ciclos 1 e 2. No 1º ciclo os níveis de salinidade não influenciaram os percentuais de folha e colmo das plantas. O percentual de material morto foi superior na CEa de 6,0 dS m⁻¹ em comparação aos demais níveis avaliados. No ciclo 2, a elevação da salinidade na água afetou os demais componentes da biomassa, obtendo-se menor proporção de folhas (58,39%) e colmos (15,20%), e maior proporção de material morto (26,41%) na CEa de 4,0 dS m⁻¹ (Tabela 18).

Tabela 18. Proporção de folha, colmo e material morto na matéria seca (MS) do capim BRS Zuri sob salinidade e lâminas de irrigação nos ciclos 1 e 2.

Ciclo	Salinidade (CEa, dS m ⁻¹)				Lâmina de irrigação (% ET)					
	0,5	2,0	4,0	6,0	EPM	60	80	100	120	EPM
Folha (% MS)										
1	69,02 ^a	67,47 ^a	69,39 ^a	65,34 ^a	0,97	71,56 ^a	70,09 ^a	65,11 ^b	64,76 ^b	1,05
2	71,50 ^a	69,93 ^a	58,39 ^b	-	1,76	69,19 ^a	67,53 ^a	64,32 ^a	65,39 ^a	1,65
Colmo (% MS)										
1	25,98 ^a	28,92 ^a	26,84 ^a	25,41 ^a	0,99	20,53 ^c	24,58 ^b	30,60 ^a	31,44 ^a	0,86
2	24,09 ^a	22,03 ^a	15,20 ^b	-	1,04	16,01 ^b	20,90 ^a	21,50 ^a	23,35 ^a	0,70
Material morto (% MS)										
1	5,00 ^b	3,60 ^b	3,77 ^b	8,95 ^a	0,85	7,91 ^a	5,32 ^{ab}	4,29 ^b	3,80 ^b	0,95
2	4,41 ^b	8,03 ^b	26,41 ^a	-	2,31	14,80 ^a	11,56 ^a	14,18 ^a	11,26 ^a	2,13

Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey (P>0,05). EPM: erro padrão da média.

A salinidade interfere no metabolismo vegetal alterando os processos de absorção, transporte, assimilação e distribuição de nutrientes na planta, com redução na produção de biomassa (FARIAS *et al.*, 2009). As alterações fisiológicas decorrentes da salinidade se expressam morfológicamente em menores taxas de alongamento e aparecimento foliar resultando em menor tamanho final da folha (MUNNS, 2002) e, conseqüentemente na redução da proporção de material vivo e incremento da fração morta.

No ciclo 1, as plantas apresentaram maiores percentuais de lâminas foliares quando expostas às condições de déficit hídrico nas lâminas de irrigação de 60 e 80% da ET em comparação aos maiores níveis. Contudo, no ciclo 2 não se verificou influência das

lâminas de irrigação sobre o percentual de folhas (Tabela 18). A maior proporção de folhas nas plantas submetidas a déficit hídrico no primeiro ciclo pode ter ocorrido em função das gramíneas investirem no crescimento de folhas nos estádios iniciais de desenvolvimento (RODRIGUES *et al.*, 2008) e à maior exigência em produzir substâncias necessárias para o crescimento pelo incremento na área fotossintética nessa fase (NUSSIO; MANZANO; PEDREIRA, 1998).

A estacionalidade da produção da cv. BRS Zuri em condições de campo foi similar as cultivares Tanzânia e Mombaça, atingindo no período seco 15% do total de forragem anual, cujo componente foliar atingiu média 87% de folhas, valor superior às cultivares Tanzânia (77%) e Colonião (63%) (EMBRAPA, 2014), e aos resultados obtidos no presente estudo.

O percentual de colmo foi inferior sob déficit hídrico em ambos os ciclos, embora no 2º ciclo tenha sido significativamente menor somente na lâmina de 60% da ET. A proporção de material morto foi superior na lâmina de 60% da ET correspondendo a 7,91% da massa seca total do 1º ciclo, embora no ciclo 2 não se tenha constatado diferença significativa para essa variável quanto à lâmina aplicada (Tabela 18).

Sob alta disponibilidade hídrica, as folhas provavelmente atingiram o tamanho final, iniciando a senescência foliar mais precocemente e acumularam proporção de material morto de maneira semelhante às plantas em estresse hídrico no momento do corte. O material morto representa parte da biomassa não selecionada pelo animal e, em altas proporções, pode indicar que o ciclo deveria ser reduzido (RIBEIRO *et al.*, 2009).

Nos ciclos 3 e 4, não se verificou interação S x L significativa para as variáveis. O percentual de folhas não apresentou influência dos níveis salinos no 3º ciclo. No entanto, no ciclo 4, verificou-se redução no percentual lâminas foliares na CEa de 3,0 dS m⁻¹ em relação aos demais níveis avaliados. O percentual de material morto foi superior na CEa de 3,0 dS m⁻¹ nos ciclos 3 e 4 (Tabela 19).

No 3º ciclo observou-se redução no percentual de colmo em nos níveis de 1,8 e 3,0 dS m⁻¹ em comparação ao nível menos salino. Não houve efeito dos níveis de salinidade sobre a proporção de folhas demonstrando que as plantas investiram em crescimento da área foliar como mecanismo de recuperação às condições de estresse mais severas dos ciclos anteriores. Entretanto, no 4º ciclo as respostas negativas ao tratamento mais salino manifestaram-se novamente, ocorrendo redução na fração verde e aumento na fração morta. Além disso, nesse ciclo o percentual de material morto atingiu valores elevados mesmo sob

condição de baixa salinidade (9,43% da massa seca total), o que pode estar relacionado a um ciclo de cultivo muito longo ou até mesmo ao ambiente de espaço limitante para o desenvolvimento da cultura em vasos.

Tabela 19. Proporção de folha, colmo e material morto na matéria seca (MS) do capim BRS Zuri sob salinidade e lâminas de irrigação nos ciclos 3 e 4.

Ciclo	Salinidade (CEa, dS m ⁻¹)			Lâmina de irrigação (% ET)					
	0,6	1,8	3,0	EPM	60	80	100	120	EPM
Folha (% MS)									
3	62,00 ^a	63,34 ^a	65,73 ^a	0,81	65,14 ^a	62,67 ^a	63,24 ^a	63,73 ^a	1,12
4	67,77 ^a	67,08 ^a	59,44 ^b	1,53	59,92 ^c	61,96 ^{bc}	68,15 ^{ab}	69,02 ^a	1,63
Colmo (% MS)									
3	32,68 ^a	27,26 ^b	28,51 ^b	0,91	26,65 ^b	29,27 ^{ab}	31,17 ^b	30,84 ^{ab}	1,18
4	22,80 ^a	18,94 ^a	19,38 ^a	1,32	19,26 ^a	20,29 ^a	20,65 ^a	21,28 ^a	1,02
Material morto (% MS)									
3	5,32 ^b	5,75 ^b	9,39 ^a	0,29	8,20 ^a	8,06 ^a	5,59 ^b	5,43 ^b	0,64
4	9,43 ^b	13,98 ^{ab}	21,18 ^a	2,03	20,82 ^a	17,74 ^a	11,21 ^b	9,70 ^b	2,15

Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey (P>0,05). EPM: erro padrão da média.

As lâminas de irrigação não afetaram a proporção de folhas no 3º ciclo. Contudo, no ciclo 4, verificou-se incremento nessa variável sob maior disponibilidade hídrica, com média de 69,02% na lâmina de 120% da ET (Tabela 19). Ribeiro *et al.* (2009) encontraram maior proporção de lâminas foliares para o capim *Panicum maximum* cv. Mombaça irrigado (71 ± 1,05%) em comparação ao não irrigado (65,4 ± 1,05%), próximo aos valores do 4º ciclo.

Massa seca de forragem total (MSFT), massa seca de lâminas foliares verdes (MSLV), massa seca de colmos verdes (MSCV), massa seca de material morto (MSMM) e relação folha/colmo (F/C)

A interação S x L foi significativa para a MSFT no ciclo 1. Quando se aplicou a lâmina de irrigação referente a 60% da ET, a MSFT foi menor na CEa de 6,0 dS m⁻¹ em comparação ao nível de 0,5 dS m⁻¹. No entanto, quando a lâmina de irrigação foi elevada para 120% da ET, a MSFT teve influência negativa da salinidade a 2,0 dS m⁻¹ e nos níveis salinos superiores (Tabela 20).

Tabela 20. Massa seca de forragem total (g vaso⁻¹) do capim BRS Zuri sob salinidade e lâminas de irrigação no ciclo 1.

Lâmina (%ET)	Salinidade (CEa, dS m ⁻¹)			
	0,5	2,0	4,0	6,0
60	21,39 ^{aD}	21,69 ^{aC}	19,13 ^{abC}	17,71 ^{bD}
80	25,51 ^{aC}	24,40 ^{abC}	24,86 ^{abB}	21,39 ^{bC}
100	30,45 ^{aB}	29,67 ^{aB}	28,17 ^{aB}	28,17 ^{aB}
120	38,83 ^{aA}	34,32 ^{bA}	32,44 ^{bA}	34,35 ^{bA}

Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha e letra maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (P>0,05). EPM: 1º ciclo 1 = 0,95;

A redução na produção da cultivar manifestou-se no primeiro ciclo, mesmo sob elevada disponibilidade hídrica. Reduções na massa seca da parte aérea também foram observadas por Aquino *et al.* (2007) avaliando dois genótipos de sorgo forrageiro irrigados com salinidade crescente de 0,5 até 8 dS m⁻¹, e por Santana *et al.* (2007) em experimento com cana-de-açúcar cultivada em solos com diferentes texturas e irrigada com soluções salinas de 0,10 a 8 dS m⁻¹.

No presente estudo, foi evidente o efeito negativo do decréscimo nas lâminas de irrigação utilizadas dentro de todos os níveis de salinidade (Tabela 20). Santos *et al.* (2013) avaliaram a produção do capim *Brachiaria brizantha* cultivares BRS Piatã e Marandu por diferentes períodos de restrição hídrica e também observaram redução na biomassa da parte aérea, de folhas e de colmos a partir de 14 dias de restrição.

No ciclo 1, a MSLV apresentou redução de 15,3% na salinidade de 6,0 dS m⁻¹ em relação ao tratamento controle. Em plantas irrigadas com as menores lâminas de irrigação observou-se redução significativa na MSLV e MSCV no ciclo 1 (Tabela 21). A fração de lâminas verdes é um componente de grande relevância para o desempenho animal, uma vez que compreende a porção mais selecionada pelos ruminantes em pastejo (LOPES *et al.*, 2014).

Não houve efeito da salinidade sobre a MSCV no 1º ciclo. A MSMM foi superior no nível mais salino (2,05 g vaso⁻¹) em comparação aos níveis de 2,0 e 4,0 dS m⁻¹, sem diferir significativamente do tratamento controle. Sob menor salinidade, é possível que as folhas tenham atingido o tamanho final mais rapidamente dando início à fase de senescência acumulando maior quantidade de material morto. A relação F/C, por sua vez, não foi influenciada significativamente pelos níveis de salinidade apresentando média de 2,73 no ciclo 1 (Tabela 21).

Tabela 21. Massa seca de forragem total (MSFT), massa seca de lâminas foliares verdes (MSLV), massa seca de colmos verdes (MSCV), massa seca de material morto (MSMM) e relação folha/colmo (F/C) do capim BRS Zuri sob salinidade e lâminas de irrigação nos ciclos 1 e 2.

Ciclo	Salinidade (CEa, dS m ⁻¹)				Lâmina de irrigação (% ET)					
	0,5	2,0	4,0	6,0	EPM	60	80	100	120	EPM
MSFT (g vaso ⁻¹)										
1*	29,04 ^a	27,52 ^a	26,15 ^a	25,66 ^a	0,86	19,97 ^d	24,04 ^c	29,36 ^b	34,98 ^a	0,47
2*	47,71 ^a	47,96 ^a	22,15 ^b	-	1,12	22,91 ^d	35,45 ^c	44,45 ^b	54,28 ^a	1,19
MSLV (g vaso ⁻¹)										
1	19,77 ^a	18,41 ^{ab}	17,93 ^{ab}	16,75 ^b	0,58	14,30 ^d	16,81 ^c	19,11 ^b	22,65 ^a	0,38
2*	33,74 ^a	33,08 ^a	13,51 ^b	-	0,81	16,45 ^d	24,46 ^c	29,81 ^b	36,39 ^a	0,98
MSCV (g vaso ⁻¹)										
1	7,80 ^a	8,17 ^a	7,25 ^a	6,86 ^a	0,37	4,12 ^d	5,98 ^c	8,97 ^b	11,01 ^a	0,29
2*	11,96 ^a	10,76 ^a	3,70 ^b	-	0,56	3,97 ^d	7,78 ^c	10,08 ^b	13,41 ^a	0,38
MSMM (g vaso ⁻¹)										
1	1,45 ^{ab}	0,93 ^b	0,97 ^b	2,05 ^a	0,19	1,56 ^a	1,25 ^a	1,29 ^a	1,32 ^a	0,20
2*	2,00 ^b	4,11 ^a	4,94 ^a	-	0,29	2,47 ^b	3,19 ^{ab}	4,51 ^a	4,56 ^a	0,40
Relação F/C										
1	2,83 ^a	2,44 ^a	2,82 ^a	2,83 ^a	0,16	3,62 ^a	2,99 ^b	2,20 ^c	2,10 ^c	0,13
2*	3,08 ^b	3,24 ^b	4,22 ^a	-	0,15	4,76 ^a	3,36 ^b	3,04 ^{bc}	2,89 ^c	0,10

Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey (P>0,05). EPM: erro padrão da média. *Interação S x L significativa (P<0,05).

Em plantas irrigadas com as menores lâminas de irrigação observou-se redução significativa na MSLV e MSCV no ciclo 1. Quando exposta a estresse hídrico prolongado, o crescimento e produtividade da planta são severamente diminuídos (OSAKABE *et al.*, 2014). Nesse sentido, Pezzopane *et al.* (2015) demonstraram que o estresse por restrição hídrica por período de apenas 7 dias resultou na diminuição da massa seca total, massa seca de parte aérea, massa seca de colmo e de folha da gramínea *Brachiaria brizantha*.

No ciclo 1, a relação F/C foi superior no tratamento de maior restrição hídrica com média de 3,62 (Tabela 21). O estresse por déficit hídrico mostrou-se mais acentuado sobre o crescimento dos colmos em relação às lâminas foliares com reduções de 54,1 e 25,2% na MSCV e MSLV, respectivamente, entre os níveis de irrigação de 100 e 60% da ET. A elevação da biomassa total e do comprimento da planta, especialmente do pseudocolmo, contribuem para o incremento na biomassa de colmo e, conseqüentemente, para a redução na relação folha/colmo (LOPES *et al.*, 2014).

É interessante ressaltar que a MSFT foi consideravelmente superior no ciclo 2 em relação ao ciclo 1 (64,3% nas condições menor salinidade) podendo estar relacionado segundo Consolmagno Neto; Monteiro e Dechen (2007) ao fato de que no primeiro ciclo de avaliação as plantas tenham direcionado energia para o crescimento e estabelecimento das raízes e, no segundo ciclo puderam investir mais no crescimento da parte aérea.

No ciclo 2, a interação S x L foi significativa para as variáveis MSFT, MSLV, MSCV, MSMM e relação F/C. A MSFT, MSLV e MSCV apresentaram comportamento semelhante quanto à redução sob a salinidade de 4,0 dS m⁻¹, sendo este impacto intensificado nas maiores lâminas de irrigação. Não houve diferença significativa entre os níveis 0,5 e 2,0 dS m⁻¹ para essas variáveis dentro das condições de irrigação avaliadas (Tabela 22).

Tabela 22. Massa seca de forragem total, massa seca de lâminas verdes (MSLV) e massa seca de colmos verdes (MSCV) do capim BRS Zuri sob salinidade e lâminas de irrigação no ciclo 2.

Lâmina (%ET)	Salinidade (CEa, dS m ⁻¹)		
	0,5	2,0	4,0
MSFT (g vaso ⁻¹)			
60	25,74 ^{aD}	27,07 ^{aD}	15,92 ^{bB}
80	40,57 ^{aC}	42,77 ^{aC}	23,01 ^{bAB}
100	54,71 ^{aB}	54,00 ^{aB}	23,65 ^{bAB}
120	69,82 ^{aA}	66,99 ^{aA}	26,05 ^{bA}
MSLV (g vaso ⁻¹)			
60	19,47 ^{aD}	20,40 ^{aD}	9,48 ^{bB}
80	28,71 ^{aC}	30,00 ^{aC}	14,69 ^{bA}
100	38,53 ^{aB}	36,88 ^{aB}	14,02 ^{bA}
120	48,25 ^{aA}	45,05 ^{aA}	15,87 ^{bA}
MSCV (g vaso ⁻¹)			
60	5,11 ^{aD}	5,28 ^{aC}	1,52 ^{bB}
80	9,81 ^{aC}	9,75 ^{aB}	3,77 ^{bAB}
100	13,54 ^{aB}	12,21 ^{aB}	4,48 ^{bA}
120	19,39 ^{aA}	15,81 ^{bA}	5,03 ^{cA}

Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha e letra maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (P>0,05). EPM: MSFT = 2,06; MSLV = 1,69; MSCV = 0,65.

Nesse sentido, Maia *et al.* (2015) também verificaram efeito negativo da salinidade na água sobre a massa seca de folhas do capim *Panicum maximum* cv. Tanzânia irrigado com CEa de 0,5 a 6,0 dS m⁻¹. A salinidade na água comprometeu a produção de

massa seca da cv. Tanzânia obtendo-se resultados satisfatórios na CEa de até 2,8 dS m⁻¹ (OLIVEIRA *et al.*, 2015) e 2,3 dS m⁻¹ (PRAXEDES *et al.*, 2014).

Os componentes da biomassa do capim-canarana (*Echinochloa pyramidalis*) também foram afetados pela CEa acima de 2,0 dS m⁻¹ com reduções significativas na MSFT, MSLV, MSCV (MORAIS NETO *et al.*, 2012). Reduções significativas na produção de massa seca de folhas e colmos do capim *Brachiaria brizantha* cultivares Piatã, Marandu e Xaraés foram constatadas em condição em déficit hídrico (KROTH *et al.*, 2015).

No presente estudo, ocorreram reduções na MSFT, MSLV e MSCV nas menores lâminas de irrigação dentro dos níveis de salinidade, sendo de menor magnitude na CEa de 4,0 dS m⁻¹ (Tabela 22). Considerando-se a alta disponibilidade hídrica e o baixo nível de salinidade na água como condição experimental mais adequada ao crescimento das plantas, constatou-se que nessas condições ocorreu incremento da massa seca de forragem produzida, representado principalmente pelo acúmulo na fração de lâminas verdes. Entretanto, o estresse salino mesmo sob alta disponibilidade hídrica, prejudicou a produção de forragem com pouco incremento nos componentes da parte aérea.

Verificou-se interação significativa S x L para MSMM e relação F/C no ciclo 2. Sob déficit hídrico, a MSMM foi significativamente maior quando se aplicou a CEa de 4,0 dS m⁻¹. Contudo, sob condições hídricas mais favoráveis (lâminas de 100 e 120 % da ET), a MSMM foi superior nos níveis de 2,0 e 4,0 dS m⁻¹ (Tabela 23).

Tabela 23. Massa seca de material morto (MSMM) e relação folha/colmo (F/C) do capim BRS Zuri sob salinidade e lâminas de irrigação no ciclo 2.

Lâmina (%ET)	Salinidade (CEa, dS m ⁻¹)		
	0,5	2,0	4,0
	MSMM (g vaso ⁻¹)		
60	1,15 ^{ba}	1,40 ^{bb}	4,87 ^{aa}
80	2,04 ^{ba}	3,02 ^{abB}	4,51 ^{aa}
100	2,64 ^{ba}	5,90 ^{aa}	5,15 ^{aa}
120	2,18 ^{ba}	6,12 ^{aa}	5,24 ^{aa}
	Relação F/C		
60	3,93 ^{ba}	3,93 ^{ba}	6,50 ^{aa}
80	2,98 ^{bb}	3,11 ^{bb}	3,97 ^{abB}
100	2,87 ^{bb}	3,04 ^{abB}	3,19 ^{ac}
120	2,55 ^{bb}	2,90 ^{abB}	3,22 ^{ac}

Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha e letra maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (P>0,05). EPM: MSMM = 0,69; F:C = 0,18.

Nesse sentido, as condições que favoreceram o acúmulo material morto foram a elevação na salinidade e o aumento nas lâminas de irrigação quando a salinidade foi igual ou superior a 2,0 dS m⁻¹. Moraes Neto *et al.* (2012) verificaram que a salinidade teve pouca influência na relação folha/colmo, no entanto, um pequeno aumento foi observado em níveis mais salinos. No presente estudo, observou-se que, em situação de estresse hídrico severo, a relação F/C foi maior quando se utilizaram as CEa de 0,5 e 2,0 dS m⁻¹. A salinidade de 4,0 dS m⁻¹, assim como o déficit hídrico, comprometeram a produção de colmos em maior proporção que a produção de folhas resultando na maior relação F/C no ciclo 2 (Tabela 23).

Nos ciclos 3 e 4, a interação S x L não foi significativa para as variáveis. No terceiro ciclo, a CEa de 3,0 dS m⁻¹ promoveu redução da MSFT, MSLV e MSCV, e aumento da MSMM em comparação às concentrações salinas inferiores. Contudo, não houve efeito significativo dos níveis de salinidade sobre as variáveis no ciclo 4, com exceção da MSMM que permaneceu superior na CEa de 3,0 dS m⁻¹ (Tabela 24).

Tabela 24. Massa seca de forragem total (MSFT), massa seca de lâminas verdes (MSLV), massa seca de colmos verdes (MSCV), massa seca de material morto (MSMM) e relação folha/colmo (F/C) do capim BRS Zuri sob salinidade e lâminas de irrigação nos ciclos 3 e 4.

Ciclo	Salinidade (CEa, dS m ⁻¹)			Lâmina de irrigação (% ET)					
	0,6	1,8	3,0	EPM	60	80	100	120	EPM
	MSFT (g vaso ⁻¹)								
3	69,98 ^a	70,85 ^a	58,01 ^b	2,04	39,95 ^d	59,55 ^c	74,80 ^b	90,85 ^a	2,05
4	63,81 ^a	63,06 ^a	58,91 ^a	2,15	39,70 ^d	56,23 ^c	71,55 ^b	82,59 ^a	2,20
	MSLV (g vaso ⁻¹)								
3	42,94 ^a	45,44 ^a	37,70 ^b	1,36	25,72 ^d	37,23 ^c	47,24 ^b	57,90 ^a	1,58
4	43,82 ^a	42,83 ^a	36,15 ^a	2,08	23,02 ^d	34,85 ^c	48,82 ^b	57,04 ^a	1,73
	MSCV (g vaso ⁻¹)								
3	23,42 ^a	19,07 ^{ab}	17,32 ^b	0,88	10,90 ^d	17,55 ^c	23,40 ^b	27,90 ^a	1,02
4	14,48 ^a	12,00 ^a	12,12 ^a	1,05	7,60 ^c	11,37 ^b	14,81 ^a	17,68 ^a	0,79
	MSMM (g vaso ⁻¹)								
3	3,62 ^b	3,01 ^b	6,35 ^a	0,22	3,33 ^b	4,78 ^{ab}	4,15 ^{ab}	5,05 ^a	0,41
4	5,52 ^b	8,23 ^{ab}	10,63 ^a	1,07	6,71 ^a	10,01 ^a	7,92 ^a	7,86 ^a	1,03
	Relação F/C								
3	2,00 ^b	2,40 ^a	2,39 ^a	0,10	2,54 ^a	2,23 ^{ab}	2,14 ^{ab}	2,13 ^b	0,11
4	3,12 ^a	3,59 ^a	3,59 ^a	0,35	3,85 ^a	3,17 ^a	3,36 ^a	3,35 ^a	0,29

Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey (P>0,05). EPM: erro padrão da média. *Interação S x L significativa (P<0,05).

Mesmo após a influência do estresse salino sobre as plantas com grave impacto sobre a produção de forragem nos primeiros ciclos, no quarto ciclo a CEa de $3,0 \text{ dS m}^{-1}$ causou danos menos expressivos no acúmulo dos componentes verdes da biomassa. Os resultados obtidos com o uso da CEa de $1,8 \text{ dS m}^{-1}$ não diferiram estatisticamente do tratamento controle.

A relação F/C, dada pela proporção da massa seca de lâminas foliares verdes em relação a massa seca de colmos verdes, foi menor sob a CEa de $0,6 \text{ dS m}^{-1}$ em comparação aos demais níveis salinos no ciclo 3. Os efeitos deletérios do nível de $3,0 \text{ dS m}^{-1}$ foram mais intensos sobre a MSCV (redução 26,0%) em relação a MSLV (redução de 12,2%) quando comparado a $0,6 \text{ dS m}^{-1}$, resultando no incremento da relação F/C nesse ciclo. No ciclo 4, não se observou efeito da salinidade sobre a relação F/C, assim como a MSLV e MSCV não diferiram estatisticamente (Tabela 24).

Quanto às lâminas de irrigação verificaram-se resultados semelhantes aos obtidos nos ciclos anteriores, com maiores MSFT, MSLV e MSCV quando se aplicou a lâmina de 120% da ET em relação às condições de déficit hídrico. A MSMM, por sua vez, foi superior sob maior disponibilidade hídrica em relação à lâmina de 60% da ET no terceiro ciclo (Tabela 24).

A produção de matéria seca e proporção dos componentes da biomassa de forragem resultam das ações de manejo e dos fatores abióticos sobre o metabolismo vegetal. Além da quantidade e da qualidade da água, outros fatores ambientais como a temperatura do ar e radiação solar exercem influência sobre a produção e qualidade de gramíneas forrageiras (ALENCAR *et al.*, 2009; FAGUNDES *et al.*, 2006). Dessa forma, podem resultar em diferenças nas respostas obtidas ao longo dos ciclos de cultivo.

Área foliar (AF) e área foliar específica (AFE)

A AF não foi influenciada pela salinidade no ciclo 1, obtendo-se média de $34,54 \text{ dm}^2$ para os níveis avaliados (Tabela 25). Embora se tenha constatado redução na MSLV em níveis de salinidade mais elevados ($6,0 \text{ dS m}^{-1}$), admite-se que não ocorreu interferência da salinidade nas dimensões foliares (comprimento e largura da folha), e sim uma provável depleção na espessura das folhas, tendo em vista que a área foliar foi mantida e o peso foliar foi reduzido.

As condições de déficit hídrico (lâminas de 60 e 80% da ET) promoveram redução na AF em 50,3 e 22,3%, respectivamente, em comparação à lâmina de 120% da ET. A AF não apresentou diferença significativa entre as lâminas de 100 e 120% da ET (Tabela 25). A AF respondeu imediatamente ao déficit hídrico, evidenciando maior impacto num primeiro momento em comparação ao estresse salino. Plantas respondem ao déficit hídrico reduzindo as dimensões foliares resultando em menor produção de matéria seca e aceleração da senescência e abscisão foliar (CHUTIA; BORAH, 2012).

Tabela 25. Área foliar (dm^2) do capim BRS Zuri sob salinidade e lâminas de irrigação nos ciclos 1 e 2.

Ciclo	Salinidade (CEa , dS m^{-1})					Lâmina de irrigação (% ET)				
	0,5	2,0	4,0	6,0	EPM	60	80	100	120	EPM
1	33,80 ^a	33,60 ^a	37,05 ^a	33,74 ^a	1,30	21,30 ^c	33,25 ^b	41,80 ^a	42,82 ^a	1,58
2*	48,84 ^a	51,48 ^a	25,82 ^b	-	1,37	23,80 ^d	37,27 ^c	49,03 ^b	58,09 ^a	1,77

Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P > 0,05$). EPM: erro padrão da média. *Interação S x L significativa ($P < 0,05$).

A interação S x L foi significativa para a AF no ciclo 2. A AF foi inferior na lâmina de 60% da ET independente do tratamento salino utilizado. Verificou-se decréscimo da AF também por influência da CEa 4,0 dS m^{-1} dentro da lâmina de 80% da ET e nas lâminas superiores. Sob concentração salina mais elevada houve maior comprometimento da AF demonstrando pouca ou nenhuma variação em resposta às lâminas de irrigação aplicadas (Tabela 26), indicando que nesse nível salino ocorreram grandes perdas em tecido fotossintetizante mesmo sob alta disponibilidade hídrica.

Tabela 26. Área foliar (dm^2) do capim BRS Zuri sob salinidade e lâminas de irrigação no ciclo 2.

Lâmina (% ET)	Salinidade (CEa , dS m^{-1})		
	0,5	2,0	4,0
60	27,81 ^{aC}	27,63 ^{aC}	15,97 ^{aB}
80	40,59 ^{aB}	45,35 ^{aB}	25,88 ^{bAB}
100	58,50 ^{aA}	62,44 ^{aA}	26,19 ^{bAB}
120	68,46 ^{aA}	70,50 ^{aA}	35,29 ^{bA}

Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha e letra maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P > 0,05$). EPM = 3,07.

A redução da área foliar do capim *Panicum maximum* cv. Tanzânia com níveis crescentes de salinidade via água de irrigação de 0,5 a 6,0 dS m^{-1} também foi verificada por

Maia *et al.* (2015). O estresse osmótico provocado tanto pelo déficit hídrico quanto pela salinidade promove o decréscimo no volume celular e compromete o processo de expansão celular, cuja inibição provoca lentidão da expansão foliar (TAIZ; ZIEGER, 2013).

A redução da área foliar em níveis mais salinos, conforme constatado no presente trabalho, compromete a atividade fotossintética da planta. A dimensão do aparelho fotoassimilador, juntamente com a arquitetura do dossel está relacionada à eficiência do processo fotossintético (FAVARIN *et al.*, 2002). A menor área foliar diminui a área de captação da energia luminosa, bem como a fixação de CO₂ por unidade de área, retardando o crescimento vegetal (FIGUEIRÊDO; FARIA; SILVA, 2006).

No ciclo 3, não se constatou efeito dos níveis de salinidade sobre a AF, obtendo-se o valor médio de 56,46 dm² para os tratamentos salinos. A redução nas lâminas de irrigação, por sua vez, influenciou negativamente a AF de forma semelhante aos ciclos anteriores, com diminuição em 53,9% da maior lâmina para 60% da ET (Tabela 27).

Tabela 27. Área foliar (dm²) capim BRS Zuri sob salinidade e lâminas de irrigação nos ciclos 3 e 4.

Ciclo	Salinidade (CEa, dS m ⁻¹)				Lâmina de irrigação (% ET)				
	0,6	1,8	3,0	EPM	60	80	100	120	EPM
3	54,80 ^a	60,67 ^a	53,90 ^a	2,04	34,89 ^d	49,22 ^c	66,08 ^b	75,65 ^a	2,16
4*	67,23 ^a	52,44 ^b	51,55 ^b	2,24	31,60 ^c	56,24 ^b	66,49 ^a	73,94 ^a	2,39

Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey (P>0,05). EPM: erro padrão da média. *Interação S x L significativa (P<0,05).

Apesar da redução na MSLV sob o nível de 3,0 dS m⁻¹ no 3º ciclo, a AF não demonstrou diferenças estatísticas em função dos níveis de salinidade, sugerindo uma recuperação na cobertura foliar nesse nível salino. Esse fato pode estar relacionado há uma redução em espessura das folhas, de forma semelhante aos resultados observados no 1º ciclo. A área foliar é influenciada negativamente pela salinidade, podendo responder de forma adaptativa à condição de estresse salino (SIMÕES *et al.*, 2016).

A interação S x L foi significativa para a AF no ciclo 4. O déficit hídrico mais acentuado (lâmina de 60% da ET) interferiu negativamente na AF dentro dos níveis de salinidade avaliados, embora tenha se constatado efeito da lâmina de 80% da ET também sob 0,5 dS m⁻¹. A intensificação dos efeitos deletérios sobre o crescimento em combinação do estresse hídrico e salino foi relevante sobre a AF resultando em 19,37 dm². Verificou-se que ocorreu redução da AF na CEa de 1,8 dS m⁻¹ mesmo sob as lâminas de 100 e 120% da ET,

mostrando que nesse ciclo ocorreram danos à estrutura foliar mesmo em níveis baixos de salinidade (Tabela 28).

Tabela 28. Área foliar (dm^2) do capim BRS Zuri sob salinidade e lâminas de irrigação no ciclo 4.

Lâmina (%ET)	Salinidade (CEa, dS m^{-1})		
	0,6	1,8	3,0
60	40,67 ^{aC}	34,78 ^{aB}	19,37 ^{bB}
80	57,77 ^{aB}	56,08 ^{aA}	54,88 ^{aA}
100	80,25 ^{aA}	64,79 ^{bA}	54,43 ^{bA}
120	90,21 ^{aA}	64,47 ^{bA}	67,17 ^{bA}

Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha e letra maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P>0,05$). EPM = 4,13.

A AFE foi superior nos níveis mais salinos em relação ao tratamento controle em ambos os ciclos do experimento 1. No 1º ciclo, o incremento da AFE nos tratamentos de 4,0 e 6,0 dS m^{-1} em comparação a 0,5 dS m^{-1} resultou principalmente do menor acúmulo na MSLV, uma vez que não houve efeito significativo da salinidade sobre a AF. No 2º ciclo, o estresse salino também foi mais expressivo sobre a MSLV, com 60,0% de redução entre os níveis de 0,5 e 4,0 dS m^{-1} , enquanto que a AF apresentou redução de 47,1% entre os mesmos níveis, resultando na maior AFE em 4,0 dS m^{-1} em relação ao nível controle (Tabela 29).

Tabela 29. Área foliar específica ($\text{dm}^2 \text{g}^{-1}$) do capim BRS Zuri sob salinidade e lâminas de irrigação nos ciclos 1 e 2.

Ciclo	Salinidade (CEa, dS m^{-1})					Lâmina de irrigação (% ET)				
	0,5	2,0	4,0	6,0	EPM	60	80	100	120	EPM
1	1,72 ^b	1,79 ^{ab}	2,05 ^a	2,05 ^a	0,08	1,53 ^b	1,99 ^a	2,16 ^a	1,92 ^a	0,09
2	1,44 ^b	1,54 ^{ab}	2,14 ^a	-	0,16	1,51 ^a	1,56 ^a	1,98 ^a	1,78 ^a	0,20

Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P>0,05$). EPM: erro padrão da média.

Gomes *et al.* (2011) avaliaram genótipos de *Panicum maximum* durante o período chuvoso e encontraram valores de AFE de 1,74 e 1,48 $\text{dm}^2 \text{g}^{-1}$ para as cultivares Tanzânia e Mombaça, estando próximos às médias obtidas no neste estudo com a cultivar BRS Zuri em condições de baixa salinidade no presente estudo.

Quanto aos efeitos da irrigação sobre a cv. BRS Zuri, observou-se que no 1º ciclo a AFE foi menor sob a lâmina de irrigação de 60% da ET em comparação aos demais

tratamentos, sendo que as consequências do estresse hídrico foram mais evidentes sobre a AF em comparação à MSLV (Tabela 29). O estresse por deficiência hídrica também exerceu efeito negativo na área foliar específica de cultivares de *Brachiaria brizantha* (PEZZOPANE *et al.*, 2015).

As culturas forrageiras mais adaptadas ao estresse salino podem não apresentar variação na AFE. No entanto, sua avaliação deve ser considerada, pois está relacionada à eficiência de exportação de nutrientes pela planta e, conseqüentemente, à produtividade das culturas (MORAIS NETO, 2009).

No ciclo 3, não se observou diferença significativa para AFE em ambos os tratamentos de salinidade e lâminas de irrigação (média de 1,35 dm² g⁻¹ para o ciclo), indicando que o crescimento foliar em área e massa ocorreu de forma proporcional entre os níveis avaliados. Contudo, no ciclo 4 o maior investimento em AF no nível de 0,6 dS m⁻¹ promoveu incremento na AFE em relação à CEa de 1,8 dS m⁻¹ (Tabela 30).

Tabela 30. Área foliar específica (dm² g⁻¹) do capim BRS Zuri sob salinidade e lâminas de irrigação nos ciclos 3 e 4.

Ciclo	Salinidade (CEa, dS m ⁻¹)				Lâmina de irrigação (% ET)				
	0,6	1,8	3,0	EPM	60	80	100	120	EPM
3	1,28 ^a	1,34 ^a	1,43 ^a	0,04	1,36 ^a	1,32 ^a	1,40 ^a	1,32 ^a	0,04
4	1,59 ^a	1,26 ^b	1,48 ^{ab}	0,06	1,42 ^{ab}	1,66 ^b	1,39 ^{ab}	1,31 ^a	0,08

Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey (P>0,05). EPM: erro padrão da média.

Lopes *et al.* (2013) também não encontraram efeito das lâminas de irrigação sobre a AFE no capim *Brachiaria decumbens*. No ciclo 4, o aumento na AFE na lâmina de 80% da ET sugere que as plantas sob déficit hídrico moderado apresentem maior eficiência fotossintética em relação aquelas em maior disponibilidade hídrica (120% da ET).

Número de perfilhos vivos (NPerf) e peso médio dos perfilhos (PPerf)

Os níveis de salinidade não influenciaram o NPerf e o PPerf no 1º ciclo, obtendo-se médias de 34,8 perfilhos vaso⁻¹ e 0,80 g MS perfilho⁻¹. No ciclo 2, o NPerf foi menor na CEa de 0,5 e 4,0 dS m⁻¹ com médias de 28,65 e 28,03 perfilhos, respectivamente (Tabela 31). O NPerf mais baixo na CEa de 0,5 dS m⁻¹ pode ter ocorrido em função do maior desenvolvimento em área foliar nesse tratamento. A densidade de perfilhos varia entre os

ciclos e geralmente é baixa quando a área foliar é alta, pois o perfilhamento é influenciado pela luz incidente na base do dossel sobre as gemas (GALZERANO *et al.*, 2013). Além disso, verificou-se uma compensação com aumento no peso de perfilhos, uma vez que o número e peso de perfilhos são características que variam inversamente.

Tabela 31. Número de perfilhos vivos (NPerf) e peso médio dos perfilhos (PPerf) do capim BRS Zuri sob salinidade e lâminas de irrigação nos ciclos 1 e 2.

Ciclo	Salinidade (CEa, dS m ⁻¹)					Lâmina de irrigação (% ET)				
	0,5	2,0	4,0	6,0	EPM	60	80	100	120	EPM
NPerf (perf. vaso ⁻¹)										
1	31,75 ^a	34,80 ^a	36,75 ^a	35,90 ^a	1,66	28,95 ^c	33,80 ^b	36,35 ^{ab}	40,10 ^a	1,08
2	28,65 ^b	36,40 ^a	28,03 ^b	-	1,89	24,53 ^b	29,75 ^{ab}	34,67 ^a	35,15 ^a	1,94
PPerf (g MS perf ⁻¹)										
1	0,95 ^a	0,81 ^a	0,71 ^a	0,72 ^a	0,06	0,72 ^c	0,75 ^{bc}	0,83 ^{ab}	0,89 ^a	0,03
2*	1,69 ^a	1,35 ^a	0,85 ^b	-	0,12	1,04 ^b	1,26 ^{ab}	1,28 ^{ab}	1,58 ^a	0,09

Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey (P>0,05). EPM: erro padrão da média. *Interação S x L de irrigação significativa (P<0,05).

A redução no número de perfilhos em *Panicum maximum* cv. Tanzânia foi constatada com a elevação dos níveis de salinidade na água até 4,5 dS m⁻¹, embora os efeitos tenham se manifestado já no 1º ciclo de avaliação (PRAXEDES *et al.*, 2014). Condições ambientais, tais como baixa temperatura, baixa intensidade luminosa e déficit hídrico reduzem a capacidade de perfilhamento, diminuindo a densidade e o peso de perfilhos (HUMPHREYS, 1991).

A salinidade e o déficit hídrico afetaram o processo germinativo inibindo a emissão de novos perfilhos. Em déficit hídrico mais severo (60% da ET) ocorreu redução no NPerf em 27,8 e 30,2% nos ciclos 1 e 2, em comparação a lâmina de irrigação de 120% da ET. O PPerf também foi inferior em ambos os ciclos quando as plantas foram expostas à situação restrição hídrica mais elevada (Tabela 31). Bonfim-Silva *et al.* (2014) também verificaram que a disponibilidade hídrica influenciou o número de perfilhos em *Brachiaria* Convert HD364, com maior valor em 92,49% da capacidade máxima retenção de água no solo.

A interação S x L foi significativa para o PPerf no ciclo 2. Constatou-se maior PPerf na lâmina de 120% da ET em comparação às demais lâminas de irrigação quando aplicada água de baixa concentração salina. Não houve efeito da salinidade dentro da lâmina de 60% da ET. No entanto, nas demais lâminas de irrigação a CEa de 4,0 dS m⁻¹ afetou

negativamente o PPerf, sendo significativamente menor também no nível de 2,0 dS m⁻¹ dentro da lâmina de 120% da ET (Tabela 32).

Tabela 32. Peso médio dos perfilhos (g MS perf⁻¹) do capim BRS Zuri sob salinidade e lâminas de irrigação no ciclo 2

Lâmina (%ET)	Salinidade (CEa, dS m ⁻¹)		
	0,5	2,0	4,0
60	1,10 ^{aB}	1,13 ^{aA}	0,91 ^{aA}
80	1,66 ^{aB}	1,43 ^{aA}	0,71 ^{bA}
100	1,62 ^{aB}	1,30 ^{abA}	0,94 ^{bA}
120	2,37 ^{aA}	1,53 ^{bA}	0,83 ^{cA}

Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha e letra maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (P>0,05). EPM = 0,16

O peso de perfilhos é uma variável que correlaciona-se positivamente com o comprimento da lâmina foliar, comprimento do colmo, número de folhas vivas por perfilho e duração de vida da folha (SANTOS *et al.*, 2010). Nesse sentido, os resultados do presente estudo corroboram com o fato de que situações de estresse hídrico e salino proporcionam redução nas características mencionadas, bem como no peso dos perfilhos.

No ciclo 3, os níveis de salinidade influenciaram significativamente o NPerf e o PPerf, verificando-se perfilhos em maior número e de menor peso nas CEa de 1,8 e 3,0 dS m⁻¹. Entretanto, no 4º ciclo o NPerf e PPerf apresentaram médias de 70,03 perfilhos e 0,89 g de MS, sem apresentar diferenças significativas em função dos níveis de salinidade, assim como outras características também avaliadas nesse estudo, como comprimento e largura das folhas, comprimento de colmo e total de folhas por perfilho (Tabela 33).

Tabela 33. N° de perfilhos vivos (NPerf) e peso médio dos perfilhos (PPerf) do capim BRS Zuri sob salinidade e lâminas de irrigação nos ciclos 3 e 4.

Ciclo	Salinidade (dS m ⁻¹)				Lâmina de irrigação (% ET)				
	0,6	1,8	3,0	EPM	60	80	100	120	EPM
NPerf (perf. vaso ⁻¹)									
3	32,40 ^b	43,85 ^a	39,80 ^a	1,63	30,63 ^b	39,48 ^a	39,60 ^a	45,02 ^a	2,15
4	68,15 ^a	73,10 ^a	68,85 ^a	2,81	54,71 ^c	66,47 ^b	77,80 ^a	81,15 ^a	1,59
PPerf (g MS perf ⁻¹)									
3	2,23 ^a	1,62 ^b	1,48 ^b	0,08	1,35 ^b	1,61 ^b	2,06 ^a	2,10 ^a	0,11
4	0,92 ^a	0,86 ^a	0,88 ^a	0,04	0,73 ^c	0,86 ^b	0,93 ^{ab}	1,03 ^a	0,03

Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey (P>0,05). EPM: erro padrão da média. *Interação salinidade x lâmina de irrigação significativa (P<0,05).

As lâminas de irrigação, assim como nos ciclos anteriores influenciaram o número e o peso dos perfilhos, sendo obtidos valores inferiores para as lâminas que proporcionaram restrição hídrica. Entre as lâminas de 100 e 120% da ET não houve diferença significativa para essas variáveis nos ciclos 3 e 4, assim como nos ciclos anteriores (Tabela 33).

3.4 Conclusão

O nível de salinidade de $6,0 \text{ dS m}^{-1}$ inviabiliza a manutenção da cultivar BRS Zuri. A produção, os componentes verdes da biomassa e a área foliar da cultivar BRS Zuri são reduzidos no nível de salinidade de $4,0 \text{ dS m}^{-1}$ (experimento I) e $3,0 \text{ dS m}^{-1}$ (experimento II), ocorrendo incremento da fração morta nesses níveis.

As lâminas de 60 e 80% da ET tem impacto negativo sobre os componentes estruturais verdes, sendo que nessas condições os efeitos deletérios do estresse salino são intensificados. As maiores produções dos componentes verdes são obtidas na lâmina de 120% da ET.

Ocorre variação na composição estrutural da cultivar BRS Zuri em função dos níveis de salinidade e lâminas de irrigação ao longo dos ciclos, podendo se afirmar que a cultivar apresentam potencial recuperação ao estresse salino com a redução da salinidade para $3,0 \text{ dS m}^{-1}$ ou inferior. Contudo, os efeitos cumulativos da salinidade ao longo do tempo promovem incremento da fração morta, recomendando-se os níveis de até $2,0$ ou $1,8 \text{ dS m}^{-1}$ para que não ocorram prejuízos em produtividade.

REFERÊNCIAS

ALENCAR, C. A. B. *et al.* Produção de seis gramíneas manejadas por corte sob efeito de diferentes lâminas de irrigação e estações anuais. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 33, n. 5, p. 1307–1313, 2009.

AQUINO, A. J. S. *et al.* Crescimento, partição de matéria seca e retenção de Na⁺, K⁺ e Cl⁻ em dois genótipos de sorgo irrigados com águas salinas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 5, p. 961–971, 2007.

BAUER, M. O. *et al.* Produção e características estruturais de cinco forrageiras do gênero *Brachiaria* sob intensidades de cortes intermitentes. **Ciência Animal Brasileira**, v. 12, n. 1, p. 17-25, 2011.

BEZERRA, F. M. S. *et al.* Desenvolvimento do capim tifton submetido a dois métodos de irrigação utilizando águas salinas. In: INOVAGRI INTERNATIONAL MEETING, 2, 2014, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza, 2014, p.5469-5474.

BONFIM-SILVA, E. M. *et al.* Desenvolvimento e produção de capim-convert HD364 submetido ao estresse hídrico. **Revista Agro@ambiente On-line**, v. 8, n. 1, p.134-141, 2014.

CHUTIA, J.; BORAH, S. P. Water stress effects on leaf growth and chlorophyll content but not the grain yield in traditional rice (*Oryza sativa* Linn.) genotypes of assam, India II. Protein and proline status in seedlings under PEG induced water stress. **American Journal of Plant Sciences**, v. 3, p. 971–980, 2012.

CONSOLMAGNO NETO, D.; MONTEIRO, F. A.; DECHEN, A. R. Características produtivas do capim-tanzânia cultivado com combinações de potássio e de magnésio. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 29, n. 4, p. 459–467, 2007.

CUTRIM JUNIOR, J. A. A. *et al.* Características estruturais do dossel de capim-tanzânia submetido a três frequências de desfolhação e dois resíduos pós-pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 3, p. 489-497, 2011.

EMBRAPA. **BRS Zuri, produção e resistência para a pecuária**. Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/989349/1/FolderZuri2014.pdf>>.

Acesso em: 10 jan. de 2015.

FAGUNDES, J. L. *et al.* Características morfogênicas e estruturais do capim-braquiária em pastagem adubada com nitrogênio avaliadas nas quatro estações do ano. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 1, p. 21–29, 2006.

FARIAS, S. G. G. *et al.* Estresse salino no crescimento inicial e nutrição mineral de gliricídia (*Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Steud) em solução nutritiva. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, n. 5, p. 1499–1505, 2009.

FAVARIN, J. L. *et al.* Equações para a estimativa do índice de área foliar do cafeeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 6, p. 769–773, 2002.

FERREIRA, D. F. SISVAR: A Computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039–1042, 2011.

FIGUEIRÊDO, V. B.; FARIA, M. A.; SILVA, E. L. Crescimento inicial do cafeeiro irrigado com água salina e salinização do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 10, n. 1, p. 50–57, 2006.

GALZERANO, L. *et al.* Características morfogênicas e estruturais do capim-xaraés submetido a intensidades de pastejo. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, n. 4, p. 1879–1890, 2013.

GHEYI, H. R. Problema de salinidade na agricultura irrigada. In: OLIVEIRA, T. S.; ASSIS, R. N.; ROMERO, R. E.; SILVA, J. R. C. (Eds.). **Agricultura, sustentabilidade e o semiárido**. Fortaleza: DCS/UFC, 2000, p. 329-346.

GOMES, R. A. *et al.* Características anatômicas e morfofisiológicas de lâminas foliares de genótipos de *Panicum maximum*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 2, p. 205–211,

2011.

HODGSON, J. The significance of sward characteristics in the management of temperate sown pastures. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 15., 1985, Kyoto. **Proceedings...** Kyoto: The Science Council of Japan, The Japanese Society of Grassland Science, 1985. p. 63-66.

HUMPHREYS, L. R. **Tropical pasture utilization**. Cambridge: Cambridge University Press, 1991. 206p.

KROTH, B. E. *et al.* Cultivares de *Brachiaria brizantha* sob diferentes disponibilidades hídricas em Neossolo Flúvico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 5, p. 464–469, 2015.

LOPES, M. N. *et al.* Fluxo de biomassa e estrutura do dossel em capim-braquiária manejado, sob lâminas de irrigação e idades de crescimento. **Bioscience Journal**, v. 30, n. suppl. 2, p. 490–500, 2014.

LOPES, M. N. *et al.* Trocas gasosas e índices de crescimento em capim-braquiária manejado sob lâminas de irrigação e idades de crescimento. **Revista Agro@ambiente On-line**, v. 7, n. 1, p. 10–17, 2013.

MAIA, P. DE M. E. *et al.* Interação salinidade e nitrogênio sobre os componentes de produção do capim Tanzânia. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 9, n. 4, p. 259–268, 2015.

MORAIS NETO, L. B. **Avaliação temporal do acúmulo de fitomassa e trocas gasosas do capim-canarana em função da salinidade da água de irrigação**. 58f. Dissertação Universidade Federal do Ceará, Fortaleza. 2009.

MORAIS NETO, L. B. *et al.* Effect of irrigation water salinity and cutting age on the components of biomass of *Echinochloa pyramidalis*. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 41, n. 3, p. 550–556, 2012.

MUNNS, R. Comparative physiology of salt and water stress. **Plant, cell & environment**, v. 25, n. 2, p. 239–250, 2002.

NUSSIO, L. G.; MANZANO, R. P.; PEDREIRA, C. G. S. Valor alimentício em plantas do gênero *Cynodon*. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 15, 1998. **Anais...Piracicaba: FEALQ: 1998.**

OLIVEIRA, L. L. P. *et al.* Crescimento do capim Tanzânia irrigado por diferentes métodos de irrigação e utilizando água de elevada salinidade. In: INOVAGRI INTERNATIONAL MEETING, 3, 2015, Fortaleza. **Anais... Fortaleza, 2015, p. 366-373.**

OSAKABE, Y. *et al.* Response of plants to water stress. **Frontiers in plant science**, v. 5, n. 86, p. 1-8, 2014.

PEZZOPANE, C. G. *et al.* Estresse por deficiência hídrica em genótipos de *Brachiaria brizantha*. **Ciência Rural**, v. 45, n. 5, p. 871–876, 2015.

PRAXEDES, S. S. C. *et al.* Desempenho do Capim Tanzânia Submetido à Salinidade da Água em Dois Métodos de Irrigação. In: INOVAGRI INTERNATIONAL MEETING, 2, 2014, Fortaleza. **Anais... Fortaleza, 2014, p. 2270-2278.**

RHOADES, J. D. Instrumental field methods of salinity appraisal. In: TOPP, G. C.; REYNOLDS, W. D.; GREEN, R. E. (Ed.). **Advances in measurement of soil physical properties: Bring theory into practice.** Madison: Soil Science Society of America. Special Publication, n. 30, 1992.

RIBEIRO, E. G. *et al.* Influência da irrigação, nas épocas seca e chuvosa, na produção e composição química dos capins Napier e Mombaça em sistema de lotação intermitente. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 8, p. 1432–1442, 2009.

RODRIGUES, R. C. *et al.* Produção de massa seca, relação folha/colmo e alguns índices de crescimento do *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés cultivado com a combinação de doses de nitrogênio e potássio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 3, p. 394–400, 2008.

SANTANA, M. J. *et al.* Efeitos da salinidade da água de irrigação na brotação e desenvolvimento inicial da cana-de-açúcar (*Saccharum* spp) e em solos com diferentes níveis texturais. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, n. 5, p. 1470–1476, 2007.

SANTOS, M. E. R. *et al.* Associações entre características morfogênicas e estruturais do capim-braquiária com alturas variáveis no mesmo pasto. **Enciclopédia Bioesfera**, v. 6, n. 10, p. 1–10, 2010.

SANTOS, P. M. *et al.* Response mechanisms of *Brachiaria brizantha* cultivars to water deficit stress. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 42, n. 11, p. 767–773, 2013.

SIMÕES, W. L. *et al.* Growth of sugar cane varieties under salinity. **Revista Ceres**, v. 63, n. 2, p. 265–271, 2016.

SIMON, J. C., LEMAIRE, G. Tillering and leaf area index in grasses in the vegetative phase. **Grass and Forage Science**, v. 42, n. 4, p. 373-380, 1987.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 954 p.

VALLE, C. B.; JANK, L.; RESENDE, R. M. S. O melhoramento de forrageiras tropicais no Brasil. **Revista Ceres**, v. 56, n. 4, p. 460-472, 2009.

VITOR, C. M. T. *et al.* Produção de matéria seca e valor nutritivo de pastagem de capim-elefante sob irrigação e adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 3, p. 435–442, 2009.

4 EFICIÊNCIA DE USO DA ÁGUA E TROCAS GASOSAS DO CAPIM *PANICUM MAXIMUM* BRS ZURI SOB SALINIDADE E LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO

RESUMO

Avaliaram-se a eficiência de uso da água, trocas gasosas e o índice de clorofila do capim BRS Zuri em casa de vegetação. O delineamento experimental foi em blocos casualizados em parcelas subdivididas. Nos ciclos 1 e 2 (experimento I), as parcelas principais foram compostas pelos níveis de salinidade na água (0,5; 2,0; 4,0 e 6,0 dS m⁻¹) e nas subparcelas lâminas de irrigação (60; 80; 100 e 120% da evapotranspiração). Nos ciclos 3 e 4 (experimento II), utilizou-se o mesmo delineamento sendo substituídos os níveis de salinidade iniciais por 0,6; 1,8 e 3,0 dS m⁻¹. Foram avaliados o volume de água retido no solo (VR), eficiência de uso da água (EUA), taxa de fotossíntese foliar (A), taxa de transpiração foliar (E), condutância estomática (Gs), concentração interna de CO₂ (Ci), temperatura foliar (TFol) e índice de clorofila relativo (ICR). Níveis de salinidade de 4,0 dS m⁻¹ reduziram o VR mais significativamente sob maior disponibilidade hídrica (lâminas de 100 e 120% da ET). Esse efeito também ocorreu sob 3,0 dS m⁻¹ no experimento II, porém foi menos expressivo. No 1º ciclo, a EUA mostrou tendência a aumento sob a lâmina de 60% da ET dentro dos níveis de 0,5, 2,0 e 4,0 dS m⁻¹. Contudo, no 2º ciclo a EUA foi maior sob as lâminas de 100 e 120% da ET, exceto quando aplicada a concentração salina de 4,0 dS m⁻¹, a qual promoveu redução da variável. No experimento II, a EUA foi significativamente menor sob 3,0 dS m⁻¹ no ciclo 3, sem diferenças entre os níveis salinos no ciclo 4. As variáveis A, E e Gs foram reduzidas com o aumento da salinidade para 4,0 e 6,0 dS m⁻¹ no ciclo 1. Contudo no ciclo 2, ocorreu incremento nessas variáveis no nível de 4,0 dS m⁻¹ quando aplicou-se as lâminas de 100 e 120% da ET. No ciclo 3, não houve influência dos níveis de salinidade sobre as trocas gasosas, no entanto, no ciclo 4 verificou-se redução significativa nas variáveis A, E e Gs sob 1,8 e 3,0 dS m⁻¹. No ciclo 1, observou-se tendência à redução nas variáveis A, E, Gs e Ci sob as lâminas de 60% da ET. Contudo, no 2º ciclo não se constatou efeito das lâminas de irrigação sobre E e Gs quando a concentração salina foi de 0,5 e 2,0 dS m⁻¹. Não houve diferença significativa entre os tratamentos aplicados sobre a TFol. O ICR não diferiu estatisticamente entre as lâminas de irrigação nos ciclos 1 e 2, sendo que para os níveis salinos foi maior sob 4,0 dS m⁻¹ em comparação a 0,5 dS m⁻¹ no ciclo 2. No experimento II, entretanto, não observou-se efeito da salinidade sobre o ICR no ciclo 3, e no ciclo 4, observou-se redução na

variável nos níveis de 1,8 e 3,0 dS m⁻¹. Nos ciclos 3 e 4, evidenciou-se também tendência à diminuição do ICR sob a lâmina de 60% da ET no experimento. A eficiência de uso da água tende a ser menor em condições de maior salinidade (4,0 dS m⁻¹) e nas maiores lâminas de irrigação. A cultivar BRS Zuri apresenta tendência em redução nas trocas gasosas (A, E, Gs e Ci) sob níveis de salinidade mais elevados (4,0 e 6,0 dSm⁻¹). As alterações no ICR demonstram possíveis adaptações fisiológicas da cultivar à salinidade. Contudo, a variação das respostas ao longo dos ciclos quanto as trocas gasosas e o ICR indica que os dados devem ser avaliados com cautela.

Palavras-chave: Clorofila. Déficit hídrico. Estômatos. Estresse salino. Fotossíntese.

ABSTRACT

Water use efficiency and gas exchanges of *Panicum maximum* cv. BRS Zuri were evaluated in a greenhouse. The experiment was arranged in a randomized block split-plot design. In cycles 1 and 2 (experiment I), were composed of salinity levels in the main plots (0.5, 2.0, 4.0 and 6.0 dS m⁻¹), and irrigation depths in the subplots (60, 80, 100 and 120% of evapotranspiration - ET). In cycles 3 and 4 (experiment II), the same design was used with the initial salinity levels replaced by 0.6; 1.8 and 3.0 dS m⁻¹. Were evaluated total soil water retention (SR), water use efficiency (WUE), leaf photosynthetic rate (A), leaf transpiration rate (E), stomatal conductance (Gs), internal CO₂ concentration (Ci), leaf temperature (LT) and relative chlorophyll index (RCI). Salinity levels of 4.0 dS m⁻¹ reduced SR more significantly under higher water availability (irrigation depths of 100 and 120% ET). This effect also occurred under 3.0 dS m⁻¹ in phase II, although it was less expressive. In 1st cycle, WUE showed a tendency to increase in irrigation depth of 60% of ET within the levels of 0.5, 2.0 and 4.0 dS m⁻¹. However, in 2nd cycle, WUE was significantly higher under irrigation depths of 100 and 120% ET, except when applied a saline concentration of 4.0 dS m⁻¹, which promoted a reduction in this variable. In experiment II, the WUE was lower under 3.0 dS m⁻¹ in cycle 3, with no differences between saline levels in cycle 4. Variables A, E and Gs were reduced with increasing salinity to 4.0 And 6.0 dS m⁻¹ in cycle 1. However in cycle 2, variables were higher under 4.0 dS m⁻¹ when irrigation depths of 100 and 120% of ET were applied. In cycle 3, there was no influence of salinity levels on the gas exchanges, however, in cycle 4, there was a reduction in variables A, E and Gs under 1.8 and 3.0 dS m⁻¹. In cycle 1, a tendency of reduction in the variables A, E, Gs and Ci under irrigation depth of 60% of ET was observed. However, in the 2nd cycle, no significant effect of the irrigation depths under E and Gs when saline concentration was 0.5 and 2.0 dS m⁻¹. There was no significant difference between the treatments applied for LT. ICR did not statistically differ among irrigation depths in cycles 1 and 2, although it was higher under 4,0 dSm⁻¹ when compared to 0,5 dS m⁻¹ in cycle 2. In experiment II, however, there was no effect of salinity on the ICR in cycle 3, and in cycle 4 a reduction was verified at levels of 1.8 and 3.0 dS m⁻¹. In cycles 3 and 4, there was also a tendency to decrease the ICR under irrigation depth of 60% of ET. The water use efficiency tends to be lower under conditions of higher salinity (4.0 dS m⁻¹) and higher irrigation depths. The cultivar BRS Zuri shows a tendency to reduce gas exchange (A, E, Gs and Ci) at higher salinity levels (4.0 and 6.0 dSm⁻¹). ICRs alterations demonstrate possible

physiological adaptations of the cultivar to salinity. However, the variation of responses over the cycles for gas exchanges and ICR indicates that the data should be evaluated with caution.

Keywords: Chlorophyll. Photosynthesis. Saline stress. Stomata. Water deficit.

4.1 Introdução

As pastagens constituem um importante componente da dieta de ruminantes e fonte de alimentação mais econômica nos sistemas pecuários (SKONIESKI *et al.*, 2011). Dentre as opções forrageiras mais utilizadas no Brasil, destacam-se as cultivares do gênero *Panicum*, que embora detenham elevado potencial produtivo e persistência sobre manejo intensivo em virtude de sua alta eficiência fotossintética e hídrica, podem apresentar limitações em condições ambientais adversas (POMPEU *et al.*, 2008).

A estação seca ou período de estiagem é um fenômeno comum com duração variável limitando o desenvolvimento de espécies forrageiras. A produção de forragem no período seco do ano, geralmente representa de 10% a 20% da produção anual, ou seja, na exploração da pastagem é comum ocorrer um déficit na quantidade de forragem produzida (CORRÊA; SANTOS, 2003).

A água é um dos fatores abióticos de maior limitação, uma vez que o estresse hídrico exerce influência significativa no crescimento e produtividade das culturas (GALON *et al.*, 2010). Nesse sentido, o uso da irrigação surge como tecnologia para aumentar a produção de biomassa forrageira (MOTA *et al.*, 2010). Contudo, ressalta-se que a capacidade produtiva das pastagens está condicionada também a outros fatores climáticos como a temperatura e fotoperíodo (ALENCAR *et al.*, 2009).

A salinidade é outro fator ambiental que exerce forte impacto sobre a produção vegetal, principalmente nas regiões semiáridas. O excesso de sais pode prejudicar a absorção de água (MUNNS; TESTER, 2008) e, conseqüentemente, influenciar na eficiência de uso da água pelas plantas.

A eficiência de uso da água (EUA) é considerada um importante determinante da produtividade sob estresse e ainda como um parâmetro de resistência a seca. Essa variável tem sido usada para indicar que a produção de plantas irrigadas pode ser aumentada por unidade de água utilizada (BLUM, 2009). Em pastagens, a eficiência de uso da água varia principalmente em função dos elementos climáticos e da disponibilidade de água (ABBATE *et al.*, 2004).

Ambos os estresses salino e hídrico podem induzir a prejuízos na fotossíntese devido a distúrbios na estrutura e função do aparato fotoquímico (HURA *et al.*, 2007; PRAXEDES *et al.*, 2010; SILVA *et al.*, 2011). Nesse sentido, o índice de clorofila relativo é um parâmetro interessante na avaliação de plantas, pois está relacionado ao status nutricional

da planta em diferentes condições hídricas (COSTA *et al.*, 2015; SILVA *et al.*, 2014) e salinas, podendo proporcionar uma estimativa do dano as folhas sob estresse (NEGRÃO; SCHMÖCKEL; TESTER, 2016).

Em condições de estresse hídrico e salino, as plantas desenvolvem mecanismos de adaptação (GOMES *et al.*, 2011, SILVA *et al.*, 2006) que resultam em uma sequência de processos fisiológicos tais como o ajustamento osmótico, fechamento dos estômatos, alterações nas taxas de fotossíntese, respiração e transpiração (MUNNS; TESTER, 2008; SILVA *et al.* 2010), buscando adequar-se ao meio ambiente.

Dessa forma, torna-se relevante caracterizar as respostas fisiológicas nessas condições, uma vez que essas características são determinantes do potencial de produção de biomassa da forragem utilizada (LOPES *et al.*, 2013). Assim, o estudo objetivou avaliar a eficiência de uso da água e atividade fotossintética do capim *Panicum maximum* BRS. Zuri sob diferentes lâminas de irrigação e níveis de salinidade na água.

4.2 Material e métodos

Local e instalações

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, no Setor de Agrometeorologia do Departamento de Engenharia Agrícola na Universidade Federal do Ceará - UFC, em Fortaleza, Ceará, no período de março a agosto de 2015. A casa de vegetação dispunha de cobertura de polietileno de alta densidade (0,15 mm de espessura e 80% de transparência), telado lateral de sombrite 30% e dimensões de 12,5 m x 6,40 m. A instalação situa-se a uma altitude de 30 metros e coordenadas geográficas de 3°44'44.8"S e 38°34'56.1"O. O clima do município é classificado como tipo Aw', tropical chuvoso, segundo a classificação de Köppen.

Delineamento experimental

O estudo foi dividido duas fases: experimento I e experimento II, ambos delineados em blocos ao acaso com parcelas subdivididas e cinco repetições por tratamento, em que os níveis de salinidade compuseram as parcelas principais e as lâminas de irrigação as subparcelas. O experimento I compreendeu os ciclos 1 e 2, nos quais os tratamentos foram

compostos por quatro níveis de salinidade (0,5; 2,0; 4,0 e 6,0 dS m⁻¹) e quatro lâminas de irrigação (60; 80; 100 e 120% da evapotranspiração controle). O experimento II compreendeu os ciclos 3 e 4, nos quais os tratamentos foram compostos por três níveis salinidade (0,6; 1,8 e 3,0 dS m⁻¹) aplicados sobre os tratamentos 0,5; 2,0 e 4,0 dS m⁻¹, respectivamente e quatro lâminas de irrigação (60; 80; 100 e 120% da evapotranspiração controle).

Solo e adubação

Foram utilizados vasos de polietileno perfurados na base com volume de 11 dm³, sob os quais foram colocados coletores para a água drenada. Os vasos foram preenchidos com 10 dm³ de solo passado em peneira de 4 mm, sobre uma camada de 2 cm de brita no fundo. O solo do tipo Argissolo Vermelho-Amarelo e de classificação textural franco arenoso foi coletado da camada de 0-20 cm nas dependências do Setor de Agrometeorologia. As análises físico-químicas foram realizadas no Laboratório de Solos e Água da UFC, apresentando: pH em água 4,8; em cmol_c dm⁻³: Ca²⁺ = 0,96; Mg²⁺ = 0,82; Na⁺ = 0,09; K⁺ = 0,14; H⁺ + Al³⁺ = 4,07 e Al³⁺ = 0,24; em mg dm⁻³: P assimilável = 11,64; Fe = 16,03; Cu = 0,75; Zn = 2,26 e Mn = 1,85; em g kg⁻¹: MO = 17,9.

A correção no pH e o suprimento de macro e micronutrientes foram realizados de acordo com os resultados da análise do solo. Aplicou-se calcário dolomítico (380 mg dm⁻³) 30 dias antes do plantio mantendo-se o solo úmido e, no plantio, superfosfato simples (75 mg dm⁻³ de P₂O₅) e FTE BR12 (40 mg dm⁻³). O cloreto de potássio (230 mg dm⁻³ de K₂O) e ureia (400 mg dm⁻³ de N) foram aplicados em doses parceladas, no plantio e na metade do período de uniformização, repetindo-se as quantidades a cada ciclo.

Plantio e cortes

Foram semeadas aproximadamente 50 sementes por vaso do capim *Panicum maximum* cv. BRS Zuri a profundidade de 1,0 cm. Realizou-se um desbaste 15 dias após o plantio mantendo-se cinco plantas por vaso. O corte de uniformização foi realizado 45 dias após o plantio (período de estabelecimento), iniciando-se a aplicação dos tratamentos. O capim foi avaliado durante quatro ciclos, com duração de 28 dias cada. Os cortes foram realizados com tesoura a altura de 10 cm do solo, nas datas de 23/05/15 e 20/06/15 no experimento I e 18/07/15 e 15/08/15 no experimento II.

Determinação dos níveis de salinidade e lâminas de irrigação

As irrigações foram realizadas manualmente com uso de proveta graduada. Durante o período de estabelecimento utilizou-se água de poço ($CEa = 1,0 \text{ dS m}^{-1}$) mantendo o solo na capacidade de campo. As águas salinas foram preparadas semanalmente em reservatórios com capacidade de 100 L, utilizando-se água de poço, água destilada, e os sais NaCl, $CaCl_2 \cdot 2H_2O$ e $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ nas proporções de 7:2:1. A concentração dos sais foi calculada pela equação: $C_s (\text{mmol}_c \text{ L}^{-1}) = CEa \times 10$, em que: C_s = concentração de sais; CEa = condutividade elétrica pré-estabelecida (RHOADES, 1992), obtendo-se os níveis de salinidade pré-estabelecidos.

A lâmina de irrigação foi determinada a partir da evapotranspiração (ET) por meio da diferença na pesagem de 5 vasos irrigados com água de CEa de $0,5 \text{ dS m}^{-1}$, após a irrigação e previamente a irrigação seguinte, considerando-se 60, 80, 100 e 120% do valor obtido. O turno de rega adotado foi de 2 dias. A lâmina total aplicada foi calculada pelo somatório das irrigações a cada ciclo (Tabela 1).

Tabela 34. Lâmina de irrigação total por ciclo (mm) aplicada em *Panicum maximum* cv. BRS Zuri com base no percentual de evapotranspiração (% ET).

Lâmina (% ET)	Experimento I		Experimento II	
	Ciclo 1	Ciclo 2	Ciclo 3	Ciclo 4
60	129,2	147,7	183,7	217,4
80	172,3	196,9	244,9	289,9
100	215,4	246,1	306,1	362,4
120	258,4	295,3	367,3	434,9

Dados meteorológicos

Os dados meteorológicos diários foram obtidos utilizando-se um *data logger* (HOBO U12-012) com sensor de temperatura (T), umidade relativa do ar (UR) localizado no centro da casa de vegetação a 1,5 m do solo. Os dados foram registrados a cada hora obtendo-se temperaturas médias de 30,4; 29,8; 29,0 e 29,2 °C e umidades relativas médias de 70,4; 71,1; 72,0 e 67,3 % para os ciclos 1, 2, 3 e 4, respectivamente.

Eficiência de uso da água

A água drenada foi mensurada com proveta após cada turno de irrigação como volume drenado (VD, L). O volume total de água aplicado (VA, L) em cada ciclo foi calculado pela soma das irrigações durante o período de avaliação. O volume retido no solo (VR, L) foi obtido pela diferença entre o volume aplicado e o drenado ($VR = VA - VD$).

Após o corte, o material colhido foi pesado obtendo-se o peso total de matéria verde por vaso. Uma amostra foi levada à estufa de ventilação forçada a 65 °C até peso constante para obtenção do % de matéria seca e cálculo da produção de matéria seca (PMS). A eficiência de uso da água (EUA, $g\ MS\ L^{-1}$) foi determinada pela razão entre a produção de matéria seca (PMS, $g\ vaso^{-1}$) e o volume de água aplicado (VA).

Trocas gasosas e índice de clorofila relativo

As trocas gasosas foram mensuradas utilizando-se o analisador de gás infravermelho (IRGA), modelo LI-6400. As leituras foram realizadas na semana antecedente ao corte, 2h após a irrigação, entre 08:30 e 10:00 a.m. Os dados foram coletados na parte mediana da folha recém-expandida de um perfilho aleatório localizado na parte central do vaso. O IRGA foi configurado para emitir uma fonte de luz simulando uma radiação fotossinteticamente ativa equivalente a $1.800\ \mu mol\ m^{-2}\ s^{-1}$. Foram analisadas: taxa de fotossíntese foliar (A, $\mu mol\ CO_2\ m^{-2}\ s^{-1}$), taxa de transpiração foliar (E, $mmol\ H_2O\ m^{-2}\ s^{-1}$), condutância estomática (Gs, $mol\ H_2O\ m^{-2}\ s^{-1}$), concentração de CO_2 na folha (C_i , ppm) e temperatura foliar da folha (TFol, °C).

O Índice de clorofila relativo (ICR) foi analisado com medidor de clorofila (SPAD- 502) no dia anterior ao corte com leituras realizadas em 5 pontos distintos de duas folhas recém-expandidas por unidade experimental obtendo-se uma média por repetição.

Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância e comparação de médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade utilizando o Software Sisvar 5.6 (FERREIRA, 2011). Os fatores salinidade (S) e lâminas de irrigação (L) foram analisados dentro de cada ciclo quando observada interação significativa (S x L) a 5% de probabilidade os resultados foram

detalhados. O nível de salinidade de 6,0 dS m⁻¹ não foi avaliado a partir do 2º ciclo, devido perda desse tratamento com a morte das plantas sob alta salinidade. O modelo estatístico adotado foi: $y_{ijk} = \mu + \alpha_i + b_j + e_{ij} + \gamma_k + (\alpha\gamma)_{ik} + e_{ijk}$, em que: y_{ijk} = observação no j-ésimo bloco, do i-ésimo nível do fator A e k-ésimo nível do fator B; μ = média geral; α_i = efeito devido ao i-ésimo nível do fator A; b_j = efeito devido ao j-ésimo bloco; e_{ij} = erro associado à parcela (ij); γ_k = efeito devido ao k-ésimo nível do fator B; $(\alpha\gamma)_{ik}$ = efeito da interação entre os fatores A e B; e_{ijk} = erro associado à sub parcela (ijk).

4.3 Resultados e discussão

Volume de água retido no solo (VR) e eficiência de uso da água (EUA)

A interação S x L foi significativa para o VR, nos ciclos 1 e 2. No 1º ciclo, um menor volume de água foi retido no solo na CEa de 6,0 dS m⁻¹ quando se aplicou a lâmina de 120% da ET. O VR foi maior com o incremento nas lâminas de irrigação a valores próximos a 100% do volume total aplicado (Tabela 35).

Tabela 35. Volume de água retido no solo (L vaso⁻¹) cultivado com capim BRS Zuri sob salinidade e irrigação nos ciclos 1 e 2.

Lâm. (% ET)	Volume aplicado (L)	Salinidade (CEa, dS m ⁻¹)			
		0,5	2,0	4,0	6,0
Ciclo 1					
60	7,40	7,40 ^{aD}	7,40 ^{aD}	7,40 ^{aD}	7,40 ^{aD}
80	9,86	9,86 ^{aC}	9,86 ^{aC}	9,86 ^{aC}	9,86 ^{aC}
100	12,33	11,79 ^{aB}	12,06 ^{aB}	12,14 ^{aB}	12,20 ^{aB}
120	14,79	14,52 ^{aA}	14,22 ^{aA}	14,30 ^{aA}	13,56 ^{bA}
Ciclo 2					
60	8,45	8,45 ^{aD}	8,45 ^{aD}	7,52 ^{bC}	-
80	11,27	11,27 ^{aC}	11,19 ^{aC}	8,81 ^{bB}	-
100	14,09	14,09 ^{aB}	13,59 ^{aB}	8,63 ^{bB}	-
120	16,90	16,90 ^{aA}	15,54 ^{bA}	10,11 ^{cA}	-

Médias seguidas de mesma letra minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas (para cada ciclo), não diferem entre si pelo teste de Tukey (P>0,05). Erro padrão da média (S x L): Ciclo 1 = 0,15; Ciclo 2 = 0,23.

No ciclo 2, verificou-se diminuição no VR com o aumento da salinidade dentro das lâminas de irrigação aplicadas, sendo que na lâmina de 120% da ET ocorreu redução do

VR em 2,0 e 4,0 dS m⁻¹ (Tabela 35). A interação eletroquímica entre os cátions e a argila com a expansão da mesma quando úmida e a contração quando seca, devido ao excesso de sódio trocável, podem modificar a estrutura do solo com fragmentação das partículas e problemas de permeabilidade, falta de aeração e comprometimento do sistema radicular das plantas (SMITH *et al.*, 2009; DIAS; BLANCO, 2010).

O VR no nível de 4,0 dS m⁻¹ e 100% da ET correspondeu a 98,5% do volume aplicado no ciclo 1 e a 61,2% no ciclo 2, demonstrando que a salinidade influenciou gradativamente as características estruturais do solo. De fato, a salinização do solo aumenta quando a quantidade de sais acumulada pela água de irrigação é maior que a quantidade removida pela água de drenagem (ARMAS *et al.*, 2010). Esse efeito surgiu inicialmente sob maior disponibilidade hídrica e no 2º ciclo ocorreu mesmo nas menores lâminas aplicadas. Assim, verificou-se redução no VR e, conseqüentemente, maiores perdas de água por percolação e encharcamento do solo, principalmente nas lâminas de 100 e 120% da ET.

No ciclo 3, o VR foi menor sob a CEa de 3,0 dS m⁻¹ em todas as lâminas aplicadas, observando-se redução na variável mesmo sob 1,8 dS m⁻¹ dentro das lâminas de 100 e 120% da ET. No ciclo 4, o VR apresentou diminuição somente nas maiores lâminas, na CEa de 3,0 dS m⁻¹ (lâmina de 100% da ET) e de 1,8 e 3,0 dS m⁻¹ na lâmina de 120% da ET (Tabela 36). Apesar da redução nos níveis de salinidade no 3º ciclo, o efeito cumulativo da salinidade dos ciclos anteriores permaneceu alterando as características do solo no 4º ciclo.

Tabela 36. Volume de água retido no solo (L vaso⁻¹) cultivado com capim BRS Zuri sob salinidade e irrigação nos ciclos 3 e 4.

Lâm. (% ET)	Volume aplicado (L)	Salinidade (dS m ⁻¹)		
		0,6	1,8	3,0
Ciclo 3				
60	10,51	10,51 ^{aD}	10,46 ^{aD}	8,29 ^{bD}
80	14,02	14,02 ^{aC}	13,7 ^{abC}	11,82 ^{bC}
100	17,52	17,52 ^{aB}	15,77 ^{bB}	15,38 ^{bB}
120	21,02	20,51 ^{aA}	18,65 ^{bA}	17,66 ^{bA}
Ciclo 4				
60	12,44	12,44 ^{aD}	12,42 ^{aD}	12,27 ^{aD}
80	16,59	16,59 ^{aC}	16,41 ^{aC}	15,87 ^{aC}
100	20,74	20,61 ^{aB}	19,99 ^{aB}	18,84 ^{bB}
120	24,89	24,19 ^{aA}	22,66 ^{bA}	21,49 ^{cA}

Médias seguidas de mesma letra minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas (para cada ciclo), não diferem entre si pelo teste de Tukey (P>0,05). Erro padrão da média da interação S x L: Ciclo 3 = 0,43; Ciclo 4 = 0,23.

Para a eficiência de uso da água (EUA), observou-se interação significativa S x L nos ciclos 1 e 2. No 1º ciclo, verificou-se que em níveis mais salinos a EUA foi menor, com exceção da lâmina de 100% da ET. Abaixo dessa lâmina a salinidade mais elevada pode ter prejudicado o crescimento das plantas reduzindo a produção de MS e, acima dessa lâmina o excedente de água causou desperdício ou menor aproveitamento por da água g de MS produzida. Quanto ao efeito das lâminas de irrigação no 1º ciclo, a EUA foi superior sob restrição hídrica, com exceção da CEa de 6,0 dS m⁻¹ (Tabela 37).

Tabela 37. Eficiência de uso da água (g MS L⁻¹) do capim BRS Zuri sob salinidade e lâminas de irrigação nos ciclos 1 e 2.

Lâmina (% ET)	Salinidade (CEa, dS m ⁻¹)			
	0,5	2,0	4,0	6,0
Ciclo 1				
60	2,89 ^{abA}	2,93 ^{aA}	2,59 ^{bcA}	2,39 ^{cA}
80	2,58 ^{aAB}	2,47 ^{aB}	2,52 ^{aA}	2,17 ^{bA}
100	2,47 ^{aB}	2,41 ^{aB}	2,37 ^{aAB}	2,28 ^{aA}
120	2,62 ^{aAB}	2,32 ^{abB}	2,19 ^{bb}	2,32 ^{abA}
Ciclo 2				
60	3,20 ^{aB}	3,04 ^{aB}	1,88 ^{bA}	-
80	3,60 ^{aAB}	3,80 ^{aAB}	2,04 ^{bA}	-
100	3,88 ^{aA}	3,90 ^{aA}	1,68 ^{bA}	-
120	4,13 ^{aA}	3,96 ^{aA}	1,54 ^{bA}	-

Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha e letra maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (P>0,05). EPM: Ciclo 1 = 0,09; Ciclo 2 = 0,16.

A maior eficiência de uso da água está relacionada ao aumento do estresse hídrico, devendo ser consideradas as variações na frequência e lâmina de irrigação utilizada (AISHAH *et al.*, 2011). Segundo os autores em ambientes semiáridos esta variável pode ser considerada na escolha do manejo da irrigação

Contudo, no ciclo 2 a EUA apresentou comportamento inverso, com incremento nas maiores lâminas nos níveis de 0,5 e 2,0 dS m⁻¹. Esse fato ocorreu provavelmente pelo maior desenvolvimento do sistema radicular nesse ciclo, proporcionou maior aproveitamento da água nas maiores lâminas tendo como consequência um incremento na produção de biomassa forrageira e na EUA. Na salinidade de 4,0 dS m⁻¹ a EUA foi menor em todas as condições hídricas avaliadas (Tabela 37).

Sob condições de salinidade mais elevada Medeiros, Duarte e Silva (2012) e Nobre *et al.* (2014) também observaram redução na EUA. A salinidade e o déficit hídrico reduzem a capacidade das plantas de absorver água pela redução do potencial hídrico do solo (NICHIDA; KHAN; SHIOZAWA, 2009; SILVA *et al.*, 2009). O consumo hídrico do capim *Panicum maximum* cv. Tanzânia foi reduzido com o incremento na salinidade de 1,0 a 6,0 dS m⁻¹ (BRITO *et al.*, 2010). Ou seja, além da redução da capacidade absorptiva das plantas, a redução do volume de água retido no solo indicou maiores perdas de água por percolação no perfil do solo, reduzindo a eficiência de uso da água.

A eficiência de uso da água está relacionada ao potencial de acúmulo de biomassa em razão do volume de água aplicado, levando em consideração a otimização da eficiência fisiológica pelo uso dos fatores ambientais. Plantas que apresentam maior EUA podem apresentar maior tolerância à salinidade devido ao retardamento na acumulação de sais nas folhas ao limitar o fluxo de sais para a parte aérea devido a menor taxa transpiratória (FERNANDES *et al.*, 2010).

A interação S x L foi significativa para a EUA no ciclo 3, no qual observou-se redução na variável sob a lâmina de 60% da ET dentro do nível de 3,0 dS m⁻¹. A salinidade influenciou negativamente a EUA nas lâminas de menor aporte hídrico (60 e 80% da ET). De forma semelhante ao ciclo anterior, verificou-se que a EUA foi menor em níveis mais salinos com exceção da lâmina de 100% da ET. É possível que nessa lâmina tenha ocorrido um equilíbrio no uso do recurso hídrico, entre a menor absorção de água nas plantas sob estresse hídrico nas lâminas de 60 e 80% da ET e uma menor perda de água percolada na maior lâmina (Tabela 38).

Tabela 38. Eficiência de uso da água (g MS L⁻¹) do capim BRS Zuri sob salinidade e lâminas de irrigação no ciclo 3.

Lâmina (%ET)	Salinidade (dS m ⁻¹)		
	0,6	1,8	3,0
60	4,31 ^{aA}	4,48 ^{aA}	2,62 ^{bB}
80	4,42 ^{aA}	4,49 ^{aA}	3,84 ^{bA}
100	4,62 ^{aA}	4,26 ^{aA}	3,93 ^{aA}
120	4,37 ^{abA}	4,70 ^{aA}	3,90 ^{bA}

Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha e letra maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (P>0,05). EPM = 0,22.

No ciclo 4, não se constatou influência dos níveis de salinidade e das lâminas de irrigação sobre a EUA (Tabela 39), obtendo-se média de 3,34 g MS L⁻¹ para o ciclo. Os níveis de salinidade nessa fase resultaram em menor impacto sobre a produção de matéria seca ao longo da segunda fase experimental, demonstrando adaptabilidade das plantas à absorção de água e ao crescimento nas concentrações salinas utilizadas o que conseqüentemente refletiu no efeito não significativo da EUA no 4º ciclo.

Tabela 39. Eficiência de uso da água (g MS L⁻¹) do capim BRS Zuri sob salinidade e lâminas de irrigação nos ciclos 3 e 4.

Ciclo	Salinidade (dS m ⁻¹)				Lâmina de irrigação (% ET)				
	0,6	1,8	3,0	EPM	60	80	100	120	EPM
3*	4,43 ^a	4,48 ^a	3,57 ^b	0,12	3,80 ^b	4,24 ^{ab}	4,27 ^{ab}	4,32 ^a	0,12
4	3,37 ^a	3,40 ^a	3,24 ^a	0,11	3,19 ^a	3,38 ^a	3,45 ^a	3,39 ^a	0,10

Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey (P>0,05). EPM: erro padrão da média. *Interação S x L significativa (P<0,05).

Taxa fotossintética (A), taxa de transpiração foliar (E) e condutância estomática (Gs) e concentração interna de CO₂ (Ci)

No ciclo 1, ocorreram diferenças significativas entre os níveis de salinidade avaliados, havendo redução em 40,6; 43,5 e 47,6% nas variáveis A, E e Gs respectivamente entre os níveis de 0,5 e 6,0 dS m⁻¹ (Tabela 40). Um dos efeitos da salinidade no metabolismo das plantas é a elevação da concentração de íons nas folhas, afetando drasticamente a atividade fotossintética (TAVAKKOLI *et al.*, 2011).

O decréscimo no potencial hídrico das folhas leva à perda de água, diminuindo a condutância estomática, assimilação de CO₂, taxa transpiratória da folha e, conseqüentemente a atividade fotossintética das plantas (GRACIANO; PACHECO; SANTOS, 2011; MUNNS; TESTER, 2008; TAIZ; ZEIGER, 2013).

Saberi e Aishah (2014) também observaram diminuição na taxa fotossintética no sorgo com redução em 6,3; 12,1 e 17,6% quando a salinidade aumentou de 0 para 5; 10 e 15 dS m⁻¹, respectivamente. Omoto, Taniguchi e Miyake (2012), por sua vez, constataram redução das variáveis A, E, Gs e Ci em 89; 85; 95 e 57%, respectivamente, no milho após 5 dias em solução de NaCl 3%.

Tabela 40. Taxa fotossintética (A), taxa de transpiração foliar (E) e condutância estomática (Gs) e concentração interna de CO₂ (Ci) do capim BRS Zuri sob salinidade e lâminas de irrigação nos ciclos 1 e 2.

Ciclo	Salinidade (CEa, dS m ⁻¹)				Lâmina de irrigação (% ET)					
	0,5	2,0	4,0	6,0	EPM	60	80	100	120	EPM
A (µmol CO ₂ m ⁻² s ⁻¹)										
1	26,35 ^a	23,16 ^{ab}	18,52 ^{bc}	15,65 ^c	1,33	16,93 ^b	22,35 ^a	22,69 ^a	21,73 ^a	1,13
2	32,01 ^a	30,64 ^a	37,96 ^a	-	2,13	28,78 ^b	31,97 ^{ab}	36,96 ^a	36,45 ^a	1,46
E (mmol H ₂ O m ⁻² s ⁻¹)										
1	8,07 ^a	7,01 ^{ab}	5,78 ^{bc}	4,56 ^c	0,46	5,34 ^b	6,27 ^{ab}	7,16 ^a	6,63 ^a	0,29
2*	6,19 ^a	5,89 ^a	7,14 ^a	-	0,47	5,50 ^c	6,12 ^{bc}	6,96 ^{ab}	7,05 ^a	0,23
Gs (mol H ₂ O m ⁻² s ⁻¹)										
1	0,21 ^a	0,18 ^{ab}	0,13 ^{bc}	0,11 ^c	0,012	0,13 ^b	0,16 ^{ab}	0,18 ^a	0,16 ^{ab}	0,009
2*	0,19 ^a	0,18 ^a	0,24 ^a	-	0,017	0,16 ^b	0,19 ^b	0,22 ^a	0,23 ^a	0,009
Ci (ppm)										
1	125,75 ^a	119,98 ^a	112,60 ^a	110,19 ^a	8,49	98,84 ^b	127,53 ^a	124,48 ^a	117,68 ^{ab}	5,73
2	47,40 ^a	53,61 ^a	57,72 ^a	-	3,86	43,58 ^b	51,35 ^{ab}	55,32 ^{ab}	61,38 ^a	4,39

Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey (P>0,05). EPM: erro padrão da média. *Interação S x L significativa (P<0,05).

No presente estudo, os níveis de salinidade não afetaram a Ci nos ciclos 1 e 2, obtendo-se médias de 117,13 ppm para o ciclo 1 e 52,91 ppm para o ciclo 2 (Tabela 40). Furtado *et al.* (2013) também não observaram efeito de níveis crescentes de salinidade sobre a Ci no feijão-caupi.

Aumentos na Ci em plantas sob condições salinas foram constatados no maracujazeiro (FREIRE *et al.*, 2014) e no feijão-caupi (SOARES *et al.*, 2013). Esse efeito indica que o CO₂ não está sendo direcionado para a síntese de açúcares, sinalizando que algum fator não estomático está interferindo nesse processo, como redução na atividade de enzimas envolvidas na assimilação do CO₂ (FURTADO *et al.*, 2013; LARCHER, 2006).

Nos ciclos 1 e 2, constatou-se que em déficit hídrico severo (lâmina de 60% da ET) verificou-se decréscimo nas variáveis A, E, Gs e Ci quando comparadas à lâmina de 100% da ET (Tabela 40). O estresse hídrico ocorre tanto pela baixa disponibilidade hídrica do solo quanto pelo efeito osmótico associado à salinidade (AISHAH *et al.*, 2011), afetando as características fotossintéticas.

Em condições de estresse hídrico é comum as plantas fecharem os estômatos para evitar a perda de água. Contudo, a restrição hídrica pode afetar a concentração de CO₂ no mesófilo foliar para a fixação em esqueletos de carbono prejudicando a produção de biomassa

(BELO, 2012; SOARES *et al.*, 2012). No presente estudo, no 1º ciclo as folhas apresentaram menor Ci na lâmina de 60% da ET, embora não tenha diferido estatisticamente da lâmina de 120% da ET. O excedente de água disponibilizado nessa lâmina provavelmente promoveu redução na Ci e Gs, uma vez que em condições de encharcamento pode ocorrer a redução do parâmetros fotossintéticos (CAETANO; DIAS-FILHO, 2008). No 2º ciclo, a Ci foi menor sob déficit hídrico mais severo (43,58 ppm) quando comparada à lâmina de 120% da ET (61,38 ppm) (Tabela 40).

A interação S x L foi significativa para E e Gs no ciclo 2. As variáveis apresentaram comportamento semelhante, com valores superiores nas lâminas de 100 e 120% da ET dentro do nível de salinidade de 4,0 dS m⁻¹ (Tabela 41).

Tabela 41. Taxa de transpiração foliar (E) e condutância estomática (Gs) do capim BRS Zuri sob salinidade e lâminas de irrigação no ciclo 2.

Lâmina (% ET)	Salinidade (CEa, dS m ⁻¹)		
	0,5	2,0	4,0
	E (mmol H ₂ O m ⁻² s ⁻¹)		
60	5,41 ^{aA}	5,37 ^{aA}	5,73 ^{aB}
80	5,94 ^{aA}	6,36 ^{aA}	6,07 ^{aB}
100	6,60 ^{bA}	6,13 ^{bA}	8,15 ^{aA}
120	6,82 ^{bA}	5,70 ^{bA}	8,62 ^{aA}
	Gs (mol H ₂ O m ⁻² s ⁻¹)		
60	0,16 ^{aA}	0,16 ^{aA}	0,18 ^{aB}
80	0,18 ^{aA}	0,19 ^{aA}	0,19 ^{aB}
100	0,21 ^{bA}	0,18 ^{bA}	0,28 ^{aA}
120	0,21 ^{bA}	0,17 ^{bA}	0,31 ^{aA}

Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha e letra maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (P>0,05). EPM: E = 0,40; Gs = 0,06.

Sob baixa disponibilidade hídrica, os efeitos da salinidade não se mostraram significativos sobre as variáveis E e Gs. É possível que a menor proporção de sais depositada no solo via irrigação não tenha sido suficiente para interferir na atividade fotossintética das plantas. Em níveis de irrigação mais elevados (100 e 120% da ET), as variáveis E e Gs foram superiores na CEa de 4,0 dS m⁻¹ (Tabela 41). A variação nas avaliações fisiológicas frente às diferentes condições hídricas entre e dentro dos ciclos pode estar relacionada à influência de fatores climáticos, bem como do momento da coleta. Ou seja, logo após a irrigação o grau de hidratação das plantas pode ter inibido algum efeito relacionado ao estresse hídrico.

É fato que na ocorrência de déficits hídricos prolongados, as plantas podem ajustar-se osmoticamente com objetivo de retardar a desidratação (TAIZ; ZIEGER, 2013). O ajuste osmótico auxilia a manutenção da abertura estomática e o funcionamento do aparelho fotossintético, permitindo que este opere mesmo em condições de baixo potencial hídrico (TURNER 1997).

Além disso, é possível que nas maiores lâminas tenha ocorrido maior lixiviação de sais solúveis acumulados no perfil do solo. O uso de lâminas de lixiviação pode ser usado como estratégia no controle ou redução dos índices de salinidade do solo (AYERS; WESTCOT, 1999; FERREIRA *et al.*, 2006), pois a lâmina excedente percola o perfil do solo, removendo parte dos sais acumulado e garantindo um equilíbrio favorável na zona radicular da cultura (LIRA, 2016; MEDEIROS; DUARTE; SILVA, 2010).

Assis Junior *et al.* (2007) encontraram pouca influência das frações de lixiviação sobre as trocas gasosas em feijão-de-corda irrigado com água salina de $5,0 \text{ dS m}^{-1}$, contudo Ferreira *et al.* (2015) observaram aumento das características fotossintéticas na beterraba irrigada com efluente salino de $2,57 \text{ dS m}^{-1}$ utilizando diferentes frações de lixiviação.

A salinidade pode induzir os estômatos a abrirem ou fechar dependendo da espécie, da concentração de sal, duração da exposição e condições ambientais durante a exposição (SABERI; AISHAH, 2014). A capacidade fotossintética é uma característica intrínseca de cada espécie vegetal, sendo que as trocas gasosas mudam durante o ciclo do desenvolvimento do indivíduo e dependem do curso anual e das flutuações ambientais diárias em torno do vegetal (LARCHER, 2006).

No ciclo 3, não houve efeito dos níveis de salinidade e lâminas de irrigação sobre as variáveis, A, E, Gs e Ci, cujas médias obtidas foram $23,20 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$; $4,60 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$; $0,16 \text{ mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ e $107,03 \text{ ppm}$. No ciclo 4, nos níveis de salinidade de $1,8$ e $3,0 \text{ dS m}^{-1}$ ocorreu redução nas médias de A, E e Gs em comparação ao nível de $0,6 \text{ dS m}^{-1}$ (Tabela 42).

Esses resultados podem estar relacionados à alteração dos níveis de salinidade no ciclo 3, cuja redução da CEa de $4,0$ para $3,0 \text{ dS m}^{-1}$ pode ter minimizado os efeitos do estresse. Conforme abordado anteriormente, a exposição ao estresse prolongado pode desencadear mecanismos fisiológicos conferindo adaptabilidade às plantas nas condições salinas aplicadas. No entanto, constatou-se que na manutenção das plantas por mais um ciclo, mesmo sob $1,8 \text{ dS m}^{-1}$ ocorreu comprometimento das trocas gasosas.

Tabela 42. Taxa de fotossíntese foliar (A), taxa de transpiração foliar (E), condutância estomática (Gs) e concentração interna de CO₂ (Ci) do capim BRS Zuri sob salinidade e lâminas de irrigação nos ciclos 3 e 4.

Ciclo	Salinidade (dS m ⁻¹)			Lâmina de irrigação (% ET)					
	0,6	1,8	3,0	EPM	60	80	100	120	EPM
A (μmol CO ₂ m ⁻² s ⁻¹)									
3	23,28 ^a	21,27 ^a	23,36 ^a	1,07	23,99 ^a	24,47 ^a	23,32 ^a	22,75 ^a	1,15
4	20,20 ^a	14,94 ^b	16,11 ^b	0,90	17,19 ^a	17,19 ^a	17,00 ^a	16,96 ^a	1,00
E (mmol H ₂ O m ⁻² s ⁻¹)									
3	4,80 ^a	4,07 ^a	4,93 ^a	0,22	4,45 ^a	4,62 ^a	4,65 ^a	4,66 ^a	0,18
4	4,51 ^a	3,29 ^b	3,46 ^b	0,24	3,58 ^a	3,88 ^a	3,83 ^a	3,73 ^a	0,20
Gs (mol H ₂ O m ⁻² s ⁻¹)									
3	0,16 ^a	0,14 ^a	0,16 ^a	0,007	0,16 ^a	0,16 ^a	0,16 ^a	0,16 ^a	0,007
4	0,12 ^a	0,09 ^b	0,09 ^b	0,007	0,09 ^a	0,11 ^a	0,10 ^a	0,10 ^a	0,006
Ci (ppm)									
3	110,69 ^a	103,15 ^a	107,23 ^a	5,85	101,67 ^a	100,40 ^a	107,98 ^a	118,05 ^a	5,03
4	72,87 ^a	74,80 ^a	63,67 ^a	6,23	51,82 ^b	82,79 ^a	75,10 ^a	72,07 ^a	4,18

Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey (P>0,05). EPM: erro padrão da média. *Interação salinidade x lâmina de irrigação (P<0,05).

Não houve efeito das lâminas de irrigação sobre A, E, Gs nos ciclos 3 e 4 e sobre a Ci no ciclo 3 (Tabela 42). Em condições déficit hídrico, as trocas gasosas não foram influenciadas negativamente, conforme observado em outros estudos com plantas de feijão-caupi (SILVA *et al.*, 2010a) e girassol (SILVA *et al.*, 2013). Em virtude das avaliações ocorrerem logo após a irrigação, é possível que o grau de hidratação momentâneo tenha proporcionado a recuperação do potencial hídrico foliar minimizando o efeito de estresse sobre as variáveis. De fato, ocorre desbalanço entre a água absorvida pelo sistema radicular e a transpirada pelas folhas, independente da condição de suprimento hídrico, em função da oscilação da demanda evaporativa da atmosfera ao longo do dia (TAIZ; ZIEGER, 2013).

Medidas momentâneas de trocas gasosas podem não refletir comportamento fisiológico da planta frente à condição de estresse ao longo do dia devendo ser avaliadas com cautela (SILVA *et al.*, 2010b). Assim, a fotossíntese da planta pode ser estimulada imediatamente após a reidratação da planta, contudo, a extensão e magnitude da recuperação dependerá principalmente intensidade e duração do déficit, uma vez que o estresse severo pode danificar irreversivelmente o aparato tecidual (LIMA *et al.*, 2010; XU *et al.*, 2010).

Temperatura foliar (TFol) e índice de clorofila relativo (ICR)

Não se constatou diferença significativa dos tratamentos aplicados sobre a TFol apresentando médias de 38,41 e 35,43 °C para os ciclos 1 e 2, respectivamente (Tabela 43). Silva *et al.* (2013) não observaram efeito do déficit hídrico de 50% da evapotranspiração de referência sobre a temperatura foliar em plantas de girassol. No entanto, outros resultados na literatura identificaram relação do estresse hídrico (LOPES *et al.*, 2013) e salino (SOUSA *et al.*, 2012) com o aumento na temperatura foliar.

Tabela 43. Temperatura foliar (Tfol) e índice de clorofila relativo (ICR) do capim BRS Zuri sob salinidade e lâminas de irrigação nos ciclos 1 e 2.

Ciclo	Salinidade (CEa, dS m ⁻¹)					Lâmina de irrigação (% ET)				
	0,5	2,0	4,0	6,0	EPM	60	80	100	120	EPM
Tfol (°C)										
1	38,28 ^a	38,40 ^a	38,86 ^a	38,09 ^a	0,22	38,29 ^a	38,30 ^a	38,65 ^a	38,42 ^a	0,14
2	35,47 ^a	35,58 ^a	35,24 ^a	-	0,18	35,53 ^a	35,40 ^a	35,43 ^a	35,36 ^a	0,15
ICR										
1	40,56 ^a	41,65 ^a	38,09 ^a	37,88 ^a	1,52	39,77 ^a	39,57 ^a	39,45 ^a	39,39 ^a	0,99
2	48,06 ^b	50,41 ^{ab}	51,56 ^a	-	0,69	49,12 ^a	49,54 ^a	50,88 ^a	50,50 ^a	1,13

Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey (P>0,05). EPM: erro padrão da média.

A transpiração das plantas é um componente do balanço de energia que influencia a temperatura foliar de acordo com fatores relacionados a planta e ao ambiente, ou seja, na ausência de déficit hídrico ocorreria os estômatos permanecem abertos aumentando a transpiração foliar. À medida que esta aumenta, há uma redução na temperatura foliar devido à dissipação de energia na forma de calor latente. Assim, a temperatura foliar torna-se inferior à temperatura do ar (TRENTIN *et al.*, 2011). Variações na temperatura foliar podem estar associadas com maior evidência às oscilações ao longo do dia. Assim, pelo fato da avaliação dessa variável ter ocorrido pontualmente e logo após a irrigação, provavelmente não se relacionou ao status hídrico da planta em função da lâmina de irrigação aplicada.

No ciclo 1, não houve efeito dos tratamentos aplicados sobre o ICR, que apresentou média de 39,52. No 2º ciclo, houve efeito significativo dos níveis salinos sobre o ICR, diferindo estatisticamente entre os níveis de 0,5 e 4,0 dS m⁻¹, com aumento de 7,3% da menor para a maior concentração salina (Tabela 43).

O índice SPAD ou ICR é uma variável positivamente correlacionada à presença dos pigmentos fotossintéticos na folha (SILVA *et al.*, 2014), sendo responsáveis pela captação de energia luminosa e proteção do aparato fotossintético contra danos oxidativos causados por condições de estresse (TAIZ; ZIEGER, 2013).

A salinidade afeta a concentração de clorofila nas folhas através da inibição da síntese ou acelerando a degradação dos pigmentos fotossintéticos por meio da atividade das clorofilases (JAMIL *et al.*, 2007; NEVES; SPAT, 2013; RHEIN *et al.*, 2015). Nesse sentido, reduções no conteúdo de clorofila da cana-de-açúcar em resposta à salinidade foram observadas por Willadino *et al.* (2011). No entanto, incrementos no índice de clorofila podem ocorrer com o aumento na salinidade da água, estando relacionado a um mecanismo de tolerância da planta (GRACIANO; PACHECO; SANTOS, 2011), ou em função de algum processo adaptativo da planta às condições do ambiente (MARQUES *et al.*, 2011).

O ICR tende a diminuir sob condição de estresse hídrico (GONÇALVES *et al.*, 2010; VIEIRA *et al.*, 2014), contudo não foi constatado efeito das lâminas de irrigação sobre o ICR na primeira fase experimental, obtendo média de 39,54 e 50,01 para os ciclos 1 e 2 (Tabela 43).

É importante ressaltar que as medidas do SPAD devem ser conduzidas no mesmo horário para evitar variações durante o dia, e devem ser realizadas na mesma folha e no mesmo local de cada folha para reduzir os efeitos da variação espacial (NEGRÃO; SCHMÖCKEL; TESTER, 2016). A variação encontrada no ICR pode ter ocorrido em virtude das leituras ocorrerem nas folhas recém-expandidas, sendo que as folhas mais velhas apresentavam evidências de estresse salino com sinais de clorose e necrose, e provavelmente maior degradação dos pigmentos fotossintéticos.

É possível que o processo de degradação da clorofila nas folhas mais velhas tenha desencadeado um mecanismo compensatório para o dossel foliar no sentido aumentar a concentração desses pigmentos nas folhas mais jovens, dada a redução na área fotossintética. Nesse sentido, deve-se realizar uma avaliação representativa do dossel, pois mesmo com o aumento do ICR em níveis mais salinos, a eficiência fotossintética líquida da planta será comprometida se houver um menor número de folhas fotossinteticamente ativas.

Na segunda fase experimental (ciclos 3 e 4), não se constatou efeito dos níveis de salinidade e das lâminas de irrigação sobre a TFol, assim como no período anterior obtendo-se médias de 32,76 e 35,39 °C, para cada ciclos respectivamente. Nessa fase, mais especificamente no ciclo 3, observou-se uma tendência a maiores valores para o ICR em

plantas expostas a condição de déficit hídrico mais severo em comparação aquelas cultivadas sob maior disponibilidade hídrica. (Tabela 44).

Tabela 44. Temperatura foliar (TFol) e índice de clorofila relativo (ICR) do capim BRS Zuri sob salinidade e lâminas de irrigação nos ciclos 3 e 4.

Ciclo	Salinidade (CEa, dS m ⁻¹)			Lâmina de irrigação (% ET)					
	0,6	1,8	3,0	EPM	60	80	100	120	EPM
Tfol (°C)									
3	33,13 ^a	32,77 ^a	32,40 ^a	0,20	32,59 ^a	32,73 ^a	32,93 ^a	32,83 ^a	0,07
4	35,38 ^a	35,36 ^a	35,42 ^a	0,17	35,62 ^a	35,27 ^a	35,27 ^a	35,38 ^a	0,09
ICR									
3	52,34 ^a	49,76 ^a	51,78 ^a	0,64	53,97 ^a	50,96 ^{ab}	51,03 ^{ab}	49,28 ^b	0,83
4*	50,09 ^a	45,71 ^b	43,93 ^b	0,96	49,51 ^a	44,46 ^b	45,40 ^b	46,95 ^{ab}	0,90

Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey (P>0,05). EPM: erro padrão da média.

Não constatou-se efeito das concentrações salinas sobre o ICR no ciclo 3. Em relação aos tratamentos salinos, a exposição a níveis de salinidade mais moderados indicando recuperação da área foliar pode ter sido a causa da ausência desse efeito nesse ciclo. Contudo, no ciclo 4, a interação significativa S x L foi significativa, mostrando que dentro das lâminas de 60 e 80% da ET, a concentração salina de 3,0 dS m⁻¹ promoveu redução significativa no ICR (Tabela 45). Assim, os efeitos deletérios da maior concentração salina foram intensificados em situação de estresse hídrico desencadeando a degradação dos pigmentos fotossintéticos.

Tabela 45. Índice de clorofila relativo (ICR) do capim BRS Zuri sob salinidade e lâminas de irrigação no ciclo 4.

Lâmina (% ET)	Salinidade (CEa, dS m ⁻¹)		
	0,6	1,8	3,0
60	53,27 ^{aA}	48,56 ^{abA}	46,69 ^{bA}
80	50,50 ^{aA}	45,03 ^{bA}	37,84 ^{cB}
100	48,19 ^{aA}	44,37 ^{aA}	43,66 ^{aAB}
120	48,42 ^{aA}	44,89 ^{aA}	47,53 ^{aA}

Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha e letra maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (P>0,05). EPM = 1,55.

4.4 Conclusão

Níveis de salinidade de $4,0 \text{ dS m}^{-1}$ (nos ciclos 1 e 2) e $3,0 \text{ dS m}^{-1}$ (nos ciclos 3 e 4) reduzem a capacidade de retenção de água no solo sendo esse efeito mais significativo sob maior disponibilidade hídrica (lâminas de 100 e 120% da ET), ou seja, nesses níveis ocorre maior desperdício de água.

A eficiência de uso da água da cultivar BRS Zuri é maior no início do crescimento na lâmina de 60% da ET quando a salinidade é baixa. No 2º ciclo a EUA tende a aumentar sob maior disponibilidade hídrica e reduzir sob $4,0 \text{ dS m}^{-1}$. Contudo ao final do experimento II não há efeito das lâminas de irrigação e níveis de salinidade sobre EUA.

Os níveis salinidade de $4,0$ e $6,0 \text{ dS m}^{-1}$ e a lâmina de 60% da ET afetam negativamente as trocas gasosas da cultivar BRS Zuri o que está relacionado a perda na eficiência fotossintética. Pode ocorrer incremento no 2º ciclo sob as lâminas de 100 e 120% da ET. O ICR é maior no nível de $4,0 \text{ dS m}^{-1}$, mas ao longo do tempo tende a reduzir na salinidade de $3,0 \text{ dS m}^{-1}$ e aumentar sob déficit hídrico. Os dados em relação às trocas gasosas e ao ICR devem ser avaliados com cautela levando em consideração o horário, as condições climáticas e a folha avaliada, pois podem não representar o efeito real do tratamento sobre a planta.

REFERÊNCIAS

ABBATE, P. E. *et al.* Climatic and water availability effects on water use efficiency in wheat. **Crop Science**, v. 44, n. 2, p. 474-483, 2004.

AISHAH, H. S. *et al.* Photosynthetic responses of forage sorghums to salinity and irrigation frequency. **Journal of Food, Agriculture and Environment**, v. 9, n. 1, p. 566–569, 2011.

ALENCAR, C. A. B. *et al.* Irrigação de pastagem: atualidade e recomendações para uso e manejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. supl.esp., p. 98-108, 2009.

ASSIS JÚNIOR, J. O. *et al.* Produtividade do feijão-de-corda e acúmulo de sais no solo em função da fração de lixiviação e da salinidade da água de irrigação. **Engenharia Agrícola**, v. 27, n. 3, p. 702-713, 2007.

ARMAS, C. *et al.* Hydraulic lift and tolerance to salinity of semiarid species: consequences for species interactions. **Ecologia**, v.162, p.11-21, 2010.

AYERS, R.S., WESTCOT, D.W. **A qualidade da água na agricultura**. Estudos FAO Irrigação e Drenagem, 29.Campina Grande: UFPB, 1999. 153p.

BELO, E. S. **Efeito do estresse hídrico no metabolismo de gabirobeira**. 2012. 131 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2012.

BLUM, A. Effective use of water (EUW) and not water-use efficiency (WUE) is the target of crop yield improvement under drought stress. **Field Crops Research**, v. 112, n. 2-3, p. 119-123, 2009.

BRITO, A. A. F. *et al.* Consumo hídrico do capim tanzânia irrigado com água salina. **Revista Científica de Produção Animal**, v. 12, n. 1, p. 15–18, 2010.

CAETANO, L. P; DIAS-FILHO, M. B. Responses of six *Brachiaria* spp. accessions to root zone flooding. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 5, p. 795-801, 2008.

CORRÊA, L. A.; SANTOS, P. M. **Manejo e utilização de plantas forrageiras dos gêneros *Panicum*, *Brachiaria* e *Cynodon***. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2003. 36p. Documento, 34.

COSTA, J. P. R. Relative chlorophyll contents in the evaluation of the nutritional status of nitrogen from xaraes palisade grass and determination of critical nitrogen sufficiency index. **Acta Scientiarum**, v. 37, n. 2, p. 109-114 2015.

DIAS, N. S.; BLANCO, F. F. Efeito dos sais na planta e no solo. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. (Org.). **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados**. Fortaleza: Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade, 2010. 472p.

FERNANDES, P. D. *et al.* Biossalinidade e produção agrícola. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. (Org.). **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados**. Fortaleza: Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade, 2010. 472p.

FERREIRA, D. F. SISVAR: A Computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039–1042, 2011.

FERREIRA, P. A. *et al.* Efeitos da lixiviação e salinidade da água sobre um solo salinizado cultivado com beterraba. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 10, n. 3, p. 570-578, 2006.

FERREIRA, P. P. B. *et al.* Respostas fotossintéticas de beterraba submetida a frações de lixiviações com efluente salino da piscicultura. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 25, 2015, São Cristóvão. **Anais...** Agricultura irrigada no Semiárido brasileiro: São Cristóvão: ABID: Universidade Federal de Sergipe, 2015.

FREIRE, J. L. O.; DIAS, T. J.; CAVALCANTE, L. F.; FERNANDES, P. D.; LIMA NETO, A. J. Rendimento quântico e trocas gasosas em maracujazeiro amarelo sob salinidade hídrica, biofertilização e cobertura morta. **Revista Ciência Agronômica**, v. 45, n. 1, p. 82-91, 2014.

FURTADO, G. F. *et al.* Alterações fisiológicas em feijão-caupi irrigado com água salina e

adubação nitrogenada. **Revista Verde**, v. 8, n. 3, p. 175-181, 2013.

GALON, L. *et al.* Influência dos fatores abióticos na produtividade da cultura do milho. **Revista Trópica: Ciências agrárias e biológicas**, v. 4, n. 3, p. 18-38, 2010.

GOMES, K. R. *et al.* Respostas de crescimento e fisiologia do milho submetido a estresse salino com diferentes espaçamentos de cultivo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 4, p. 365–370, 2011.

GONÇAVES, E. R. *et al.* Trocas gasosas e fluorescência da clorofila *a* em variedades de cana-de-açúcar submetidas à deficiência hídrica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 4, p. 378-386, 2010.

GRACIANO, E. S. A.; PACHECO, C. M.; SANTOS, R. C. Crescimento e capacidade fotossintética da cultivar de amendoim BR 1 sob condições de salinidade. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 8, p. 794–800, 2011.

HURA, T. *et al.* A. Effect of long term drought stress on leaf gas exchange and fluorescence parameters in C3 and C4 plants. **Acta Physiologiae Plantarum**, v. 29, p. 103-113, 2007.

JAMIL, M. *et al.* Salinity reduced growth PS2 photochemistry and chlorophyll content in radish. **Scientia Agricola**, v. 64, n. 2, p. 111–118, 2007.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. 3.ed. São Carlos: Rima, 2006. 531 p.

LIMA, M. A. *et al.* Trocas gasosas em folhas de sol e sombreadas de cajueiro anão em diferentes regimes hídricos. **Revista Ciência Agronômica**, v. 41, n. 04, p. 654-663, 2010.

LIRA, R. M. **Salinidade da água de irrigação e frações de lixiviação no cultivo da cana-de-açúcar**. 2016. 101f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2016.

LOPES, M. N. *et al.* Trocas gasosas e índices de crescimento em capim-braquiária manejado sob lâminas de irrigação e idades de crescimento. **Revista Agro@ambiente On-line**, v. 7, n. 1, p. 10-17, 2013.

MARQUES, R. P. *et al.* Relações hídricas e produção de pigmentos fotossintéticos em mudas de *Eugenia uniflora* L. sob condições de salinidade. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 4, n. 3, p. 497-509, 2011.

MEDEIROS, P. R. F.; DUARTE, S. N.; SILVA, E. F. F. Eficiência do uso de água e de fertilizantes no manejo de fertirrigação no cultivo do tomateiro sob condições de salinidade do solo. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 7, n. 2, p. 344-351, 2012.

MEDEIROS, P. R. F.; SILVA, E. F. F.; DUARTE, S. N. Salinidade em ambiente protegido. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. (Org.). **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados**. Fortaleza: INCT Sal, 2010. p. 83-91.

MOTA, V. J. G. *et al.* Lâminas de irrigação e doses de nitrogênio em pastagem de capim-elefante no período seco do ano no norte de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 6, p. 1191-1199, 2010.

MUNNS, R.; TESTER, M. Mechanisms of salinity tolerance. **Annual review of plant biology**, v. 59, p. 651–81, 2008.

NEGRÃO, S.; SCHMÖCKEL, S. M.; TESTER, M. Evaluating physiological responses of plants to salinity stress. **Annals Botany**, v. 119, n.1, p. 1-11, 2016.

NEVES, L. A. S.; SPAT, C. Concentração de clorofila e de prolina em genótipos de arroz submetidos à salindade. **Montes Claros**, v. 15, n. 1, p. 1–10, 2013.

NICHIDA, K.; KHAN, N. M.; SHIOZAWA, S. Effects of salt accumulation on the leaf water potential and transpiration rate of pot-grown wheat with a controlled saline groundwater table. **Soil Science and Plant Nutrition**, v. 55, n. 3, p. 375-384, 2009.

NOBRE, R. G. *et al.* A. O. Crescimento, consumo e eficiência do uso da água pela mamoneira sob estresse salino e nitrogênio. **Revista Caatinga**, v. 27, n. 2, p. 148-158, 2014.

OMOTO, E.; TANIGUCHI, M.; MIYAKE, H. Adaptation responses in C4 photosynthesis of maize under salinity. **Journal of Plant Physiology**, v. 169, n. 5, p. 469–477, 2012.

POMPEU, R. C. F. F. *et al.* Componentes da biomassa pré-pastejo e pós-pastejo de capim-tanzânia sob lotação rotativa com quatro níveis de suplementação concentrada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 3, p. 383-393, 2008.

PRAXEDES, S. C. *et al.* Salt tolerance is associated with differences in ion accumulation, biomass allocation and photosynthesis in cowpea cultivars. **Journal of Agronomy and Crop Science**, v. 196, p. 193-204, 2010.

RHEIN, A. F. L. *et al.* Crescimento radicular e pigmentos clorofilianos em duas forrageiras submetidas a níveis crescentes de NaCl. **Científica**, v. 43, n. 4, p. 330–335, 2015.

RHOADES, J. D. Instrumental field methods of salinity appraisal. In: TOPP, G. C.; REYNOLDS, W. D. e GREEN, R. E. (Ed.). **Advances in measurement of soil physical properties: Bring theory into practice**. Madison: Soil Science Society of America. Special Publication, n. 30, 1992.

SABERI, A.R., AISHAH, H.S. Physiological effects on re-growth of forage sorghums ratoon crop under varying salinity and irrigation frequency. **British Journal of Applied Science & Technology**, v. 4, n. 16, p. 2277-2289, 2014.

SILVA, A. R. A. *et al.* Trocas gasosas em plantas de girassol submetidas à deficiência hídrica em diferentes estádios fenológicos. **Revista Ciência Agronômica**, v. 44, p. 86-93, 2013.

SILVA, C. D. S. *et al.* Curso diário das trocas gasosas em plantas de feijão-caupi submetidas à deficiência hídrica. **Revista Caatinga**, v. 23, n. 04, p.7-13, 2010a.

SILVA, E. N. *et al.* Acúmulo de íons e crescimento de pinhão-mansô sob diferentes níveis de salinidade. **Revista Ciência Agronômica**, v. 40, n. 2, p. 240-246, 2009.

SILVA, E. N. *et al.* Comparative effects of salinity and water stress on photosynthesis, water relations and growth of *Jatropha curcas* plants. **Journal of Arid Environments**, v. 74, p. 1130-1137, 2010b.

SILVA, E. N. *et al.* Salt stress induced damages on the photosynthesis of physic nut young plants. **Scientia Agricola**, v. 68, p. 62-68, 2011.

SILVA, J. L. A. *et al.* Uso de águas salinas como alternativa na irrigação e produção de forragem no semiárido nordestino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18 (suplemento), p. 66-72, 2014.

SILVA, M. M. P. *et al.* Eficiência fotoquímica de gramíneas forrageiras tropicais submetidas à deficiência hídrica. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 1, p. 67-74, 2006.

SKONIESKI, F. R. *et al.* Composição botânica e estrutural e valor nutricional de pastagens de azevém consorciadas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 3, p. 550-556, 2011.

SMITH, A. P.; CHEN, D.; CHALK, P. M. N₂ fixation by faba bean (*Vicia faba* L.) in a gypsum-amended sodic soil. **Biology and Fertility of Soils**, v. 45, n. 3, p. 329-333, 2009.

SOARES, L. A. A. *et al.* Respostas fisiológicas tomateiro na fase de floração sob estresse hídrico. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 8, n. 1, p. 51-55, 2012.

SOARES, L. A. A. *et al.* Troca de CO₂ do feijão-caupi irrigado com água salina e fertilização nitrogenada. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 9, n. 3, p. 30-37, 2013.

SOUSA, A. E. C. *et al.* Teores de nutrientes foliares e respostas fisiológicas em pinhão mansô submetido a estresse salino e adubação fosfatada. **Revista Caatinga**, v. 25, n. 2, p. 144-152, 2012.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 954 p.

TAVAKKOLI, E. *et al.* Additive effects of Na⁺ and Cl⁻ ions on barley growth under salinity stress. **Journal of Experimental Botany**, v. 62, n. 6, p. 2189–2203, 2011.

TRENTIN, R. Transpiração e temperatura foliar da cana-de-açúcar sob diferentes valores de potencial matricial. **Engenharia Agrícola**, v. 31, n. 6, p. 1085-1095, 2011.

TURNER, N.C. Further progress in crop water relations. In: Sparks, D. L. (Ed.). **Advances in agronomy**. Academic Press, New York, p. 293-337, 1997.

VIEIRA, G. H. S. *et al.* Indicadores morfo-fisiológicos do estresse hídrico para a cultura da cana-de-açúcar em função de lâminas de irrigação. **Bioscience Journal**, v. 30, suppl. 1, p. 65-75, 2014.

XU, Z.; ZHOU, G.; SHIMIZU, H. Plant responses to drought and rewatering. **Plant signaling & behavior**, v. 5, n. 6, p. 649–54, 2010.

WILLADINO, L. *et al.* Estresse salino em duas variedades de cana-de-açúcar: enzimas do sistema antioxidativo e fluorescência da clorofila. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 2, p. 417-422, 2011.