UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E TÉCNOLÓGICAS
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola

CULTIVARES DE *Urochloa brizantha* SUBMETIDAS A DISPONIBILIDADES HÍDRICAS DO SOLO

CAMILA THAIANA RUEDA DA SILVA

RONDONÓPOLIS-MT
2019

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E TÉCNOLÓGICAS
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola

CULTIVARES DE *Urochloa brizantha* SUBMETIDAS A DISPONIBILIDADES HÍDRICAS DO SOLO

CAMILA THAIANA RUEDA DA SILVA

Zootecnista

Orientador (a): Prof.ª Dr.ª Edna Maria Bonfim da Silva

Coorientador (a): Prof. Dr. Tonny José de Araújo

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Mato Grosso para obtenção do título de mestre em Engenharia Agrícola, linha de pesquisa de Sistemas Agrícolas.

RONDONÓPOLIS- MT
2019

Dados Internacionais de Catalogação na Fonte.

R918c Rueda da Silva, Camila Thaiana.
CULTIVARES DE Urochloa brizantha SUBMETIDAS A DISPONIBILIDADES HÍDRICAS DO SOLO / Camila Thaiana Rueda da Silva. -- 2019
89 f. ; 30 cm.

Orientadora: Edna Maria Bonfim-Silva.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto de Ciências Agrárias e Tecnológicas, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Rondonópolis, 2019.
Inclui bibliografia.

1. Urochloa. 2. estresse hídrico. 3. tensão de água no solo. 4. Neossolo Flúvico. I. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO-GROSSO
PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA
Avenida dos Estudantes,5055 - Cidade Universitária, - CEP: 78736-900 - Rondonópolis/MT
Tel.: (66) 3410-4121 - E-mail : spgeagri@hotmail.com

FOLHA DE APROVAÇÃO

TÍTULO: "CULTIVARES DE Urochloa brizantha SUBMETIDAS À DISPONIBILIDADES HÍDRICAS DO SOLO"

AUTORA: Mestranda Camila Thaiana Rueda da Silva

Dissertação defendida e aprovada em 25 de fevereiro de 2019.

Presidente da Banca / Orientador(a): Doutora Edna Maria Bonfim da Silva.
Instituição: Universidade Federal de Mato Grosso

Examinador Interno: Doutor Tonny José Araújo da Silva
Instituição: Universidade Federal de Mato Grosso

Examinador Externo: Doutor Helon Hébano de Freitas Sousa
Instituição: Universidade Federal do Ceará

Examinador Externo: Doutor Alexandre Lima de Souza
Instituição: Universidade Federal de Mato Grosso

Rondonópolis, 25 de fevereiro de 2019.

DEDICO

À minha mãe, Ana Cláudia Rueda da Silva, por ser o meu espelho de vida, pelo amor, cuidado, apoio incondicional aos meus estudos e ensinamento de valores, sendo essencial a minha conduta, formação e persistência.

Ao meu esposo, Douglas Batista Nascimento, pelo amor, carinho, força, e companheirismo em todos os momentos desta caminhada.

À minha irmã, Bruna Gabriela Rueda da Silva, pelo amor, apoio e ajuda sem medida.

Ao meu sobrinho, Miguel Rueda Correa, meu primeiro amor.

À minha filha, Elisa Rueda Nascimento, minha princesa, meu amor incondicional.

OFEREÇO

À minha filha, Elisa Rueda Nascimento, que deu verdadeiro sentido à vida!

AGRADECIMENTOS

À Deus, pela grandeza do seu amor, pelo cuidado e força para seguir em frente, pelo milagre da vida, e que mesmo sendo tão pouco merecedora me abençoar de forma tremenda.

À UFMT - Universidade Federal de Mato Grosso e à Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, pela oportunidade de realizar o mestrado.

A CAPES pela concessão da bolsa de estudos.

A professora Dr.ª Edna Maria Bonfim-Silva, minha orientadora, pela dedicação, paciência, confiança e por contribuir imensamente com meu crescimento acadêmico, pessoal e profissional.

Ao Prof. Dr. Tonny José Araújo da Silva, pelos ensinamentos, dedicação e apoio no desenvolvimento deste trabalho.

Aos professores da pós-graduação em Engenharia Agrícola, pela dedicação e todo conhecimento transmitido, contribuindo de forma imensurável para minha formação.

Ao grupo de práticas em água e solo (GPAS) pelo acolhimento e ajuda na realização deste trabalho.

Por todos os alunos da graduação e pós-graduação em Engenharia Agrícola da UFMT, Campus Rondonópolis, que se dispuseram a auxiliar na realização do experimento, sem os quais esse trabalho não teria se concretizado.

Pelos amigos que conquistei e guardarei comigo eternamente, pela ajuda sem medida durante a condução experimental e bons momentos de descontração.

Por fim, por todos que me ajudaram direta ou indiretamente a realizar este trabalho.

Muito obrigada!

CULTIVARES DE *Urochloa brizantha* SUBMETIDAS A DISPONIBILIDADES HÍDRICAS DO SOLO

RESUMO: As cultivares de *Urochloa brizantha* são caracterizadas pela alta adaptabilidade a condições edafoclimáticas adversas, sendo opção viável para aumento de produtividade em áreas susceptíveis a alagamento temporário e seca prolongada. No entanto, é necessária uma caracterização da cultivar a ser implantada sob condições variadas de umidade do solo. Nesse contexto, objetivou-se avaliar as características fitométricas e produtivas de três cultivares de *Urochloa brizantha* submetidas a tensões de água do solo. O experimento foi realizado em casa de vegetação na Universidade Federal de Mato Grosso, Campus de Rondonópolis-MT. O delineamento experimental foi em blocos casualizados em esquema fatorial com três cultivares de *U. brizantha* (cv. Braúna, cv. Paiaguás e cv. Piatã) e seis tensões de água no solo (0, 10, 20, 30, 40 e 50 kPa). O solo utilizado foi o Neossolo Flúvico. As recomendações de adubação para P_2O_5, K_2O e N foram de 150, 100 e 200 mg dm^{-3}, respectivamente. Realizaram-se três avaliações com cortes da parte aérea das plantas em intervalos de 30 dias. As variáveis analisadas foram: altura de plantas, diâmetro de colmos, área de foliar, índice de clorofila (SPAD), número de folhas, número de perfilhos, relação folhas/colmos + bainha, teor de água foliar, massa específica foliar, grau de suculência foliar, massa seca de folhas, massa seca de colmo, massa seca da parte aérea, volume de raízes, massa seca de raízes e eficiência do uso da água. Os resultados foram submetidos a análise de variância e teste de Tukey, além de regressão, para o fator quantitativo a 5% de probabilidade. Todas as variáveis foram influenciadas, estatisticamente, pelas tensões de água no solo. O Índice de clorofila diferenciou-se entre as cultivares de forma isolada nas três avaliações. Para as tensões de água no solo o Índice de clorofila apresentou efeito significativo na primeira e terceira avaliação, obtendo maiores valores na tensão de 20 kPa. Para a variável massa seca da parte aérea as maiores produções foram observadas nas tensões de 24,6; 22,76; 21, 61 kPa no primeiro período de crescimento e nas tensões de 21,69; 20,26; 8,98 kPa na primeira rebrota para os capins Braúna, Paiaguás e Piatã, respectivamente e na segunda 27,1 g $vaso^{-1}$ obtida na tensão 16,98 kPa. Os maiores valores para a relação folha/colmo+bainha foram obtidos na tensão de 50 kPa. A tensão de 10 kPa propiciou maior volume (177,25 mm) e massa seca de raízes (37,9 g $vaso^{-1}$)Elencar os principais resultados numericamente. A cultivar Braúna se destacou em número de perfilhos e número de folhas nas três avaliações. A cultivar Piatã produziu maior área foliar e massa seca de folhas e colmos. O déficit hídrico foi o que proporcionou o maior decréscimo na produção das forrageiras. As tensões de água no solo influenciam as características produtivas e fitométricas de cultivares *de U. brizantha*.

Palavras-chave: Braúna, Paiaguás, Piatã, Cerrado, Neossolo Flúvico, Umidade do solo.

***Urochloa brizantha* CULTIVARS SUBMITTED TO SOIL WATER AVAILABILITIES**

ABSTRACT: *Urochloa brizantha* cultivars are characterized by high adaptability to adverse of soil and climate conditions, being a viable option to increase productivity in areas susceptible to prolonged temporary and dry flooding. However, a characterization of the cultivar to be implanted under varying soil moisture conditions is required. In this context, the objective was to evaluate the phytometric and productive characteristics of three cultivars of Urochloa brizantha submitted to soil water stresses. The experiment was carried out in a greenhouse at the Federal University of Mato Grosso, Campus of Rondonópolis-MT. The experimental design was a randomized complete block design with three cultivars of *U. brizantha* (Braúna cv. Paiaguás and cv. Piatã) and six soil water tensions (0, 10, 20, 30, 40 and 50 kPa). The soil used was the Fluvic Neosol. The fertilization recommendations for P_2O_5, K_2O and N were 150, 100 and 200 mg dm^{-3}, respectively. Three evaluations were carried out with cut shoots of the plants at 30 day intervals. The variables analyzed were: plant height, shoot diameter, leaf area, chlorophyll index (SPAD), number of leaves, number of tillers, leaf / stem + sheath relation, leaf water content, leaf specific mass, leaf mass, dry shoot mass, dry shoot mass, root volume, dry mass of roots and water use efficiency. The results were submitted to analysis of variance and Tukey's test, in addition to regression, for the quantitative factor at 5% probability. All variables were statistically influenced by soil water tensions. The chlorophyll index was differentiated between the cultivars in isolation in the three evaluations. For soil water tensions, the chlorophyll index had a significant effect in the first and third evaluation, obtaining higher values in the tension of 20 kPa. For the dry mass variable of the aerial part the greater productions were observed in the tensions of 24,6; 22.76; 21, 61 kPa in the first growth period and in the tensions of 21.69; 20.26; 8.98 kPa in the first regrowth for the Braúna, Paiaguás and Piatã grasslands, respectively, and in the second 27.1 g pot-1 obtained at the 16.98 kPa tension. The highest values for the leaf / stem + sheath ratio were obtained at the tension of 50 kPa. The tension of 10 kPa provided higher volume (177.25 mm) and dry mass of roots (37.9 g pot -1). List the main results numerically. The cultivar Braúna stood out in number of tillers and number of leaves in the three evaluations. The Piatã cultivar produced larger leaf area and dry mass of leaves and stems. The water deficit was the one that gave the greatest decrease in forage production. Soil water tensions influence the productive and phytometric characteristics of *U. brizantha* cultivars

Keywords: Braúna, Paiaguás, Piatã, Cerrado, Fluvisol, Soil moisture.

LISTA DE FIGURAS

Figura 7. Índice de clorofila em função das tensões de água no solo no primeiro (A) e terceiro cortes (B). T- Tensão. ***, **, * Significativo a 0,1, 1 e 5% de probabilidade, respectivamente. 30

Figura 8. Número de perfilhos dos capins Braúna, Paiaguás e Piatã, no primeiro (A), segundo (B) e terceiro corte (C) em função de tensões de água no solo. T – Tensão. ***, ** Significativo a 0,1 e a 1% de probabilidade, respectivamente.....33

Figura 9. Diâmetro de Colmo de cultivares de Urochloa brizantha em função de tensões de água no solo no primeiro (A) e terceiro corte (B). *T- Tensão. DC – Diâmetro de colmo. *** Significativo a 0,1 de probabilidade; ns não significativo*.....35

Figura 10. Altura de planta de cultivares de Urochloa brizantha submetidas a tensões de água no solo no primeiro (A), segundo (B) e terceiro cortes (C). T- Tensão. ALT – Altura de Planta. *** Significativo a 0,1 de probabilidade. 38

Figura 11. Área foliar de cultivares de Urochloa brizantha submetidas a tensões de água no solo no primeiro (A), segundo (B) e terceiro cortes (C). T- Tensão. AF – Altura de Planta. *** Significativo a 0,1 de probabilidade.....41

Figura 12. Número de folhas de cultivares de Urochloa brizantha submetidas a tensões de água no solo no primeiro (A), segundo (B) e terceiro cortes (C). T- Tensão. ***, *, ns significativo a 0,1 e 5% de probabilidade e não significativo, respectivamente. 44

Figura 13. Massa seca de folhas de cultivares de Urochloa brizantha submetidas a tensões de água no solo no primeiro (A), segundo (B) e terceiro cortes (C). T- Tensão. ***,**, ns significativo a 0,1 e 1% de probabilidade e não significativo, respectivamente. 48

Figura 14. Massa seca de colmos de cultivares de Urochloa brizantha submetidas a tensões de água no solo no primeiro (A), segundo (B) e terceiro cortes (C). T- Tensão, MSC – Massa Seca de Colmo. *** Significativo a 0,1 de probabilidade. 51

Figura 15. Massa seca da parte aérea de cultivares de Urochloa brizantha em função de tensões de água no solo em Neossolo Flúvico no primeiro (A), segundo (B) e terceiro corte (C). T – Tensão; MSPA - Massa seca da parte aérea.***, ** Significativo a 0,1 e 1% de de probabilidade, respectivamente; ns não significativo. 54

Figura 16. Raízes adventícias em cultivares de U. brizantha estabelecidas nos tratamentos de 0 kPa. 56

Figura 18. Teor de água foliar de cultivares de U. brizantha em função de tensões de água no solo em Neossolo Flúvico no primeiro (A) e terceiro corte (B). T – Tensão;

TAF – Teor de água foliar. *** Significativo a 0,1 de probabilidade; ns não significativo. 59

Figura 19. Massa específica foliar de cultivares de Urochloa brizantha em função de tensões de água no solo em Neossolo Flúvico no segundo corte. T – Tensão; MEF – Massa específica foliar; ** Significativo a 1% de probabilidade; ns não significativo. 60

Figura 20. Grau de suculência foliar de cultivares de Urochloa brizantha em função de tensões de água no solo em Neossolo Flúvico no primeiro (A) e terceiro corte (B). T – Tensão; GSF – Grau de suculência foliar.*** Significativo a 0,1% de probabilidade. 62

Figura 21. Volume de Raiz (A) e Massa seca de raiz (B) de cultivares de Urochloa brizantha sob tensões de água no solo. T – Tensão; VR – Volume de Raiz; MSR – Massa seca de Raiz; .**, *, Significativo a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente . ^{ns} , nãqo significativo. 64

Figura 22. Eficiência do uso da água (EUA) de cultivares de Urochloa brizantha sob tensões de água no solo, no primeiro (A), segundo (B) e terceiro corte (C).. T – Tensão; VR – Volume de Raiz; MSR – Massa seca de RaizRaiz; .***, **, Significativo a 0,1% e 5% de probabilidade, respectivamente . ^{ns} , nãqo significativo. 66

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Análise química e granulométrica de Neossolo Flúvico coletado na camada de 0-0,20 m..... 17

Tabela 2. Tensão de água em Neossolo Flúvico com volumes de água correspondentes... 21

Tabela 3. Índice de clorofila das cultivares de Urochloa brizantha nos três cortes..... 29

Tabela 4. Número de Perfilhos de cultivares de Urochloa brizantha sob tensões de água em Neossolo Flúvico 31

Tabela 5. Diâmetro de colmo de cultivares de U. brizantha sob tensões de água em Neossolo Flúvico 34

Tabela 6. Altura de planta de cultivares de U. brizantha submetidas a tensões de água em Neossolo Flúvico 36

Tabela 7. Área foliar de cultivares de U. brizantha submetidas a tensões de água em Neossolo Flúvico 39

Tabela 8. Número de folhas de cultivares de U. brizantha submetidas a tensões de água em Neossolo Flúvico 42

Tabela 9. Massa seca de folha de cultivares de U. brizantha submetidas a tensões de água em Neossolo Flúvico..... 45

Tabela 10. Massa seca de colmos de cultivares de U. brizantha submetidas a tensões de água em Neossolo Flúvico..... 49

Tabela 11. Massa seca da parte aérea de cultivares de Urochloa brizantha submetidas a tensões de água em Neossolo Flúvico 52

Tabela 12. Relação folha/colmo+bainha de cultivares de U. brizantha submetidas a tensões de água em Neossolo Flúvico 55

Tabela 13. Teor de água foliar de cultivares de U. brizantha submetidas a tensões de água em Neossolo Flúvico..... 58

Tabela 14. Massa específica foliar de cultivares de U. brizantha submetidas a tensões de água em Neossolo Flúvico..... 60

Tabela 15. Grau de suculência foliar em cultivares de U. brizantha submetidas a tensões de água em Neossolo Flúvico..... 61

Tabela 16. Eficiência do uso da água de Cultivares de U. brizantha sob tensões de água no solo 65

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 2
2 REFERENCIAL TEÓRICO 4
2.1 Ecofisiologia de gramíneas forrageiras 4
2.2 Urochloa brizantha 6
2.2.1 *Urochloa brizantha* cv. Piatã 7
2.2.2 *Urochloa brizantha* cv. BRS Paiaguás 7
2.2.3 *Urochloa brizantha* cv. MG - 13 Braúna 8
2.3 Estresse Hídrico 9
2.3.1 Estresse por falta de água 9
2.3.2 Estresse por alagamento 10
2.4 Potencial de Água no solo 12
2.5 Neossolo Flúvico 14
3 METODOLOGIA 16
3.1 Local do Experimento 16
3.2 Coleta e caracterização do solo 16
3.4 Curva de retenção de água no solo 18
3.5 Instalação dos tensiômetros 22
3.6 Semeadura da *Urochloa* e condução do experimento 22
3.7 Variáveis Analisadas 23
3.3 Delineamento e Parcelas Experimentais 26
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO 29
4.1 Índice de Clorofila 29
4.2 Número de Perfilhos 30
4.3 Diâmetro de Colmo 34
4.4 Altura de Planta 35
4.5 Área Foliar 39
4.6 Número de Folhas 42
4.7 Massa Seca de Folha 45
4.8 Massa Seca de Colmo 49
4.9 Massa Seca da Parte Aérea 52
4.10 Relação folha/colmo+bainha 55
4.11 Teor de Água Foliar 58

4.12 Massa Específica Foliar 59
4.13 Grau de Suculência Foliar 61
4.14 Volume e Massa Seca de Raiz 63
4.15 Eficiência do Uso da Água 64
CONCLUSÕES 67
6 REFERÊNCIAS 68

1 INTRODUÇÃO

O rebanho mundial de bovinos se aproxima de 1 bilhão de cabeças e a Índia é o país que detém o maior número desses animais, mais de 300 milhões de cabeças, seguida do Brasil e Estados Unidos. O rebanho bovino brasileiro, em 2017, foi estimado em 226 milhões de cabeças, ou seja, 22,6% do total de bovinos do planeta (USDA, 2017), tendo a sua produção pecuária baseada em pastagens.

Na atividade pecuária, para se obter bons resultados são necessários investimentos com alimentação animal. A pastagem é considerada a forma mais prática e econômica de alimentação, de modo que a colheita é realizada pelo próprio animal, dispensando o uso de maquinário e equipamentos. No entanto, a sazonalidade da produção forrageira, característica das regiões tropicais, se torna um grande desafio para a atividade (Euclides et al., 2016).

O Brasil, em sua maior parte, é constituído de regiões de clima tropical, onde a produção de forragem é determinada por dois períodos distintos: chuvoso e seco. No primeiro, a produção forrageira é favorecida devido à alta incidência pluviométrica, altas temperaturas e fotoperíodo longo. Cerca de 80% da produção das pastagens ocorre no período chuvoso e apenas 20% no período seco, evidenciando a essencialidade da água na produção forrageira (Pizarro, 1996).

Dentre os recursos que as plantas precisam para se estabelecerem e produzirem, a água é essencial e o mais limitante, de modo que a disponibilidade hídrica influencia a produção agrícola, a distribuição e a diversidade vegetal na superfície (Kerbauy, 2004). Essa diversidade está relacionada a condições de ambiente que cada espécie foi exposta desde o seu estabelecimento (Pimentel, 2004).

Os vegetais, de modo geral, têm a capacidade de desenvolver respostas adaptativas para sobreviver a situações adversas. A capacidade de adaptação das plantas determina sua tolerância às condições extremas de água no solo (déficit e excesso), obtida por meio de respostas bioquímicas, fisiológicas, anatômicas e morfológicas que ocorrem de forma a buscar a sobrevivência e perpetuação da espécie (Lopes, 2012). Entre as gramíneas forrageiras, tais características adaptativas são evidentes, especialmente entre as do gênero *Urochloa*.

As cultivares de *Urochloa brizantha* são muito difundidas em função da sua alta adaptabilidade às condições edafoclimáticas adversas, tornando-se de grande

importância econômica para a atividade pecuária da região Centro-Oeste brasileira. Nessa região, devido às adversidades nas condições de manejo de pastagens: áreas alagadas, solos de baixa fertilidade e baixo índice de precipitação, a escolha da forrageira é um fator determinante para a sustentabilidade da pastagem (Rodrigues, 2004; Pezzopane et al., 2015; Koetz et al., 2017).

Nesse sentido, a busca por cultivares que se adaptem às condições de clima e solo inerentes às áreas destinadas à atividade pecuária, é essencial para garantir bons resultados e a perenidade do pasto, principalmente em áreas de pastagens marginais onde há predominância de solos com riscos de inundação ou acumulação de água de chuva, fatores recorrentes, por exemplo, em Neossolos Flúvicos.

Os Neossolos ocorrem em praticamente todas as regiões do Brasil. É o terceiro solo mais predominante no país, ocupando grandes concentrações de áreas na região Centro-Oeste. Entretanto, os Neossolos Flúvicos ocorrem em ambientes específicos, principalmente às margens de cursos d'água. Essas áreas marginais, consideradas de baixo potencial agrícola, são preferencialmente destinadas a formação de pastagens, e, podem apresentar problemas com relação a disponibilidade hídrica para as plantas, exigindo a implantação de espécies com alto potencial adaptativo às condições adversas de água no solo (IBGE, 2007; Dias-Filho, 2014).

Pressupondo-se que cultivares de *Urochloa brizantha* tenham desempenho agronômico distinto quando submetidas a disponibilidades hídricas do solo, objetivou-se avaliar o desempenho de três cultivares de *Urochloa brizantha* (MG 13 Braúna, BRS Piatã e BRS Paiaguás) sob níveis de tensão de água em Neossolo Flúvico.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Ecofisiologia de gramíneas forrageiras

A produção das pastagens ditada pelas condições ambientais caracteriza uma estacionalidade no rendimento pecuário brasileiro. No Brasil, 90% da produção de carne bovina é advinda de animais mantidos em sistema de criação a pasto, que apresenta cerca de 80% da sua produção no período chuvoso e para alguns gêneros de planta como a *Urochloa brizantha* esse número é ainda maior, podendo chegar a 90%. Essa sazonalidade na produção forrageira está relacionada às condições ambientais nos períodos de verão e inverno (Rodrigues, 2004).

As variáveis climáticas como fotoperíodo, temperatura e disponibilidade hídrica ditam a distribuição vegetal na superfície terrestre e influenciam de maneira direta a produção de forragem. O período seco, que caracteriza a baixa produção e qualidade de pastagens disponíveis aos animais, é o principal desafio para a atividade pecuária, que visa comportar a mesma carga animal do período chuvoso no período de estiagem (Duarte, 2012). No verão, a produção de forragem é favorecida por altas temperaturas, fotoperíodo longo e alta disponibilidade hídrica, essa última, de acordo com estudos realizados, deve suprir a necessidade hídrica da planta forrageira em todo o seu ciclo, podendo variar entre 1900 a 1000 mm (Rassini, 2004; Antoniel et al., 2016).

Dentre todos os fatores que a planta necessita para sua sobrevivência, a água é o mais importante e limitante. Inúmeros estudos têm sido desenvolvidos para quantificar os efeitos de diferentes teores de água no solo sobre a produção vegetal, e designar resultados para o uso eficiente da mesma. A prática de irrigação, por exemplo, em condições de redução da disponibilidade hídrica, possibilita a diminuição da sazonalidade de produção e, assim, evidencia a importância da água na produção agrícola (Reichardt; Timm, 2014; Taiz et al., 2017).

Quando as necessidades hídricas estão supridas, as plantas utilizam a luz solar como recurso energético para realização da fotossíntese (Taiz et al., 2017). A quantidade de luz disponível às plantas é um fator limitante na produção, podendo ser perturbado por outros fatores edafoclimáticos, como baixa temperatura e fertilidade do solo. Em situações em que essas condições são favoráveis, a máxima produção

de forragem é atingida com maior eficiência de utilização luminosa pelas plantas, para isso, o índice de área foliar (IAF) deve ser considerado (Hodgson, 1990).

O índice de área foliar é um fator que está intrinsicamente ligado à interceptação luminosa e, consequentemente, à capacidade fotossintética do dossel. A interceptação luminosa depende do arranjo arquitetônico da parte aérea do dossel, em especial, do índice de área foliar (IAF). À medida que há aumento do índice de área foliar, consequentemente, o auto - sombreamento passa a ser maior e as plantas tendem a mudar seu padrão de crescimento, buscando otimizar a captação de luz através do alongamento de colmo (Congio et al., 2018).

As variações na incidência de luz promovem alteração no desenvolvimento e qualidade do material vegetal das plantas forrageiras. Os fotoperíodos longos propiciam um incremento na produção de biomassa, bem como a qualidade da forragem decorrente do alongamento das lâminas foliares e colmo. No entanto, as espécies vegetais têm vasta variação entre si com relação ao requerimento de fotoperíodo. Essa variação é bem exemplificada por plantas do gênero *Urochloa,* onde espécies como *U. decumbens e U. brizantha* são responsivas a dias longos, e espécies como *U. mutica e U. ruzizienses* comportam-se como plantas de dias curtos (Reis et al., 2014).

Além da influência da luz na produção de forragem, a temperatura tem efeito substancial sobre a produção forrageira. Ela interfere na velocidade das reações químicas e atividades enzimáticas, podendo levar a produção vegetal a um nível ótimo ou, em casos extremos, provocar disfunções em inúmeras atividades metabólicas, provocando estresse térmico, que em gramíneas é evidenciado pela senescência foliar prematura (Taiz et al., 2017). Para a manutenção e promoção do crescimento, cada planta possui uma temperatura ótima.

A maioria das plantas forrageiras de clima tropical apresentam seu desenvolvimento adequado em um faixa de temperatura entre 12 e 35°C, tendo seu crescimento diminuído e, posteriormente, interrompido quando a mesma atinge valores fora desse limite (Mendonça; Rassini, 2006). A temperatura basal tanto inferior quanto superior depende de cada espécie e seu lugar de origem. Mendonça et al. (2005), visando determinar a temperatura-base inferior de espécies forrageiras através de unidades fototérmicas, obtiveram temperaturas basais inferiores de 13,9, 15, 15, 16,7, e 15,6 para os capins *Pennisettum purpureum*, *Panicum maximum* cv

Tanzânia, *Urochloa brizantha*, *Urochloa decumbens* e *Paspalum atratum* cv. Pojuca, respectivamente.

2.2 Urochloa brizantha

A *U. brizantha,* pertencente à família Poaceae, tem sua origem nas regiões vulcânicas da África, caracterizadas por clima tropical e boa fertilidade do solo. Inicialmente foi cultivada com moderado sucesso no leste e oeste da África, Madagascar, Sri Lanka, Austrália, Fiiji e Suriame (Seiffert, 1980).

Constitui-se de uma planta perene, com crescimento cespitoso, robusto, folhas com lâminas lineares e lanceoladas e pilosas (Silva; Ferrari, 2012). Apresenta potencial adaptativo em condições climáticas de até 3000 m acima do nível do mar, e precipitação anual entre 700 e 3000 mm. Exibe bom valor nutritivo, alta produção de massa seca e de sementes viáveis (Basso, 2006).

Três espécies de *Urochloa* (*U. brizantha, U. decumbens* e *U. humidícula*) foram doadoras de acessos que originaram cerca de 20 espécies comerciais em diversos países, incluindo o Brasil. Isso resultou em uma base genética restrita e registros de comportamento agronômico obtidos com base em poucos genótipos (Assis, 2003).

As Braquiárias ocupam grandes áreas de utilização de pastagens no Brasil. A região do Cerrado brasileiro possui uma área com pastagem estimada em 60 milhões de hectares, dos quais 51 milhões são estabelecidas com plantas do gênero *Urochloa* (Santos, 2016). Essa vasta exploração pode ser atribuída a persistência e produção com valor nutritivo desse gênero em solos com elevados níveis de acidez e baixa fertilidade, que são características inerentes a grande parte dos solos brasileiros (Pineda et al., 1997).

Nas regiões dos cerrados, a participação da *U. brizantha* na produção de carne e leite é bastante expressiva. As atribuições de produção dadas a essa espécie são em função de sua capacidade adaptativa às condições edafoclimáticas, principalmente, em relação a manutenção e persistência do processo produtivo em solos de média a baixa fertilidade (Alcântara; Bufarah, 1999).

2.2.1 *Urochloa brizantha* cv. Piatã

A cultivar Piatã foi lançada pela Empresa Brasileira de Pesquisa e Agropecuária (EMBRAPA) no ano de 2007, após 15 anos de pesquisas impulsionadas por grandes danos causados pela síndrome da morte súbita do capim-marandu que, por apresentar elevada produtividade, foi difundido em larga escala nas pastagens brasileiras. Essas pesquisas visavam a diversificação de espécies forrageiras em pastagens no Brasil (Andrade; Assis 2010).

O capim-piatã possui hábito de crescimento ereto, com formação de touceiras podendo chegar até 1,1 m de altura e suas folhas até 45 cm de comprimento e 1,8 cm de largura. Apresenta perfilhamento aéreo e sua inflorescência presenta até 12 rácemos (Vale et al., 2007). Além de ser considerada de fácil estabelecimento e propagação, é viável para uso em sistemas de integração lavoura pecuária, propiciando ganho animal satisfatório quando bem manejado. Entre as limitações de uso da forrageira, destacam-se: a susceptibilidade à cigarrinha-da-cana (*Mahanarva tristis*) e a moderada adaptabilidade ao alagamento temporário do solo, podendo haver mortalidade de touceiras (Andrade; Assis 2010).

O capim-piatã apresenta tolerância moderada ao alagamento, quando comparado ao capim-marandu, adapta-se bem a solos arenosos e é indicado para solos de média fertilidade (Caetano; Dias-Filho, 2008). Em relação a correção do solo, o capim é responsivo em saturações por bases de no mínimo 40% e se destaca, em relação a outras cultivares, em produção incrementada por adubações fosfatadas (Embrapa, 2014).

2.2.2 *Urochloa brizantha* cv. BRS Paiaguás

A *Urochloa* brizantha cv. BRS Paiaguás foi lançada no ano de 2013, pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). Resultado de mais de 18 anos de pesquisa, a cultivar Paiaguás é derivada de acessos nativos do Quênia (Valle et al., 2013). Essa variedade foi selecionada com base no vigor, na produtividade, produção de sementes e elevado acúmulo de forragem no período seco (outono-inverno) do ano (Embrapa, 2013).

Comparada a outras espécies, se destaca pela elevada produção de massa seca de folhas, e por consequência, maior valor nutritivo no período seco, resultando em maior ganho de peso por animal num período desafiador para a atividade pecuária

(Embrapa, 2013). Além disso, quando manejadas de forma intensiva, as pastagens compostas por capim Paiaguás apresentam bom controle de plantas invasoras. A BRS Paiaguás é recomendada para solos de média fertilidade e com saturação por bases mínima entre 35 e 40% (Embrapa, 2013).

Euclides et al. (2016), de junho de 2009 a maio de 2012, avaliaram o desempenho animal e características do pasto com duas cultivares de *U. brizantha* (cv. Piatã e cv. Paiaguás). O solo da região do estudo foi o Latossolo Vermelho distrófico, e o clima conforme classificação Köppen, savana tropical chuvosa. Os resultados demonstraram um alto acúmulo de forragem com melhor valor nutritivo pelo capim Paiaguás quando comparado ao capim Piatã no período seco, sugerindo uma nova alternativa de alimentação animal em áreas de déficit hídrico prolongado.

Valle et al. (2013) também avaliaram pastagem cultivada com *U. brizantha* cv. Piatã e cv. Paiaguás. Ao avaliarem a capacidade de suporte e ganho de peso médio diário, relataram que no período seco a pastagem com capim Piatã teve a lotação animal retirada por não apresentar disponibilidade de forragem, enquanto a com capim Paiaguás manteve a lotação animal com ganhos de peso diário. Os ganhos diários durante os 3 anos experimentais para a pastagem composta por Capim Piatã e Paiaguás foram de 0,44 e 0,52 Kg/cabeça/dia, respectivamente.

2.2.3 *Urochloa brizantha* cv. MG - 13 Braúna

A *Urochloa brizantha* cv. MG-13 Braúna foi desenvolvida pela genética Matsuda com a finalidade de incrementar o acúmulo de forragem com boa distribuição anual nas pastagens brasileiras (Matsuda, 2015).

A cultivar MG-13 Braúna é caracterizada por rápida rebrota após desfolha e boa produção de forragem com alto valor nutricional. Em decorrência do seu hábito de crescimento decumbente, ela proporciona boa cobertura do solo podendo ser usada para formação de palhada em sistemas integrados (Matsuda, 2015).

Essa cultivar é indicada para solos de média a alta fertilidade, com excelente adaptação a solos arenosos. Possui intenso perfilhamento com boa relação folha/colmo+bainha. Possui colmos finos, característica que permite a utilização para feno, facilidade de manejo e boa aceitação animal (Boi a pasto, 2015).

2.3 Estresse Hídrico

Fatores como a água, temperatura, luminosidade, nutrientes, dióxido de carbono e oxigênio, influenciam de maneira direta o crescimento e desenvolvimento vegetal, de forma que o desequilíbrio no fornecimento desses parâmetros ambientais pode resultar em consequências negativas para as plantas, principalmente quando relacionados à disponibilidade de água (Kerbauy, 2004; Taiz et al., 2017).

O estresse hídrico ocorre tanto pela baixa disponibilidade hídrica quanto pelo alagamento temporário ou prolongado. A baixa disponibilidade de água no solo interfere em vários processos metabólicos das plantas, como o fechamento estomático (Silva et al., 2002). A saturação hídrica, por sua vez, além de influenciar o crescimento de raízes e parte aérea das plantas, pode inibir o alongamento dos entrenós e a expansão das folhas (Taiz; Zeiger, 2004).

2.3.1 Estresse por falta de água

O déficit hídrico é um problema recorrente às áreas cultivadas e habitats naturais em inúmeras áreas do planeta. A queda na disponibilidade de água tem como consequência a decadência da produção e do desenvolvimento das plantas. Especificamente em produção de forragem, a tolerância à seca está relacionada com o vigor de rebrota, fator que garante a perenidade das pastagens (Aguiar-Netto, 2009).

As primeiras consequências da restrição de água estão relacionadas ao alongamento e multiplicação das células vegetais, de modo que a redução no desenvolvimento de folhas e caules são causados mesmo antes da restrição hídrica se tornar grave. Outra consequência decorrente do déficit hídrico é o fechamento dos estômatos afim de diminuir as perdas de água, no entanto, nesse processo a capacidade fotossintética é diminuída, e pode levar ao declínio da taxa de crescimento (Duarte, 2012). Com relação às pastagens, as consequências do déficit hídrico são claramente observadas na estação do verão, quando ocorrem os veranicos, e, principalmente, no período de “seca”, onde há escassez de chuva.

Silva et al. (2009), ao avaliarem estudos em ambientes áridos e semiáridos com plantas expostas a longos períodos de déficit de água no solo, observaram que houve o desenvolvimento de adaptações de tolerância à seca. Devido à redução na taxa fotossintética associada ao fechamento estomático. Silva et al. (2009) relataram a redução da transpiração e a vulnerabilidade à morte por dessecação. Nesse sentido,

uma estratégia que pode amenizar os efeitos causados pelo déficit hídrico em pastagens é a irrigação.

A irrigação é uma técnica que pode trazer aumento da produtividade do pasto, em consequência da maior produção de massa de forragem. Vale salientar, que os efeitos positivos que possam ser trazidos pela implantação da irrigação em pastagens, dependem intimamente do manejo a ser empregado. O manejo deve proporcionar ao praticante, informações de quantidade de água e o momento da aplicação, através do monitoramento da umidade contida no solo (Correa; Santos 2006).

O acompanhamento do teor de água no solo é uma forma de verificar a efetividade da prática de irrigação, e pode ser realizado de forma indireta, por meio de medidas do potencial matricial da água no solo. Essas medidas tanto em superfície quanto em profundidade podem ser realizadas com a utilização de tensiômetros (Azevedo; Silva, 1999).

2.3.2 Estresse por alagamento

Condições de encharcamento temporário ou prolongado do solo têm sido abordadas como um problema de amplitude global e que podem trazer prejuízos consideráveis à atividade agropecuária. Nessas condições, os espaços ocupados por O_2 no solo são reduzidos, o que limita as trocas gasosas do solo com a atmosfera. O déficit de oxigênio na região radicular acarreta em uma série de alterações no metabolismo das células das raízes, que visam a tolerância das plantas ao estresse por excesso de umidade (Taiz; Zaiger, 2004, Rogge et al, 1998). O encharcamento pode resultar a síndrome da morte do capim Marandu, que já degradou pastagens nas regiões Norte e Centro-Oeste do Brasil (Dias-Filho, 2012).

No decorrer do verão, caracterizado por alta incidência pluviométrica e altas temperaturas, a atividade fisiológica das plantas é intensificada e as áreas de pastagens estão sujeitas a longos períodos de encharcamento do solo. Tal fato pode levar à queda no desenvolvimento da planta em decorrência da falta de oxigênio na zona radicular. Na parte aérea da planta, o resultado do estresse pelo encharcamento é expresso pelo desenvolvimento de clorose e consequentemente a diminuição da capacidade fotossintética (Rodrigues, 2004; Taiz et al., 2017; Dias-Filho, 2012).

Kroth et al. (2015), ao avaliarem o desempenho de cultivares de *U. brizantha* sob condições hídricas do solo observaram, no primeiro corte, decréscimo na massa

seca das folhas nos tratamentos com excesso de água no solo em relação aos mantidos na Capacidade de Campo (CC) de 32,6, 69,5 e 74,4% para os capins Marandu, Piatã e Xaraés, respectivamente. Da mesma forma Holanda (2004), ao avaliar a tolerância de quatro cultivares de *Panicum maximum* ao alagamento, observaram redução na taxa de crescimento relativo em 31, 43, 23 e 21% para as cultivares Milênio, Massai, Mombaça e Tanzânia, respectivamente.

Em relação à influência do alagamento no desenvolvimento das raízes de plantas forrageiras, Silva et al. (2007), ao avaliarem as cultivares de *U. brizantha* e *U. humidícula* em solos alagados e não alagados, encontraram inibição do crescimento de raízes para *U. humidícula* de 35,83% inerente a cultivar comum e 78,03% para cv. Tupi. Para *U. brizantha* os valores de inibição do desenvolvimento de raízes encontrados foram 36,50% e 70,18%, para cv. Marandu e cv. Xaraés, respectivamente. Esses resultados quantificam os prejuízos causados pelo alagamento ou encharcamento no solo em áreas de pastagens.

Em consequência de longos períodos alagados, o déficit de oxigênio na região radicular acarreta diminuição de absorção de água, e estimula a atividade de enzimas ACC- sintase e ACC-oxidase, que são responsáveis pela catalisação da produção do hormônio etileno. O acúmulo de etileno no sistema radicular desencadeia uma desintegração seletiva das células do córtex da raíz. Com a desintegração dessas células, surgem espaços vazios preenchidos por gases, chamados de aerênquimas, que facilitam o movimento do O_2 na planta (Jackson; Colmer, 2005; Taiz et al. 2017;). O arroz, gramínea anual classificada como planta C3, por exemplo, se adapta a condições de alagamento devido à presença de aerênquima no colmo e nas raízes da planta, o qual possibilita trocas gasosas do ar para a camada da rizosfera (Embrapa, 2007). Além da indução de produção do hormônio etileno, uma série de transformações metabólicas é induzida em plantas submetidas ao alagamento do solo.

As mudanças metabólicas, fisiológicas e bioquímicas que ocorrem nos vegetais em condições de estresse, são características adaptativas compensatórias, desenvolvidas ao longo do tempo, como alternativa de manutenção do crescimento e reprodução (Taiz et al., 2017).

2.4 Potencial de Água no solo

Reichardt (1985) define o potencial total da água no solo (ψ) como o trabalho útil necessário para a condução de um infinitesimal de água pura, isotérmica, isobárica e de forma reversível de um reservatório padronizado para o estado considerado no solo. O potencial hídrico representa a energia livre associada às moléculas de água. Existem diferentes tipos de energia que governam a retenção e o movimento da água no solo, sua absorção e translocação nas plantas, bem como sua perda para a atmosfera. Dentre elas, tem-se a energia cinética e a potencial, sendo esta última a principal na determinação do estado e movimento da água no solo.

Para Taiz; Zeiger (2009), é por meio do potencial hídrico que se compreende relações hídricas nas plantas, bem como sua interação com o meio exterior (solo e atmosfera). O potencial total da água no solo é composto por diferentes níveis de energia resultantes das forças: gravitacional, mátrica, pressão e osmótica. Ao considerar que o movimento da água é governado por diferentes energias, deve-se ter em mente que a água se move de um estado de maior energia para um de menor. Dessa forma, é possível prever a direção do movimento da água por meio da identificação nos níveis de energia em diferentes pontos do solo (Villa Nova et al., 1996).

A dinâmica da água no solo é influenciada por todos esses componentes, os quais agem simultaneamente. Nas plantas o potencial hídrico (ψw) é o resultado da soma de vários componentes, entre os mais importantes estão: potencial osmótico (ψs) e o potencial de turgescência (ψp) (pressão) (Taiz; Zeiger, 2009). No solo, por sua vez, o principal componente para determinar o potencial hídrico é o potencial mátrico ou “capilar” que é a energia com que a água está retida nas partículas do solo.

Segundo Bezerra et al. (2012), o potencial matricial está estritamente ligado à umidade, sendo que quanto mais úmido o solo, maior será o seu potencial. Além disso, de acordo com Coelho Netto (2001), o potencial matricial também sofre influência do sistema radicular da vegetação. Em estudo com gramíneas, Coelho Netto (2001) observou que assim que a demanda por água é atendida, o excedente pode gerar fluxos de “tronco”. Segundo Bezerra et al. (2012), esse fluxo do “tronco” ao atingir o solo, pode infiltrar e ser absorvida pelas raízes das plantas ou alimentar o lençol freático. E, estando o solo saturado, pode formar poças e posteriormente o escoamento superficial.

Segundo Cary & Fisher (1983) a determinação do potencial matricial indica quando e quanto de água é necessário na atividade de irrigação. Além disso, Guerra; Guerra (1997), afirmam que o grau de saturação da água do solo pode ser determinado pelo potencial matricial e ressaltam que, na condição de solo saturado, a capacidade de infiltração é excedida e o solo passa a não absorver mais a água. Na condição de solo saturado, a água poderá escoar superficialmente e, assim, dar início ao processo de erosão hídrica.

Dalmago et al (2009) ressaltam que "A relação entre a energia com que a água está retida nos constituintes do solo e o seu conteúdo, é expressa pela curva característica de retenção de água" . A curva característica é um dos requerimentos básicos para estudos dos processos de transferência de água no solo, pois, através dela, é possível determinar o teor de água do solo (θ) em diferentes tensões. A relação entre tensão e umidade, possibilita a determinação da disponibilidade hídrica do solo, bem como o manejo adequado da água a fim de suprir as necessidades hídricas das culturas (Freitas-Junior; Silva, 1984;Costa et al., 2008).

De acordo com Reichardt (1985), vários métodos e aparelhos podem ser utilizados para se obter os dados de disponibilidade hídrica (umidade do solo). Dentre os aparelhos para medição do potencial matricial estão os tensiômetros. Segundo Azevedo; Silva (1999), o tensiômetro consiste em uma cápsula porosa de cerâmica conectada a um tubo de pvc e um tampão que assegura a vedação total do equipamento preenchido com água.

De acordo com Coelho; Teixeira (2004), "Caso a água do solo esteja sob tensão, ela exerce uma sucção sobre o instrumento, retirando água deste, fazendo com que a pressão interna diminua. Como o instrumento é vedado, ocorre à formação do vácuo e a leitura no tensímetro fornece o potencial matricial da água no solo ". Os valores obtidos através da pressão formada dentro do tensiômetro são convertidos em umidade volumétrica a partir da curva característica da umidade do solo.

O ajuste de dados é realizado por meio dos modelos matemáticos, os quais relacionam a tensão de água no solo com a umidade volumétrica. Tensões acima de 80 kPa facilitam a entrada de ar pelos poros da cápsula, e diminui a precisão da leitura. Segundo Neto; Bastos (2013) essa é a principal limitação do uso desse aparelho, principalmente em solos com elevado déficit hídrico.

2.5 Neossolo Flúvico

Os Neossolos, caracterizados como solos pouco evoluídos, com semelhança ao material de origem e pela ausência de horizonte B diagnóstico, ocupam área expressiva no Brasil, aproximadamente 15% do território nacional. Essa classe de solo dispõe de classe de segundo nível categórico que abrange os Neossolos Litólicos, Neossolos Regolíticos, Neossolos Quartzarênicos e Neossolos Flúvicos (Embrapa, 2018).

Os Neossolos Flúvicos são constituídos por sucessão de camadas de natureza aluviar, sem relação pedogenética entre si. Solos minerais, pouco desenvolvidos, não hidromórficos e caracterizados pela presença de horizonte A sustentado por horizonte C, apresentando caráter flúvico em até 150 cm de profundidade, a partir da superfície do solo (IBGE, 2007; Embrapa, 2018).

Essa subordem de solo, tem sua formação em várzeas com melhores drenagens e margens de cursos d'água. Em decorrência disso, possui riscos de inundações frequentes e umidade excessiva, consequente da proximidade do lençol freático á superfície do solo. Os fatores restritivos inerentes ao excesso de umidade, associados a outros, como baixa fertilidade natural, dificuldade de manejo mecanizado decorrente da heterogeneidade de textura e condições de drenagem, acarretam, às plantas cultivadas em Neossolo Flúvico, um intervalo hídrico ótimo reduzido (AGEITEC, 2018). Em solos com intervalo hídrico ótimo reduzido, existe uma grande variação da umidade do solo, podendo predispor as culturas ao estresse por déficit de oxigênio na região radicular, quando este encontra-se com excesso de umidade, e por déficit hídrico causado por ocasião do secamento do solo (Tormena et al., 2007).

Além de grandes variações na disponibilidade hídrica, os Neossolos Flúvicos, possuem uma grande variabilidade de suas propriedades químicas, podendo, em vária regiões do país, se apresentar distróficos, eutróficos, ácidos, e com argilas de reatividade baixa. Essa variabilidade química pode ser atribuída a fatores ligados à sua formação e ação antrópica. Esta última, tem sua influência através da exploração agrícola, principalmente com o uso e manejo inadequado da irrigação. (Chaves et al., 2006).

Gonçalves et al. (2011) ao estudar alterações químicas de um Neossolo Flúvico cultivado com tomateiros e irrigado com água salinas, observaram aumento nos teores de cálcio, sódio, magnésio e potássio no solo, além do aumento da

condutividade elétrica da solução do solo. Esses resultados ressaltam a alteração na composição química do Neossolo Flúvico em função do uso pela agricultura irrigada.

3 METODOLOGIA

3.1 Local do Experimento

O experimento foi conduzido entre os meses de junho e agosto de 2018, em casa de vegetação, com dimensões de 15 metros de largura por 33 metros de comprimento, localizada na Universidade Federal do Mato Grosso –, UFMT, Campus de Rondonópolis, no Instituto de Ciências Agrárias e Tecnológicas-ICAT, com coordenadas geográficas de 16°28’ Latitude Sul, 50°34’ Longitude Oeste e altitude de 284 m.

O tipo climático segundo a classificação Köppen é Aw, caracterizado como quente e úmido com duas estações bem definidas: verão chuvoso e inverno seco (Kottek et al., 2006).

O monitoramento da temperatura e umidade relativa do ar foi realizado com auxílio de um termohigrômetro instalado no interior da casa de vegetação a uma altura de 1,5 metros. As leituras foram realizadas diariamente as 16:30 h, obtendo a média da temperatura e umidade relativa do ar durante a condução do experimento, que foram 26,4°C e 61% respectivamente

3.2 Coleta e caracterização do solo

O solo utilizado foi um Neossolo Flúvico, com textura franco-arenosa, coletado na camada de 0 - 0,20 m de profundidade, na região de Rondonópolis – MT. O local de coleta localiza-se nas coordenadas geográficas 16°31’ Latitude Sul, 54°45’ Longitude Oeste. Após a coleta, o solo foi peneirado em malha de 4 mm, e acondicionado em sacos plásticos.

Para realização da caracterização química e granulométrica (Tabela 1), coletou-se amostras simples de solo, que foram homogeneizadas em um recipiente para obter uma amostra composta.

Tabela 1. Análise química e granulométrica de Neossolo Flúvico coletado na camada de 0- 0,20 m

pH $CaCl_2$	P	K	S	Ca	Mg	Al	H+Al	CTC	M.O.	V	m
	--mg dm^{-3}--			----------$cmol_c$ dm^{-3}----------					g kg^{-1}	---%---	
5,3	20,4	47	2	4,3	0,8	0,0	2,7	7,9	21,0	65,9	0,0

Zn	Mn	Cu	Fe	B	Argila	Silte	Areia
----------mg dm^{-3}----------					----------g kg^{-1}----------		
10,5	68,0	0,8	93	0,13	145	150	705

P = Fósforo; K = Potássio; S = Enxofre; Ca = Cálcio; Mg = Magnésio; Al = Alumínio; M.O. = Matéria Orgânica; V = Saturação por Bases; m = Saturação por alumínio; Zn = Zinco; Mn = Manganês; Cu = Cobre; Fe = Ferro; B = Boro

Realizou-se adubação com fósforo, potássio, nitrogênio e micronutrientes conforme recomendação de Bonfim-Silva et al. (2011). As recomendações para fósforo (P_2O_5), potássio (K_2O) e nitrogênio (N) foram de 150, 100 e 200 mg dm^{-3}, respectivamente, cujas fontes utilizadas foram o superfosfato simples, cloreto de potássio puro para análise e ureia. A adubação fosfatada e de micronutrientes foi realizada na semeadura.

As adubações potássica e nitrogenada, foram realizadas por meio de diluição em água. A solução com KCl foi aplicada na implantação do experimento e na sequência de cada corte, como adubação de reposição. A solução com nitrogênio foi parcelada em três aplicações, sendo a primeira realizada aos 9 dias após a emergência das plântulas (imediatamente ao segundo desbaste), e as outras duas, passados 7 dias da aplicação anterior. Esse manejo repetiu-se a cada corte, sendo o primeiro parcelamento aplicado em seguida do corte, o segundo e o terceiro parcelamento com 7 e 14 dias após o primeiro.

A adubação com micronutrientes foi realizada utilizando-se ácido bórico, sulfato de cobre, cloreto de manganês, sulfato de zinco, ácido molibídico, nas recomendações de 5,72 mg dm^{-3}, 3,93 mg dm^{-3}, 10,95 mg dm^{-3}, 13,51 mg dm^{-3}, 0,3 mg dm^{-3}, respectivamente. A aplicação dos nutrientes foi realizada por meio de solução.

3.4 Curva de retenção de água no solo

A curva característica de retenção de água no solo foi realizada pelo preenchimento de vasos, com capacidade de 5 dm^3, com Neossolo Flúvico, em quatro repetições. Concomitantemente, foram retiradas amostras do solo e alocadas em latinhas de alumínio previamente identificadas e pesadas, para determinação da umidade do solo em estufa de ventilação forçada a 105ºC. Obtido o peso do solo úmido e solo seco em estufa, por diferença, determinou-se a massa de água contida na amostra. Assim, utilizou-se equação 1 para obtenção do teor de água no solo.

$$\theta m = \frac{ma}{ms} \; X \; 100 \qquad \textbf{(1)}$$

Em que:

θm - umidade do solo;

ma - massa da água;

ms - massa do solo seco.

O teor de água do solo no momento do preenchimento dos vasos foi de 21,44%. Esse parâmetro foi utilizado para obtenção da densidade do solo através da equação 2.

$$Ds = \frac{ms}{V} \qquad \textbf{(2)}$$

Em que:

Ds - Densidade do solo;

ms - massa do solo seco;

V = volume ocupado pelo solo.

Para obtenção da tensão da água no solo, utilizaram-se quatro vasos com capacidade de 5 dm^3. Em cada vaso foi instalado um tensiômetro. Para isso, utilizou-se um trado de rosca, que foi inserido no centro do vaso, abrindo um orifício de 10 cm de profundidade para alocação do tensiômetro e, então, foi verificado se o mesmo estava totalmente aderido ao solo (Figura 1).

Os vasos foram colocados em recipiente com capacidade de 500 litros (Figura 7), onde adicionou-se água até atingir dois terços da altura dos vasos, visando a saturação hídrica do solo via capilaridade por um período de vinte e quatro horas.

Figura 1. Recipiente com água para saturação via capilaridade dos vasos com Neossolo Flúvico.

Após a obtenção da saturação, os vasos foram retirados do recipiente com água e alocados de forma a possibilitar a drenagem. Ao cessar a drenagem do excesso de água do solo por gravidade, obteve-se a capacidade máxima de retenção de água no solo ou Capacidade de Campo (CC).

A partir da Capacidade de Campo, iniciaram-se as leituras dos tensiômetros com auxílio de um tensímetro digital, seguidas das pesagens dos vasos em balança digital com precisão de 5 gramas.

Foram realizadas duas leituras diárias, uma no início da manhã e outra no final da tarde, por um período de 30 dias, obtendo-se tensão máxima de 61 kPa. Após esse período de coleta de dados, a umidade em massa foi obtida para cada tensão. Para isso, subtraiu-se o peso dos vasos vazios e o peso dos tensiômetros preenchidos com água da pesagem dos vasos em cada leitura, que foram obtidos anteriormente ao início do ensaio, resultando na massa somente do solo e da água. Assim, as umidades em massa (g g^{-1}) do solo em cada tensão foram definidas pela equação 3.

$$\theta m = \frac{msu - mss}{mss} \quad \textbf{(3)}$$

Em que:

θm - Umidade do solo

msu - massa do solo úmido

mss - massa do solo seco

A partir do parâmetro de umidade em massa (g g^{-1}) e multiplicando-a pela densidade do solo, obteve-se a umidade em volume (cm^3 cm^{-3}).

O ajuste da curva de retenção de água no solo foi realizado com o auxílio do software Soil Water Retention Curve (SWRC) versão 3.0 beta (Dourado-Neto, 2000). O modelo utilizado para estimar a curva de retenção de água no solo foi o de van Genuchten (1980), demonstrando a disponibilidade hídrica em função das tensões de água no solo através da equação 4:

$$\theta v = \theta r + \frac{\theta s - \theta r}{[1+(\alpha\,|\Psi m|))^{n}]^{m}} \quad \textbf{(4)}$$

Em que:

θv - umidade a base de volume (cm^3 cm^{-3});

θr - umidade residual (cm^3 cm^{-3});

θs - umidade de saturação (cm^3 cm^{-3});

Ψm - Potencial matricial (cm);

α,n,m – parâmetros do modelo.

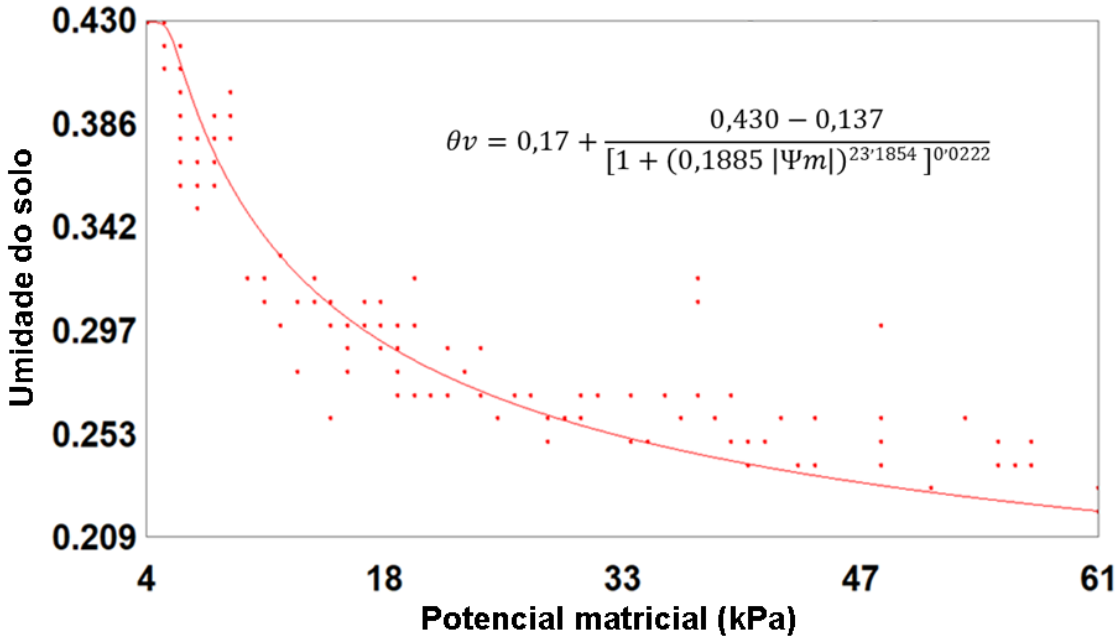

Figura 2. Curva de van Genucthen – Retenção de água no solo e equação de umidade do solo obtidos pelo programa Soil Water Retention Curve (versão 3.0).

A partir da curva de retenção de água no solo, foi possível realizar a correspondência entre as tensões de água no solo e umidade volumétrica do solo dos tratamentos, que pode ser observa na Tabela 2.

Tabela 2. Tensão de água em Neossolo Flúvico com volumes de água correspondentes.

Tensão (kPa)	Umidade volumétrica ($cm^3\ cm^{-3}$)
0	0,43
10	0,34
20	0,28
30	0,26
40	0,24
50	0,23

3.5 Instalação dos tensiômetros

Os tensiômetros utilizados passaram por teste de pressão de borbulhamento de ar no Laboratório de Hidráulica do Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Mato Grosso (UFMT) – Campus de Rondonópolis. Para realização do teste, as capsulas dos tensiômetros foram mantidas submersas em água por um período 24 horas. Após esse período de saturação das capsulas porosas, cada tensiômetro foi testado individualmente, e, para isso, foram totalmente submersos em água e receberam uma pressão inicial equivalente a 50 kPa, elevando-se gradativamente até chegar a uma pressão equivalente a 100 kPa, que é superior a pressão máxima de funcionamento dos tensiômetros, a fim de verificar possíveis vazamentos pela estrutura do tensiômetro. Posteriormente ao teste, os tensiômetros tiveram suas capsulas imersas em água por 48 horas para saturação das mesmas.

O total de tensiômetros instalados foi de 45 unidades no experimento, de forma que cada cultivar em cada tensão recebesse três tensiômetros. Essa distribuição foi realizada por sorteio. Para a unidade que não recebeu o tensiômetro realizou-se a média das outras três parcelas distribuídas nos demais blocos. Vale salientar que os vasos constituintes do tratamento de 0 kPa não receberam tensiômetro, pois foram mantidos com coluna d'água 5 cm acima da superfície do solo.

3.6 Semeadura da *Urochloa* e condução do experimento

A semeadura das cultivares de *Urochloa brizantha* foi realizada no dia 01 de junho de 2018. Cada unidade experimental recebeu cerca de 50 sementes. A emergência ocorreu 5 dias após a semeadura. O primeiro desbaste ocorreu com 4 dias após a emergências (DAE), deixando-se 9 plantas por vaso. No nono dias após a emergência fez-se o segundo desbaste, mantendo-se, por fim, cinco plantas vigorosas por unidade experimental.

No décimo dia após a emergência, quando as plantas atingiram cerca de 10 cm de altura iniciou-se a diferenciação das tensões e leitura dos tensiômetros utilizando-se tensímetro digital com precisão de 0,1 MPa. Os tratamentos com tensão zero, foram alagados mantendo-se uma lâmina d'água de aproximadamente 3 cm acima do nível do solo.

As leituras das tensões foram realizadas duas vezes ao dia, a primeira no período da manhã (entre 7:00 e 8:00 h) e a segunda no final da tarde (entre 16:00 e

17:00 h), abrangendo os períodos com temperatura mais amena dentro da casa de vegetação, pois altas temperaturas influenciam na leitura dos tensiômetros devido a alta evaporação da água no solo. Na sequência da segunda leitura, fazia-se a reposição de água dos tensiômetros.

A reposição de água nos vasos foi realizada duas vezes ao dia, com base na correlação umidade do solo com a tensão obtida após a leitura com tensímetro digital. Após a leitura, os valores de tensões eram tabulados em uma planilha do Excel, que fornecia, automaticamente, os volumes de água a serem adicionados em cada unidade experimental, com base na diferença entre a umidade referente a tensão inerente de cada tratamento e a umidade referente a tensão obtida no momento da leitura. A reposição de água era realizada manualmente, com o auxílio de um Becker de 250 mL e seringa de 25 mL.

3.7 Variáveis Analisadas

As avaliações foram realizadas por ocasião dos cortes com intervalos de 30 dias. Os cortes das plantas foram realizados a 5 cm da superfície do solo. As variáveis analisadas foram: altura de planta (cm), número de perfilhos, diâmetro de colmo (mm), número de folhas, massa seca de folhas (g vaso^{-1}), massa seca de colmos (g vaso^{-1}), massa seca da parte aérea (g vaso^{-1}), relação folha/colmo+bainha, área foliar (cm² vaso^{-1}), teor de água nas folhas (%), massa específica foliar, grau de suculência foliar, índice SPAD e eficiência do uso da água. No terceiro e último corte, além das variáveis já citadas, determinou-se o volume e massa seca das raízes.

A altura de plantas foi determinada com auxílio de régua graduada, onde media-se a distância vertical do nível do solo até curvatura da última folha expandida do dossel forrageiro. Número de folhas e perfilhos foram obtidos por contagem. O diâmetro de colmo foi obtido com base na média do diâmetro das cinco plantas de cada unidade experimental, utilizando-se o paquímetro digital (Figura 3 A). A leitura SPAD (Soil Plant Analysis Development) foi realizada com base na média de cinco folhas recém-expandidas (folhas diagnosticas +1 e +2 de cada vaso) com o auxílio do clorofilômetro portátil SPAD 502-Plus (Figura 3 B), obtendo-se, de forma rápida e não destrutiva, índices indiretos de clorofila presentes nas folhas das plantas.

Figura 3. Determinação do diâmetro de colmo com auxílio de paquímetro digital (A); Determinação do índice de clorofila por meio do clorofilômetro Minolta SPAD- 502 (B).

A relação folha/colmo+bainha corresponde a razão entre a massa seca de folhas e massa seca de colmos de cada parcela experimental.

Após os cortes, houve a separação em lâmina foliar e colmo. As folhas expandidas das plantas de cada vaso foram passadas no integrador de área foliar LI-3100 Area Meter (LI-COR Bio-Science) para determinação da área foliar. O material *in natura* foi pesado e colocado em sacos de papel devidamente identificados, posteriormente foram alocados em estufa de ventilação forçada a 65°C até peso constante.

No terceiro corte, foram coletadas as raízes e lavadas em malha de 4 mm (Figura 4 A). Para determinação do volume de raiz, utilizou-se uma proveta contendo volume de água conhecido (Figura 4 B). Observou-se o volume de água deslocado, sendo este, considerado o volume das raízes em milímetros (mm).

Figura 4. Lavagem de raízes em peneira de 4mm (A); Determinação de volume de raiz em proveta graduada com capacidade para 1000 mL (B).

Após a determinação do volume, foi retirado o excesso de água contido nas raízes, estas foram então alocadas em sacos de papel devidamente identificados e secas em estufa de ventilação forçada a 65°C até peso constante, para determinação da massa seca.

O teor de água nas folhas foi obtido de acordo com Embrapa (2008), e expresso em massa seca pela equação 5.

$$\mathrm{TAF} = \frac{\mathrm{MA}}{\mathrm{MS}}\text{, portanto} \qquad \textbf{(5)}$$

$$\mathrm{TAF} = \frac{(\mathrm{MF} - \mathrm{MS})}{\mathrm{MS}} x\ 100$$

Em que:

TAF - Teor de água nas folhas (%)

MA - Massa de água (g)

MF - Massa fresca das folhas (g)

MS - Massa secas das folhas (g)

A massa específica foliar e grau de suculência foliar foram determinados segundo a metodologia de Sousa et al. (2010) e podem ser expressas pelas equações 7 e 8.

- **Massa específica foliar**

$$\mathrm{MEF} = \frac{\mathrm{MS}}{\mathrm{AF}} \quad \textbf{(6)}$$

Em que:

MEF - Massa específica foliar (g cm^{-2})

MS - Massa secas das folhas (g)

AF - Área foliar (cm^2)

- **Grau de suculência foliar**

$$\mathrm{GSF} = \frac{(\mathrm{MF} - \mathrm{MS})}{\mathrm{AF}} \quad \textbf{(7)}$$

Em que:

GSF - Grau de suculência foliar (g de água dm^{-2})

MF - Massa fresca das folhas (g)

MS - Massa secas das folhas (g)

AF - Área foliar (cm^2)

Os resultados foram submetidos à análise de variância pelo teste F a 5 % de probabilidade. Os fatores qualitativos (cultivares) foram submetidos ao teste de Tukey e fatores quantitativos (tensões de água no solo) ao teste de regressão, ambos até 5 % de probabilidade. O programa estatístico utilizado foi o SISVAR versão 5.6 (Ferreira, 2011).

3.3 Delineamento e Parcelas Experimentais

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso (Figura 5), em esquema fatorial 3 x 6, com quatro repetições obtendo um total de 72 parcelas experimentais. Os tratamentos consistiram de três cultivares de *Urochloa brizantha* (*Urochloa*

brizantha cv. Piatã, *Urochloa brizantha* cv. Paiaguás e *Urochloa brizantha* cv. Braúna) e seis tensões de água no solo (0, 10, 20, 30, 40 e 50 kPa).

Figura 5. Vista geral do experimento com cultivares de Urochloa brizantha (Braúna, Paiaguás e Piatã) sob tensões de água no solo (0, 10, 20, 30, 40, e 50 kPa) aos 7 dias após primeiro corte das plantas

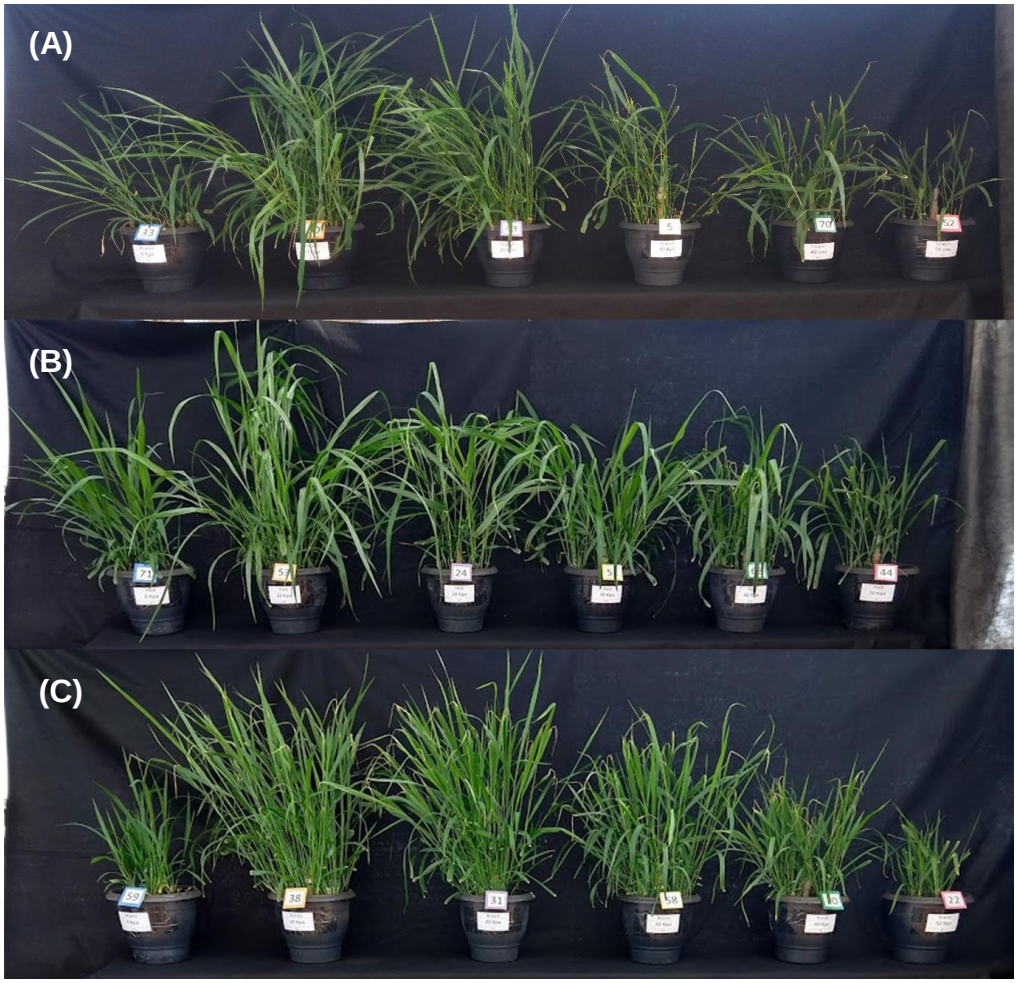

Figura 6. Urochloa brizantha cv. Paiaguás (A), cv. Piatã (B) e cv. Braúna, submetidas às tensões de água no solo de 0, 10, 20, 30, 40, e 50 kPa aos 30 dias após primeiro corte

Cada parcela experimental foi constituída de um vaso plástico de polietileno, com capacidade de 5,0 dm^3 preenchido com 5 kg de Neossolo Flúvico. Os vasos foram distanciados a 10 cm um do outro e dispostos sobre bancadas situadas na direção Norte-Sul e a 80 cm de altura em relação a superfície do solo.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Índice de Clorofila

O Índice de clorofila foi influenciado pelas tensões de água no solo e diferenciou-se entre as cultivares de forma isolada nas três avaliações. Observa-se que os maiores valores de índice de clorofila foram alcançados pela cultivar Piatã (53,35, 56,26 e 50,91) no decorrer dos cortes (Tabela 3). O Índice de clorofila foi alterado pelas tensões (P< 0,05) pelas tensões de água no solo, independente da cultivar avaliada, na primeira e terceira avaliação (Figura 7 A e B), ajustando-se ao modelo quadrático de regressão.

Tabela 3. Índice de clorofila das cultivares de *Urochloa brizantha* nos três cortes

	Índice de clorofila		
Cultivares	1° Corte	2° Corte	3° Corte
Braúna	51,23 B	51,46 B	46,51 B
Paiaguás	51,81 AB	50,68 B	44,72 B
Piatã	53,35 A	56,26 A	50,91 A
CV (%)	4,68	7,14	13,10

Médias seguidas de letra maiúscula na vertical para cultivares de *Urochloa brizantha* não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. CV (%) – Coeficiente de variação.

Os valores máximos de índice de clorofila (54,55 e 50,01) foram verificados nas tensões de 23,9 e 19,11 kPa, para o primeiro e segundo corte, respectivamente (Figura 7 A e B). Observa-se que houve redução inicial dessa variável nos tratamentos com alagamento (0 kPa) como efeito do estresse por hipóxia. No entanto, como pode ser verificado no terceiro corte, os valores de índice de clorofila referentes a condição de alagamento foram maiores. Esse resultado pode ser atribuído à adaptação da planta a condição de hipóxia.

Em relação aos tratamentos com menor potencial de água no solo, obteve-se os menores valores de índice de clorofila, evidenciando uma diminuição do teor de clorofila em função da restrição hídrica. Resultado semelhante foi demonstrado por Beloni et al. (2016), que analisando respostas fisiológicas, morfológicas e capacidade de recuperação de cultivares de *Paspalum* e *U. Brizantha* sob estresse hídrico,

observaram diminuição do índice de clorofila em função da queda do teor de água no solo.

O efeito do baixo teor de água no solo sobre o resultado do índice de clorofila das cultivares, pode ser estar vinculado a queda no transporte, via fluxo de massa, do nitrogênio que é restrito em solo seco. A diminuição da disponibilidade hídrica prejudica o transporte desse nutriente até a rizosfera, dessa forma sua absorção é diminuída (Malavolta, 1980; Marino et al., 2007; Kunrath et al., 2018,).

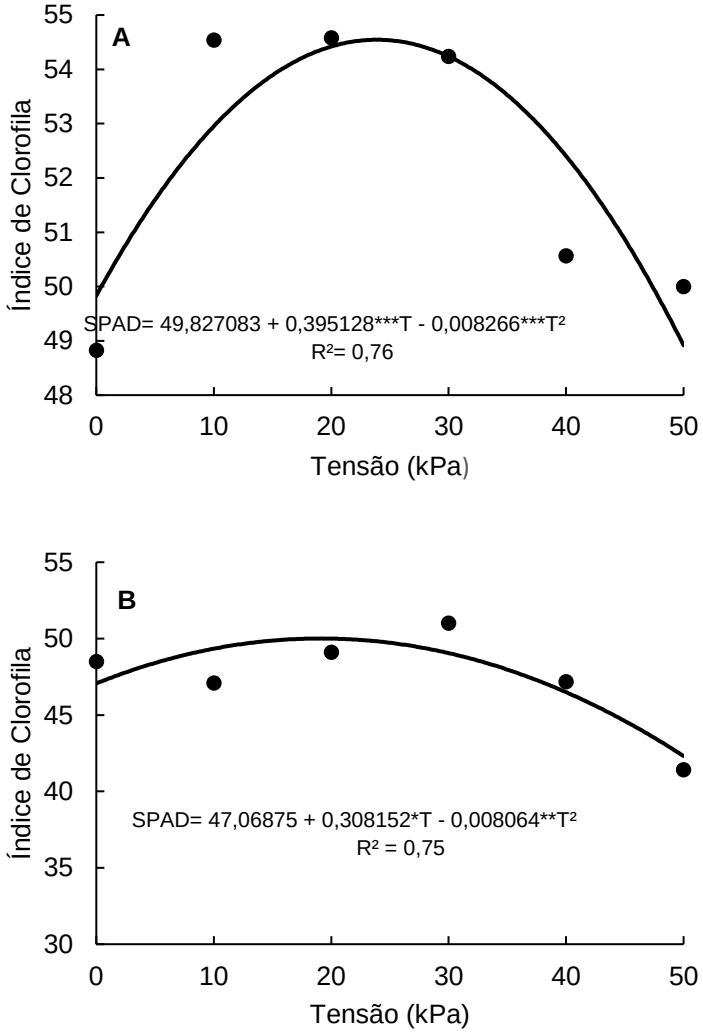

Figura 1. Índice de clorofila em função das tensões de água no solo no primeiro (A) e terceiro cortes (B). T- Tensão. ***, **, * Significativo a 0,1, 1 e 5% de probabilidade, respectivamente.

4.2 Número de Perfilhos

O número de perfilhos das cultivares de *U. brizantha* foi influenciado pela tensão de água no solo. Houve interação entre cultivares e tensões de água no solo nos três cortes. Quando observado o estudo das tensões dentro das cultivares, no

primeiro e segundo cortes, as cultivares se igualaram estatisticamente somente quando submetidas a tensão zero de água no solo, já no terceiro corte houve diferença para as tensões 10, 20 e 30 somente (Tabela 4). A cultivar Braúna se destaca com os maiores valores de perfilhamento em relação às cultivares Paiaguás e Piatã.

Tabela 4. Número de Perfilhos de cultivares de *Urochloa brizantha* sob tensões de água em Neossolo Flúvico

Número de Perfilhos						
Primeiro Corte						
Cultivar	Tensão (kPa)					
	0	10	20	30	40	50
Braúna	3,73 A	10,15 A	9,0 A	8,65 A	6,25 A	4,49 A
Paiaguás	3,55 A	5,40 B	2,95 B	3,0 B	2,75 B	2,40 B
Piatã	3,95 A	3,55 C	2,95 C	3,0 C	2,75 B	2,40 B
CV (%)	16,39					
Segundo Corte						
Cultivar	Tensão (kPa)					
	0	10	20	30	40	50
Braúna	7,05 A	20,40 A	18,73 A	17,40 A	10,45 A	7,6 A
Paiaguás	4,20 A	11,90 B	14,05 B	7,55 B	8,0 B	2,8 B
Piatã	4,6 A	7,6 C	6,95 C	7,25 B	5,4 B	2,5 B
CV (%)	21,19					
Terceiro Corte						
Cultivar	Tensão (kPa)					
	0	10	20	30	40	50
Braúna	10,21 A	34,05 A	26,8 A	23,05 A	8,85 A	5,505 A
Paiaguás	5,65 A	13,4 B	16,1 B	8,14 B	5,75 A	2,5 A
Piatã	3,95 A	11,9 B	9,7 C	9,35 B	4,2 A	1,55 A
CV (%)	25,08					

Médias seguidas de letra maiúscula na vertical para cultivares de *Urochloa brizantha* não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. CV(%) – Coeficiente de variação.

As tensões que proporcionaram os maiores números de perfilhos, no primeiro corte foram de 23,56, 20,15, 0,03 kPa referentes aos capins Braúna, Paiaguás e Piatã, respectivamente.

O número de perfilhos, no primeiro corte, foi descrito por modelo quadrático de regressão para os capins Braúna e Paiaguás, com maiores produções de 9,46 e 3,08, respectivamente (Figura 8 A). O perfilhamento para o capim Piatã, ajustou-se ao modelo linear de regressão, tendo decréscimo no número de perfilhos de 0,79%. Esse resultado mostra a pouca influência da disponibilidade hídrica sobre o perfilhamento para essa cultivar.

No segundo corte, o número de perfilhos ajustou-se ao modelo quadrático de regressão para as três cultivares, observando-se maior número de perfilhos nas tensões de 22,77, 22,17 e 21,8 kPa para as cultivares Braúna (19,01), Paiaguás (11,90) e Piatã (7,60), respectivamente (Figura 8 B). Em condição de alagamento, os capins Braúna, Paiaguás e Piatã, obtiveram, respectivamente, queda no número de perfilhos de 58,01%, 74,56% e 91,22% quando comparados com o perfilhamento máximo, o que demonstrou a maior capacidade de emitir perfilhos em tensões mais baixas de água no solo.

O perfilhamento, no terceiro corte, foi descrito por modelo quadrático de regressão para as cultivares Braúna, Paiaguás e Piatã, que apresentaram produção máxima de 27,41, 12,84 e 10,39, obtidas nas tensões de 19,93; 20,05; 18,36 kPa, respectivamente (Figura 8 C). Houve maior número de perfilhos para o capim Braúna em relação aos demais. Observa-se que o perfilhamento para as cultivares de *U. brizantha* é dependente da disponibilidade hídrica do solo, pois em condição de déficit hídrico houve queda de 97,78% no perfilhamento da Braúna, seguida da cultivar Piatã (94,32%) e Paiaguás (94%).

Esses resultados corroboram os apresentados por Beloni et al. (2016) que estudando respostas morfológicas e fisiológicas de acessos de *Paspalum* submetidos ao déficit e excesso de água no solo, encontraram redução do perfilhamento de em condição de déficit hídrico. Da mesma forma, Araújo et al. (2011) observaram redução do perfilhamento em cultivares de *U. brizantha* somente em níveis mais baixos de água no solo.

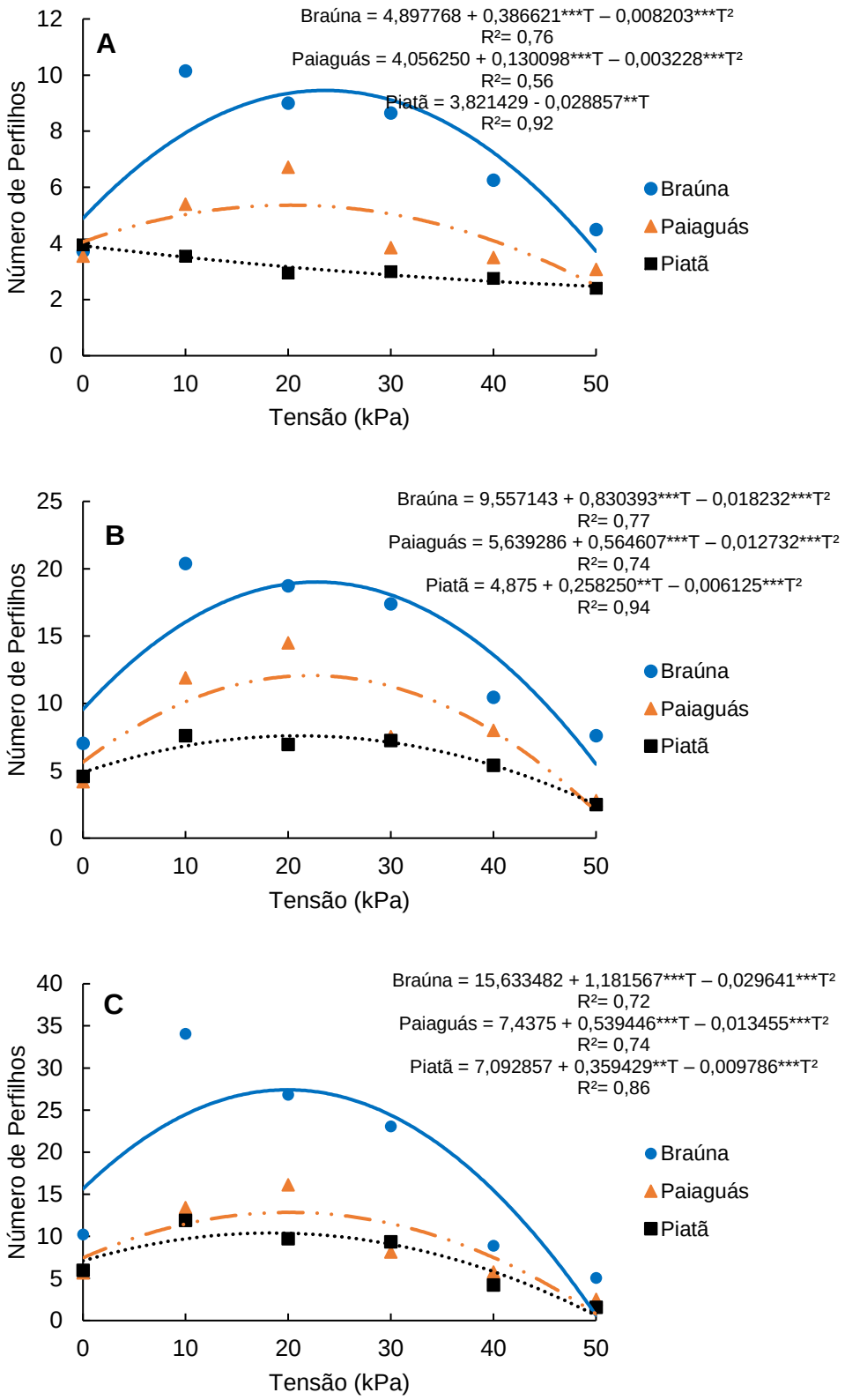

Figura 2. Número de perfilhos dos capins Braúna, Paiaguás e Piatã, no primeiro (A), segundo (B) e terceiro corte (C) em função de tensões de água no solo. T – Tensão. ***, ** Significativo a 0,1 e a 1% de probabilidade, respectivamente.

4.3 Diâmetro de Colmo

O diâmetro de colmo foi influenciado pelas tensões de água no solo e cultivares (Tabela 5 e Figura 9). Em relação às cultivares, observa-se que os maiores valores de diâmetro de colmo foram apresentados para cultivar Piatã (Figura 11), nas três avaliações.

Tabela 5. Diâmetro de colmo de cultivares de *U. brizantha* sob tensões de água em Neossolo Flúvico

	Diâmetro de Colmo		
Cultivar	1° Corte	2° Corte	3° Corte
Braúna	2,78 C	2,41 C	1,46 C
Paiaguás	3,71 B	2,82 B	1,84 B
Piatã	4,51 A	3,15 A	2,55 A
CV (%)	22,17	20,98	22,2

Médias seguidas de letra maiúscula na vertical para cultivares de *Urochloa brizantha* não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. CV(%) – Coeficiente de variação.

O diâmetro de colmo foi influenciado pelas tensões de água no solo no primeiro e terceiro cortes (Figura 9 A e B). Observa-se que no primeiro corte esta variável ajustou-se ao modelo quadrático de regressão onde o maior diâmetro de colmo (3,86 mm) foi obtido na tensão de 30,22 kPa (Figura 9 A).

O diâmetro de colmo, no terceiro corte, ajustou-se ao modelo linear de regressão. Observou-se decréscimo de 35,87% quando comparada a menor tensão (0 kPa) com a tensão de 50 kPa (Figura 9 B). Em concordância com o presente estudo, trabalhos apresentados por Kroth et al. (2015) e Santos et al. (2013) observaram menor produção de colmos em função da restrição de água.

Pode-se observar que os valores de diâmetro de colmo diminuíram para a terceira avaliação, pois nesta última ocasião, as plantas apresentaram florescimento precoce, iniciando assim um processo de transferência de nutriente em reserva para as sementes.

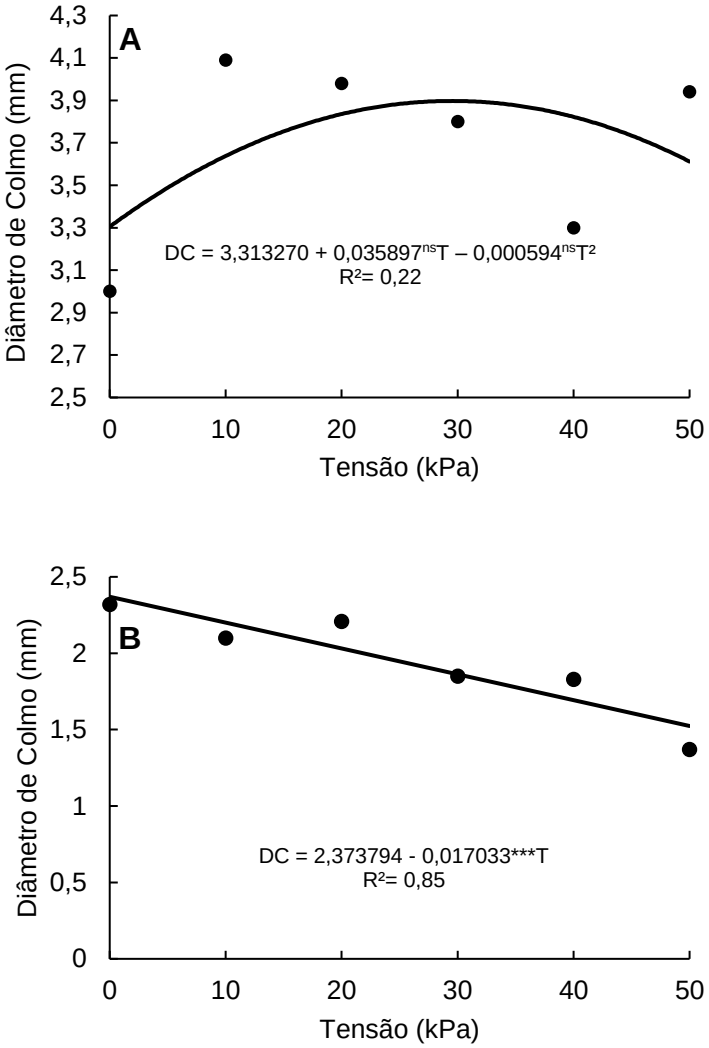

Figura 3. Diâmetro de Colmo de cultivares de Urochloa brizantha em função de tensões de água no solo no primeiro (A) e terceiro corte (B). *T- Tensão. DC – Diâmetro de colmo. *** Significativo a 0,1 de probabilidade; ns não significativo*

4.4 Altura de Planta

A altura de plantas foi influenciada pelas tensões de água no solo e cultivares, isoladamente, no primeiro e terceiro cortes (Tabela 6 e Figura 12). No segundo corte observou-se interação entre cultivares e tensão de água no solo (Tabela 6 e Figura 12 B). Em relação às cultivares, nas três avaliações, o capim Piatã apresentou as maiores alturas mesmo em condições de déficit hídrico, onde observou-se decréscimo de 38,04% em comparação com a altura máxima de 89,76 cm obtida na tensão de 16,41 kPa (Tabela 6 e Figura 10 B). A maior altura obtida pelo capim Piatã foi em função da produção de folhas mais longas e da maior participação da fração colmo

que deu maior sustentação às folhas. Na segunda avaliação, as cultivares diferenciaram-se, estatisticamente, nas tensões de 0, 10, 20 e 30 kPa.

Tabela 6. Altura de planta de cultivares de *U. brizantha* submetidas a tensões de água em Neossolo Flúvico

Altura de Planta						
Primeiro Corte						
Braúna	2,78 C					
Paiaguás	3,71 B					
Piatã	4,51 A					
CV (%)	7,82					
Segundo Corte						
Cultivar	Tensão (kPa)					
	0	10	20	30	40	50
Braúna	49,78 B	68,93 B	68,96 B	66,3 B	59,0 A	39,23 A
Paiaguás	59,23 B	81,98 A	78,58 AB	59,15 B	56,95 A	40,55 A
Piatã	78,4 A	92,75 A	84,0 A	86,15 A	67,9 A	48,58 A
CV (%)	16,39					
Terceiro Corte						
Braúna	2,78 C					
Paiaguás	3,71 B					
Piatã	4,51 A					
CV (%)	17,18					

Médias seguidas de letra maiúscula na vertical para cultivares de *Urochloa brizantha* não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. CV (%) – Coeficiente de variação.

Com relação ao efeito das tensões sobre a altura de planta, no primeiro corte, houve ajuste ao modelo quadrático de regressão. A maior altura de planta (62,30 cm) foi observada na tensão de 23,68 kPa (Figura 10 A).

No segundo corte, a altura das cultivares foi descrita pelo modelo quadrático de regressão, onde as tensões que resultaram em maior altura para os capins Braúna, Paiaguás e Piatã foram de 21,96, 17,13 e 16,41 kPa (Figura 10 B). As três cultivares demonstram alturas aproximadas e restritas em baixa disponibilidade hídrica no solo.

As maiores alturas para as cultivares Braúna, Paiaguás e Piatã, foram de 70,74, 74,80 e 89,76 cm, sendo o capim Piatã o detentor da maior altura. Esse resultado corrobora os resultados apontados por Mass Junior et al. (2016) que, ao analisarem resposta de crescimento de gramíneas em níveis de umidade do solo, observaram que o capim Piatã, dentre as cultivares de *U. brizantha* estudadas, obteve a maior altura em condição de umidade de 50% da capacidade de campo.

No terceiro corte, a tensão que proporcionou maior altura para as cultivares foi a de 13,46 kPa (Figura 10 C). Observa-se que, nesta avaliação, os menores valores de altura foram obtidos nas maiores tensões de água no solo. Quando comparado a altura máxima com a menor obtida na tensão de 50 kPa tem-se um decréscimo na altura de 62,46%, em contrapartida, quando essa comparação é feita com a altura obtida na tensão de 0 kPa o decréscimo é de 8,46%.

A maior restrição de crescimento das cultivares em déficit hídrico comparado com alagamento pode ser explicado pelo desenvolvimento de mecanismo adaptativos ao excesso de água no solo, como o desenvolvimento de raízes adventícias e alongamento de colmos, pois, durante o período de estresse por redução de níveis de oxigênio no solo, as plantam podem mudar sua arquitetura, anatomia, metabolismo e crescimento como estratégia de sobrevivência (Kibbler; Bahnisch, 1999; Bailey-Serres; Voesenek 2008).

Araújo et al. (2011) analisando o estabelecimento de *U. brizantha* cv Marandu sob níveis de disponibilidade hídrica do solo observaram que a menor altura foi observada nos tratamentos de extrema escassez de umidade no solo, corroborando os resultados obtidos neste estudo.

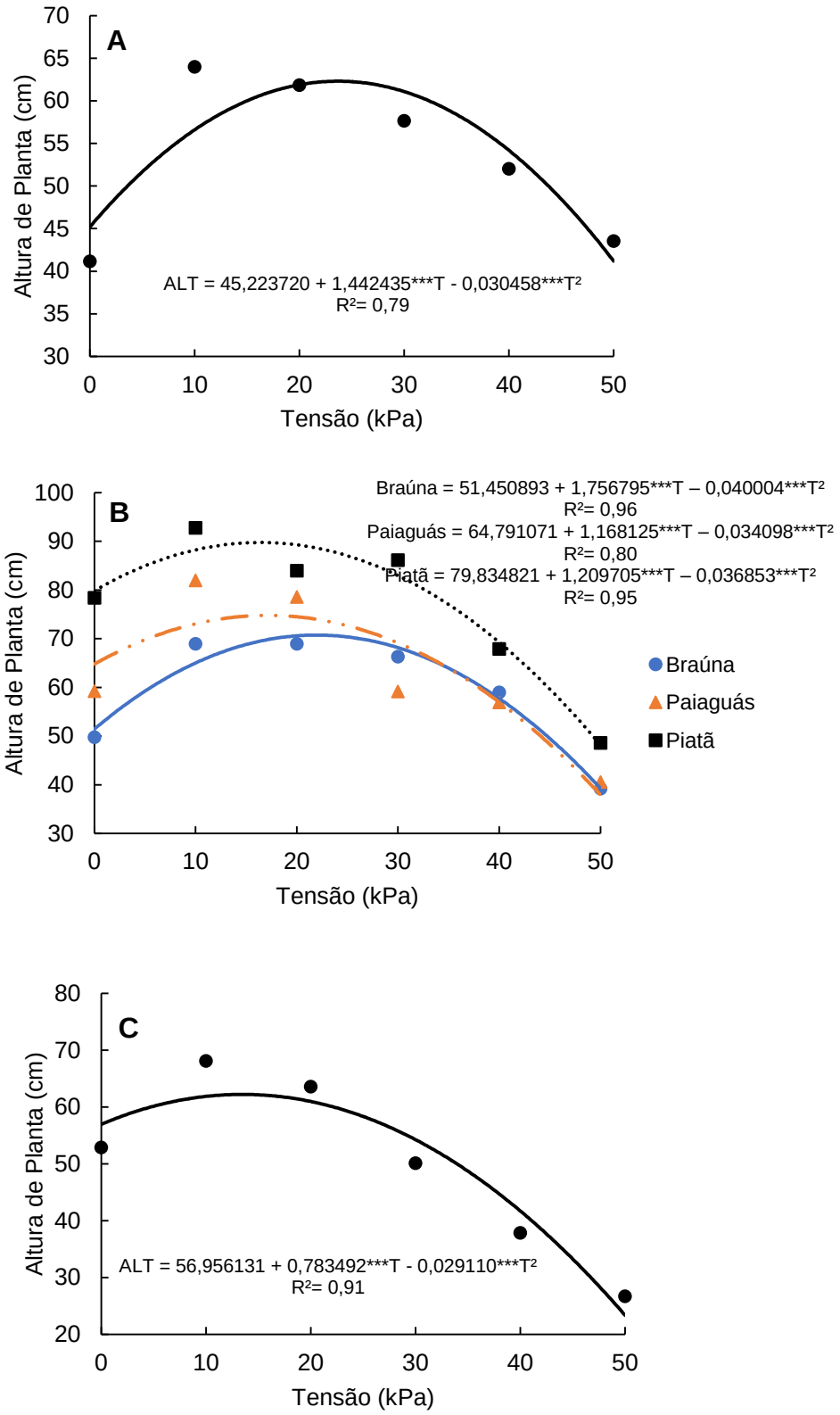

Figura 4. Altura de planta de cultivares de Urochloa brizantha submetidas a tensões de água no solo no primeiro (A), segundo (B) e terceiro cortes (C). *T- Tensão. ALT – Altura de Planta. *** Significativo a 0,1 de probabilidade.*

4.5 Área Foliar

A área foliar apresentou efeito de interação entre as cultivares e tensão de água no solo no primeiro e segundo corte, e, no terceiro corte, efeito significativo para tensões somente (Tabela 7 e Figura 111). No primeiro corte, as cultivares diferiram-se, estatisticamente, nas tensões de 0, 10, 20 e 30 kPa sendo o capim Paiaguás o detentor dos maiores valores de área foliar, com exceção na tensão de 0 kPa (Tabela 7).

Tabela 7. Área foliar de cultivares de *U. brizantha* submetidas a tensões de água em Neossolo Flúvico

Área Foliar (cm² vaso^{-1})						
Primeiro Corte						
Cultivar	Tensão (kPa)					
	0	10	20	30	40	50
Braúna	609,3 B	2328,7 B	1981,7 B	1826,2 B	1266,5 A	939,5 A
Paiaguás	947,7 AB	3190,2 A	2891,9 A	1631,8 A	1631,8 A	1005,3 A
Piatã	1241,7 A	2909,9 A	2336,0 B	1552,8 A	1552,8 A	998,5 A
CV (%)	12,53					
Segundo Corte						
Cultivar	Tensão (kPa)					
	0	10	20	30	40	50
Braúna	1581,03 B	4222,3 A	3825,8 A	3426,5 A	1959,5 A	998,5 A
Paiaguás	1402,5 B	4193,5 A	4042,0 A	1632,3 B	1929,5 A	689,5 A
Piatã	2749,5 A	4235,3 A	3241,3 A	3161,5 A	1930,1 A	1005,3 A
CV (%)	21,86					

Médias seguidas de letra maiúscula na vertical para cultivares de *Urochloa brizantha* não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. CV (%) – Coeficiente de variação.

No primeiro corte, a área foliar ajustou-se ao modelo quadrático de regressão para as cultivares. A maior área foliar para as cultivares Braúna (2072,13 cm² vaso^{-1}), Paiaguás (2566,07 cm² vaso^{-1}) e Piatã (2497,31 cm² vaso^{-1}) foram proporcionadas pelas tensões de 23,78, 21,91 e 21,58 kPa, respectivamente (Figura 11 A).

A máxima área foliar dos capins Braúna, Paiaguás e Piatã, no segundo corte, foi de 3882,32, 3372,60 e 3614,82 cm² vaso^{-1}, obtidas nas tensões de 21,38, 19,44 e 15,33 kPa (Figura 11 B), respectivamente, o que demonstra que, na rebrota, a cultivar

Braúna, devido ao seu notado perfilhamento, alcançou a produção das outras cultivares que se destacaram na implantação.

A tensão de 18,89 kPa, no terceiro corte, foi a que proporcionou a máxima área foliar (3153,13 cm^2 $vaso^{-1}$) para as cultivares de *Urochloa* (Figura 11 C). Nota-se que a partir da segunda avaliação, os menores valores de área foliar são apresentados nas tensões mais altas, ou seja, nos tratamentos com menor teor de água no solo.

Para tolerar a deficiência hídrica, a planta desencadeia mecanismos morfológicos, fisiológicos e anatômicos, a fim de retardar a desidratação celular e manter do potencial osmótico. Dentre os mecanismos anatômicos, a redução da área foliar é primordial para o processo de diminuição de perda de água via transpiração (BRAY et al., 2000; ZHENG et al., 2000; DUQUE et al., 2013).

Mattos et al. (2005) em estudo de crescimento de espécies do gênero *Urochloa* sob déficit hídrico, observaram que a área foliar da *Urochloa brizantha* decresceu com a redução do teor de água no solo, tendendo a estabilizar-se em condições de potencial de água no solo mais alto. A mesma tendência de comportamento em relação à área foliar foi encontrada por Beloni et al. (2016), ao estudarem respostas morfológicas e fisiológicas e capacidade de recuperação ao déficit hídrico e alagamento de cinco acessos de *Paspalum* e um de *U. brizantha,* onde observaram os menores valores de área foliar nos tratamentos sob déficit hídrico, para todos os genótipos, sendo mais severo ao final do período de estresse. Esses resultados corroboram os apresentados no presente trabalho.

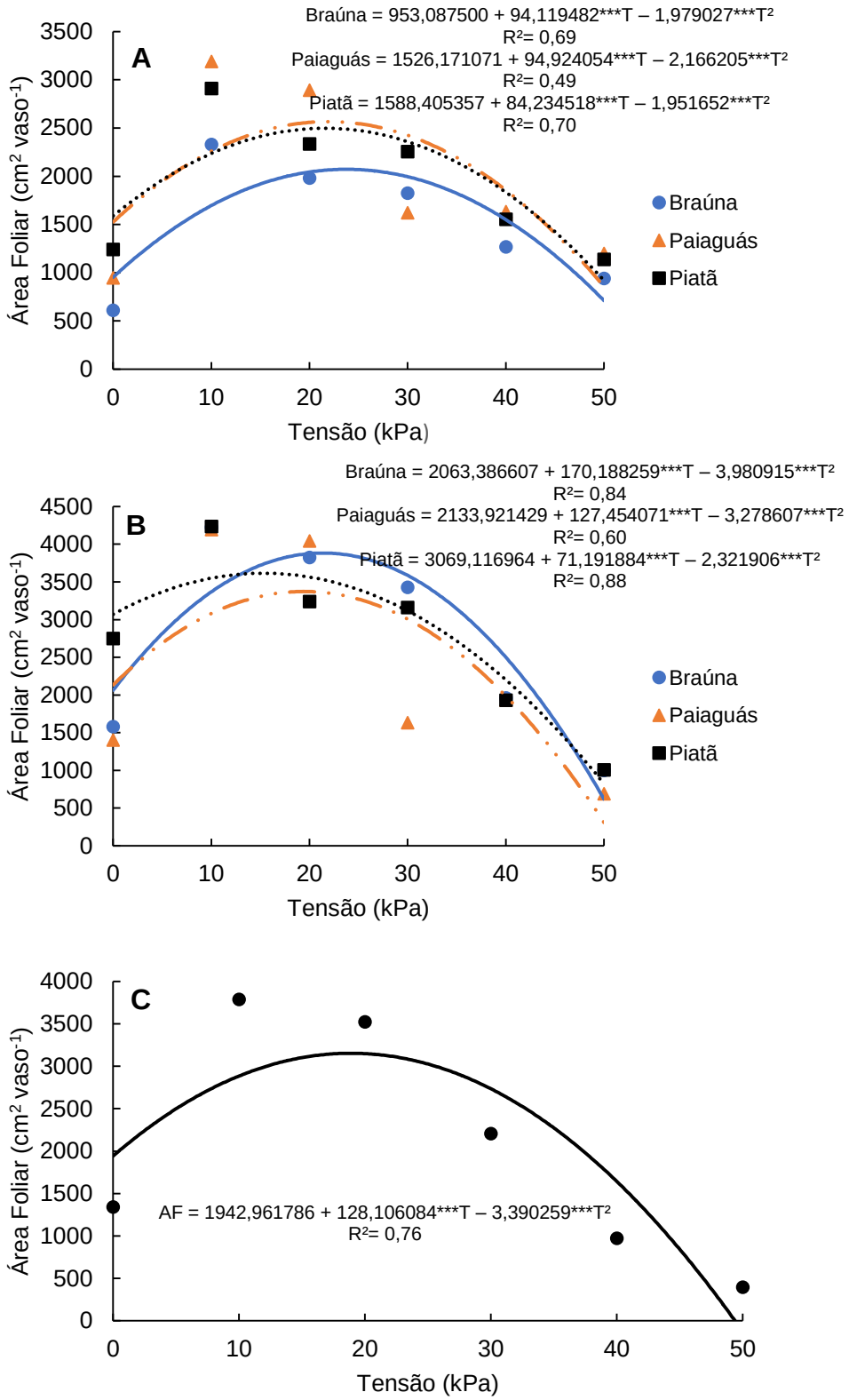

Figura 5. Área foliar de cultivares de Urochloa brizantha submetidas a tensões de água no solo no primeiro (A), segundo (B) e terceiro cortes (C). *T- Tensão. AF – Altura de Planta. *** Significativo a 0,1 de probabilidade.*

4.6 Número de Folhas

Nos três cortes, houve interação entre as cultivares e tensões de água no solo (Figura 12). O capim Braúna se sobressaiu aos capins Piatã e Paiaguás em relação ao número de folhas nas três avaliações (Tabela 8). Esse resultado pode ser justificado pelo alto perfilhamento dessa cultivar (Figura 8), no entanto, esse capim apresenta folhas menores e mais estreitas, o que confere a ele menor área foliar, principalmente na implantação (Figura 11 A).

Tabela 8. Número de folhas de cultivares de *U. brizantha* submetidas a tensões de água em Neossolo Flúvico

Número de Folhas						
Primeiro Corte						
Cultivar	Tensão (kPa)					
	0	10	20	30	40	50
Braúna	69,8 A	135,0 A	128,0 A	121,3 A	87,5 A	71,0 A
Paiaguás	76,0 A	108,5 B	117,8 A	90,0 B	85,0 A	67,8 AB
Piatã	75,8 A	84,3 C	76,5 B	76,5 B	67,0 B	55,3 B
CV (%)	10,19					
Segundo Corte						
Cultivar	Tensão (kPa)					
	0	10	20	30	40	50
Braúna	127,5 A	282,0 A	223,8 A	226,8 A	146,0 A	92,8 A
Paiaguás	95,5 A	197,8 B	231,3 A	121,3 B	134,0 A	51,8 A
Piatã	101,0 A	136,8 C	100,5 B	101,5 B	88,3 B	51,8 A
CV (%)	17,94					
Terceiro Corte						
Cultivar	Tensão (kPa)					
	0	10	20	30	40	50
Braúna	173,0 A	447,0 A	366,8 A	280,3 A	115,5 A	51,5 A
Paiaguás	91,3 B	237,3 B	292,5 B	127,3 B	70,5 A	23,8 A
Piatã	123,0 A	195,8 B	172,5 A	135,5 B	100,8 A	28,5 A
CV (%)	26,76					

Médias seguidas de letra maiúscula na vertical para cultivares de *Urochloa brizantha* não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. CV (%) – Coeficiente de variação.

As tensões de 10 e 20 kPa foram as que proporcionaram melhor disponibilidade hídrica para as cultivares expressarem seu maior potencial em produção de folhas (Tabela 8). Observa-se que os menores números de folhas foram obtidos nas tensões mais altas, ou seja, com menor disponibilidade hídrica. Esses resultados são reflexo da magnitude em que o déficit hídrico afeta o crescimento da planta, pois tem como resultado o fechamento estomático, redução da fotossíntese, redução da área foliar e, consequentemente, prejuízo na produção de biomassa foliar (Ludlow; Ng, 1976; Barker et al., 1993; Mattos et al., 2005).

O número de folhas para as três cultivares, no primeiro corte, foi descrito por modelo quadrático de regressão (Figura 12 A). As tensões de água no solo que proporcionaram maior número de folhas para os capins Braúna, Paiaguás e Piatã foram de 22,78, 21,21 e 13,60 kPa, respectivamente.

Em rebrota, os maiores números de folhas para os capins Braúna (245,31 folhas), Paiaguás (194,03 folhas) e Piatã (117,3 folhas) foram obtidos nas tensões de 20,90, 20,86 e 13,39 kPa (Figura 12 B), respectivamente, o que demonstra a maior necessidade hídrica do capim Piatã, que apresenta seu melhor desempenho em tensões mais baixas, quando implantado em Neossolo Flúvico, com relação aos demais capins em estudo.

As tensões que propiciaram maior número de folhas dos capins Braúna, Paiaguás e Piatã, no terceiro corte, foram de 18,34, 19,94, 15,44 kPa (Figura 12 C). Embora a produção de folhas no tratamento de 0 kPa tenha diminuído, os menores números de folhas foram obtidos no tratamento de 50 kPa. Em condição de alagamento, os capins Braúna, Paiaguás e Piatã produziram, respectivamente, 66,05, 54,93 e 81,62% do máximo número de folhas, o que confirma que o capim Piatã apresentou maior tolerância ao estresse por excesso de água. Cardoso et al. (2013), em estudo sobre avanços na tolerância ao alagamento de pastagens compostas por *Urochloa,* observaram que os genótipos com maior tolerância ao encharcamento mostraram maiores valores de produção de biomassa de folhas verdes.

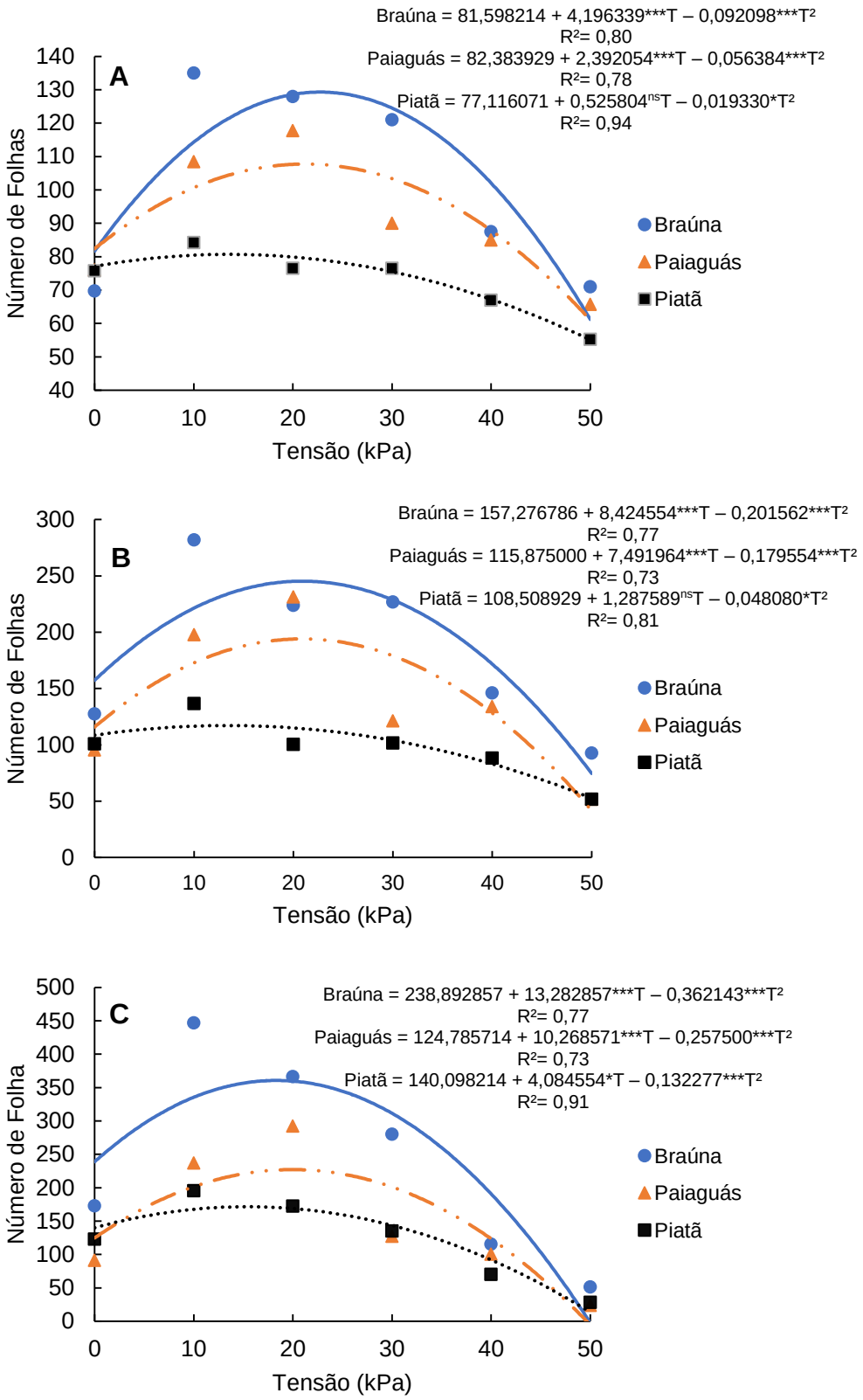

Figura 6. Número de folhas de cultivares de *Urochloa brizantha* submetidas a tensões de água no solo no primeiro (A), segundo (B) e terceiro cortes (C). *T- Tensão. ***, *, ns significativo a 0,1 e 5% de probabilidade e não significativo, respectivamente*.

4.7 Massa Seca de Folha

Para a massa seca de folhas, houve interação entre cultivares e tensão de água no solo nas três avaliações (Tabela 9 e Figura 13). Estudando as tensões em cada cultivar, foi observado que as cultivares obtiveram produções semelhantes dessa fração, principalmente em rebrota.

Tabela 9. Massa seca de folha de cultivares de *U. brizantha* submetidas a tensões de água em Neossolo Flúvico

Massa Seca de Folhas						
Primeiro Corte						
Cultivar	Tensão (kPa)					
	0	10	20	30	40	50
Braúna	1,73 B	6,3 B	5,63 B	5,04 B	3,31 B	2,55 B
Paiaguás	3,33 A	8,48 A	8,42 A	5,51 B	5,06 A	3,49 AB
Piatã	2,15 AB	9,5 A	7,57 A	7,28 A	5,83 A	4,39 A
CV (%)	15,16					
Segundo Corte						
Cultivar	Tensão (kPa)					
	0	10	20	30	40	50
Braúna	5,11 B	15,98 A	12,94 A	12,31 A	7,45 A	3,81 A
Paiaguás	4,87 B	14,55 A	16,69 A	6,04 B	7,13 A	3,38 A
Piatã	13,52 A	17,31 A	13,04 A	13,33 A	8,89 A	5,11 A
CV (%)	26,03					
Terceiro Corte						
Cultivar	Tensão (kPa)					
	0	10	20	30	40	50
Braúna	7,47 AB	22,56 A	17,09 A	12,51 A	3,72 A	1,6 A
Paiaguás	3,96 B	18,26 A	2,04 A	5,29 B	4,61 A	1,17 A
Piatã	11,47 A	23,56 A	18,47 A	14,09 A	5,72 A	1,27 A
CV (%)	29,48					

Médias seguidas de letra maiúscula na vertical para cultivares de *Urochloa brizantha* não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. CV (%) – Coeficiente de variação.

Com relação ao estudo das cultivares dentro das tensões, a massa seca de folhas, no primeiro corte, foi descrita por modelo quadrático de regressão (Figura 13

A). A maior produção para as cultivares Braúna, Paiaguás e Piatã foram observadas nas tensões de 25,57, 23,73 e 23,67 kPa. Observa-se que o tratamento alagado foi o que apresentou as menores médias de massa seca foliar, demostrando a restrição na produção dessa fração da planta em função do estresse hídrico causado pela queda de oxigenação no sistema radicular.

A máxima produção de massa seca de folhas para os capins Braúna, Paiaguás e Piatã foi de 5,97, 7,67 e 8,21 g vaso^{-1}, respectivamente. O capim Piatã apresentou maior produção de massa seca folhas, o que é desejável em termos de alimentação animal, já que essa fração da planta possui maior valor nutritivo e digestibilidade (Santos et al., 2010; Reis et al., 2014).

No segundo corte, a massa seca de lâmina foliar, ajustou-se ao modelo quadrático de regressão para as três cultivares, sendo as máximas produções para os capins Braúna, Paiaguás e Piatã (13,91, 12,75 e 14,82 g vaso $^{-1}$) obtidas nas tensões de 21,72, 20,47 e 5,98 kPa, respectivamente (Figura 13 B).

A massa seca de folhas, no terceiro corte, foi descrita por modelo quadrático de regressão. A máxima produção de massa seca de folhas foi obtida nas tensões de 17,72, 19,34 e 15,85 kPa, para os capins Braúna (16,94 g vaso^{-1}), Paiaguás (14,58 g vaso^{-1}) e Piatã (18,68 g vaso^{-1}), respectivamente (Figura 13 C). O resultado de máxima produção de massa seca de folhas comparado ao de menor produção, obtido na tensão de 50 kPa para as três cultivares, apresenta decréscimo na produção de folhas de 91,26% para a cultivar Braúna, 89,73 para a cultivar Paiaguás e 98,74% para a cultivar Piatã.

Por outro lado, quando comparada a máxima produção de folhas com o tratamento alagado (0 kPa) observa-se que houve redução de 32,8, 45,14 e 7,82% para os capins Braúna, Paiaguás e Piatã. O capim Piatã apresenta maior restrição de massa seca de folhas em condição de déficit hídrico. Resultado semelhante foi obtido por Kroth et al. (2015), que ao estudar produção de três cultivares de *Urochloa brizantha* sob três disponibilidades hídricas em Neossolo Flúvico, observaram queda na produção de folhas, para todas as cultivares, em condição de déficit hídrico. É salientado neste estudo, observações a respeito da tolerância das plantas ao alagamento, através de mudanças fisiológicas e anatômicas, fazendo com que a queda na produção seja menor do que a demonstrada em déficit hídrico. O que também ocorreu no presente estudo.

Koetz et al. (2017), encontraram redução de 47% na produção de massa seca de folhas do capim Paiaguás quando comparada a máxima produção, observada na tensão de 29 kPa, com a obtida na tensão de 60 kPa. Em concordância com esses resultados, Santos et al. (2013), observaram redução da massa seca de folha de cultivares de *Urochloa brizantha* sob estresse por déficit hídrico, o que evidencia a restrição da produção desse gênero em função da queda na disponibilidade hídrica do solo.

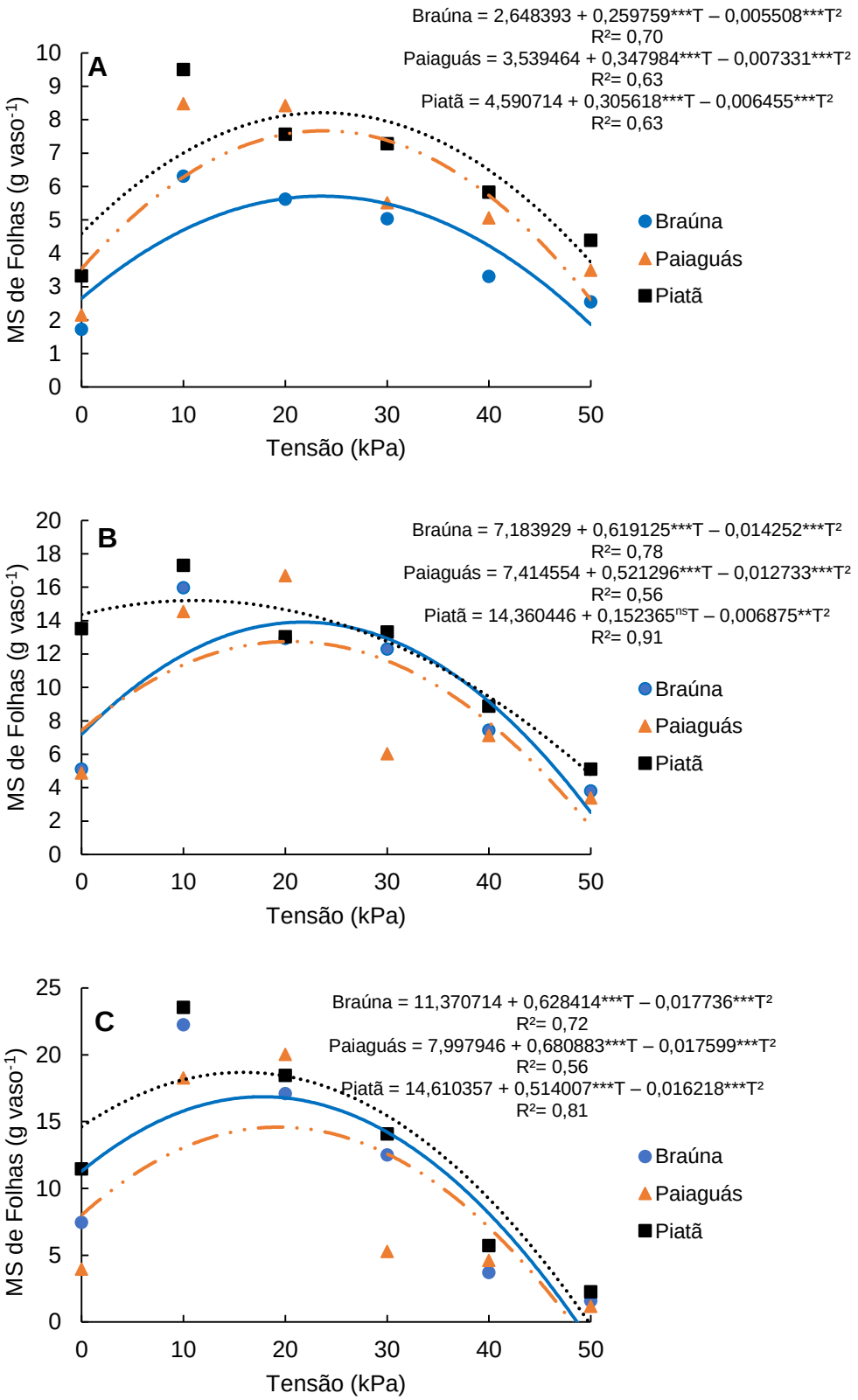

Figura 7. Massa seca de folhas de cultivares de Urochloa brizantha submetidas a tensões de água no solo no primeiro (A), segundo (B) e terceiro cortes (C). *T- Tensão. ***,**, ns significativo a 0,1 e 1% de probabilidade e não significativo, respectivamente.*

4.8 Massa Seca de Colmo

Para a produção de massa seca de colmos houve interação entre cultivares e tensão de água no solo somente no primeiro corte. No segundo e terceiro cortes das plantas a massa seca de colmo foi influenciada pela tensão de água no solo de forma isolada (Tabela 10 e Figura 14).

Analisando as tensões dentro de cada cultivar, observa-se que os maiores valores são apresentados pelas cultivares Piatã e Paiaguás. A cultivar Braúna apresentou menor massa seca de colmos (Tabela 10), o que é desejável em relação à nutrição animal, pois essa fração apresenta menor valor nutritivo e digestibilidade. (Reis et al., 2014).

Tabela 10. Massa seca de colmos de cultivares de *U. brizantha* submetidas a tensões de água em Neossolo Flúvico

Massa Seca de Colmo						
Primeiro Corte						
Cultivar	Tensão (kPa)					
	0	10	20	30	40	50
Braúna	0,57 B	2,11 B	1,76 C	1,74 B	0,97 B	0,62 A
Paiaguás	0,82 AB	3,6 A	3,25 A	1,79 B	1,67 A	0,83 A
Piatã	1,39 A	3,5 A	2,58 B	2,47 A	1,76 A	1,07 A
CV (%)	15,16					

Médias seguidas de letra maiúscula na vertical para cultivares de *Urochloa brizantha* não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. CV (%) – Coeficiente de variação.

A massa seca de colmos, no primeiro corte, foi descrita por modelo quadrático de regressão para as três cultivares. As tensões que proporcionaram maior produção de colmo foram 22,71, 21,65 e 20,80 kPa para os capins Braúna, Paiaguás e Piatã, respectivamente (Figura 14 A).O maior valor para massa seca de colmos, no primeiro corte, para os capins Braúna, Paiaguás e Piatã foi de 1,88, 2,92 e 2,85 g vaso^{-1}, respectivamente, o que demostra a similaridade de produção dessa fração entre os capins Paiaguás e Piatã.

No segundo corte, a tensão de 18,58 kPa proporcionou máxima produção de colmos (8,9 g vaso$^{-1)}$ para as cultivares de *U. brizantha*. O menor valor observado para a produção de colmos foi de 1,1 g vaso^{-1} observada na tensão de 50 kPa, o que corrobora os resultados encontrados por Souza et al. (2013) e Koetz et al. (2017).

A máxima produção de massa seca de colmos, no terceiro corte, ajustou-se ao modelo quadrático de regressão. A tensão de 15,77 kPa foi a que proporcionou maior massa seca de colmos (10,42 g vaso^{-1}) para as cultivares (Figura 14 C).

Observa-se que as cultivares aumentaram notoriamente a produção de colmos no segundo e terceiro crescimentos. Isso pode ser reflexo do desenvolvimento radicular das plantas, que na implantação se encontravam em formação e nos demais cortes com estabelecimento mais avançado, tendo como consequência um melhor aproveitamento de água e nutriente, e, consequentemente, maior produção.

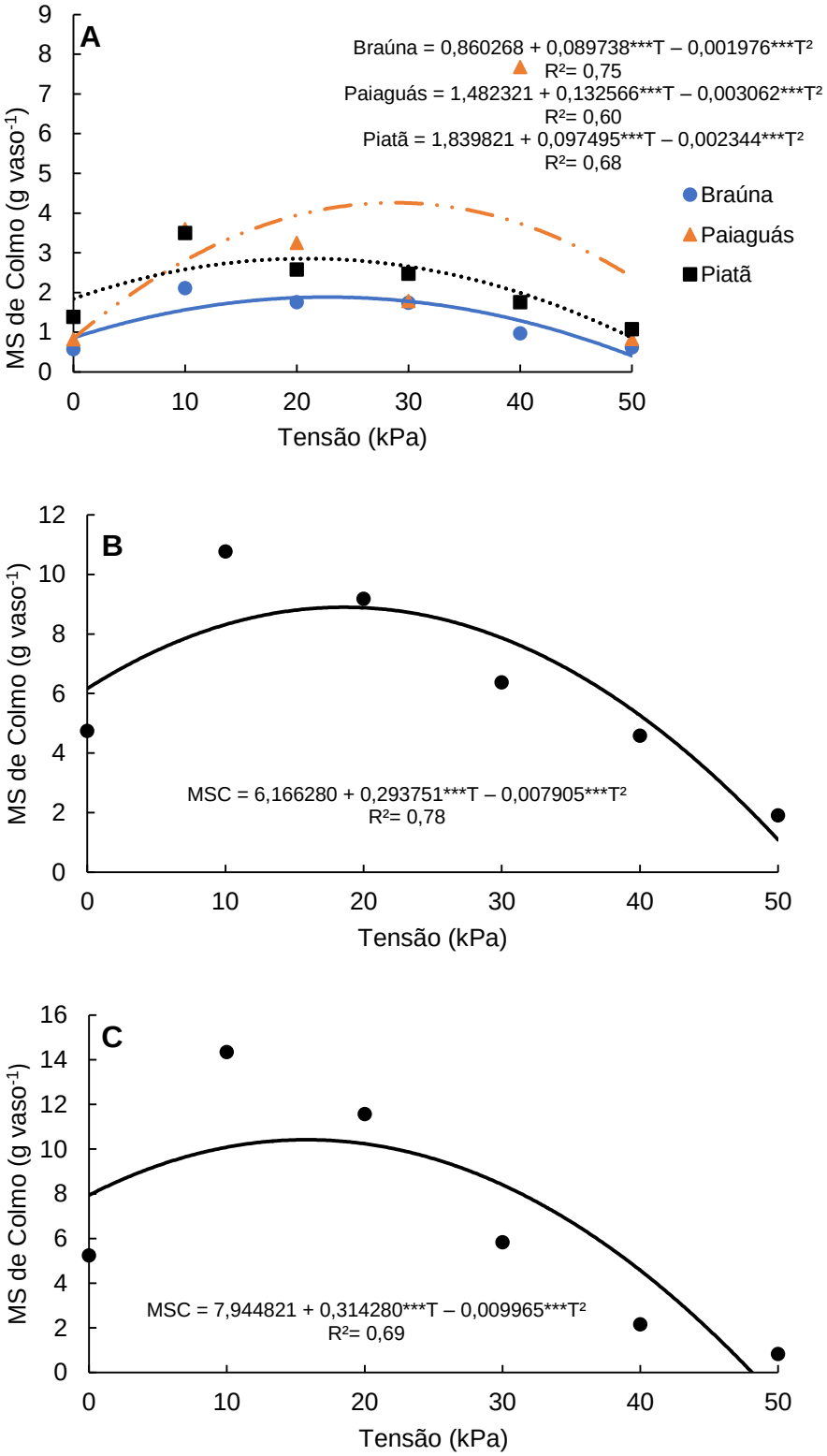

Figura 8. Massa seca de colmos de cultivares de *Urochloa brizantha* submetidas a tensões de água no solo no primeiro (A), segundo (B) e terceiro cortes (C). *T- Tensão, MSC – Massa Seca de Colmo. *** Significativo a 0,1 de probabilidade.*

4.9 Massa Seca da Parte Aérea

Para a variável massa seca da parte aérea, houve efeito de interação entre cultivares e tensões nos dois primeiros cortes, e efeito significativo isolado para cultivar e tensão no terceiro corte. Quando avaliada interação das cultivares dentro das doses, é observado que não houve diferença significativa apenas na tensão 0 KPa na primeira avalição, o mesmo ocorreu para as tensões de 10, 40 e 50 kPa na segunda avaliação (Tabela 11).

Tabela 11. Massa seca da parte aérea de cultivares de *Urochloa brizantha* submetidas a tensões de água em Neossolo Flúvico

Massa seca da parte aérea						
Primeiro Corte						
Cultivares	Tensões (kPa)					
	0	10	20	30	40	50
Braúna	2,5 a	8,81 b	1,48 a	7,99 a	6,20 a	3,99 a
Paiaguás	3,8 a	12,67 a	7,39 b	8,23 a	5,82 b	4,48 b
Piatã	3,71 a	12,01 a	7,39 b	8,23 a	5,82 a	3,48 a
CV (%)	22,56					
Segundo Corte						
Cultivares	Tensões (kPa)					
	0	10	20	30	40	50
Braúna	8,17 b	27,88 a	22,93 ab	20,77 a	12,34 a	5,97 a
Paiaguás	8,11 a	24,79 a	27,51 a	9,79 b	12,06 a	5,0 a
Piatã	21,47 a	27,49 a	19,75 b	20,27 a	12,82 a	7,7a
CV (%)	26,02					
Terceiro Corte						
Braúna	18,36 AB					
Paiaguás	14,98 B					
Piatã	18,93 A					
CV (%)	30,67					

Médias seguidas de letra maiúscula na vertical para cultivares de *Urochloa brizantha* não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. CV (%) – Coeficiente de variação.

Quando estudadas as tensões de água do solo dentro das cultivares, a maior produção foi obtida nas tensões de 24,6, 22,76 e 21, 61 kPa para os capins Braúna, Paiaguás e Piatã no primeiro crescimento (Figura 15 A). A máxima produção de massa seca da parte aérea para os capins Braúna, Paiaguás e Piatã foi de 9,6, 10,48 e 9,17 g vaso^{-1}, demostrando semelhança na produção entre os capins, na primeira avaliação.

Os maiores valores de massa seca da parte aérea, no segundo corte, foram de 24,14, 21,30 e 23,79 para os capins Braúna, Paiaguás e Piatã, respectivamente, obtidos nas tensões de 21,69; 20,26 e 8,98 kPa (Figura 15 B), para os capins Braúna, Paiaguás e Piatã, respectivamente. Quando comparada a máxima produção com a obtida na tensão de 50 kPa, observou-se queda na produção de 14,15, 10,65 e 27,19% para os capins Braúna, Paiaguás e Piatã, respectivamente. Houve menor restrição para o capim Piatã, o que contrasta com Valle et al. (2013), que relatam a superioridade de produção de forragem em período seco do capim Paiaguás sobre o Piatã.

No terceiro corte, a maior produção de massa seca da parte aérea foi de 27,1 g vaso^{-1} obtida na tensão 16,98 kPa (Figura 15 C). Resultados semelhantes foram encontrados por Pezzopane et al. (2014), que estudando estresse por déficit hídrico em cultivares de *Urochloa brizantha,* observaram redução na massa seca das cultivares em condição de déficit hídrico.

Antoniel et al. (2016), estudando produção de forragem em função de lâminas de irrigação, verificaram incremento na produção do capim piatã em função das lâminas de irrigação em solo com textura arenosa. Gomes et al. (2015) observaram incremento na produção de forragem pelo capim Tifton 85 em função da irrigação em níveis adequados, corroborando com os resultados obtidos no presente estudo.

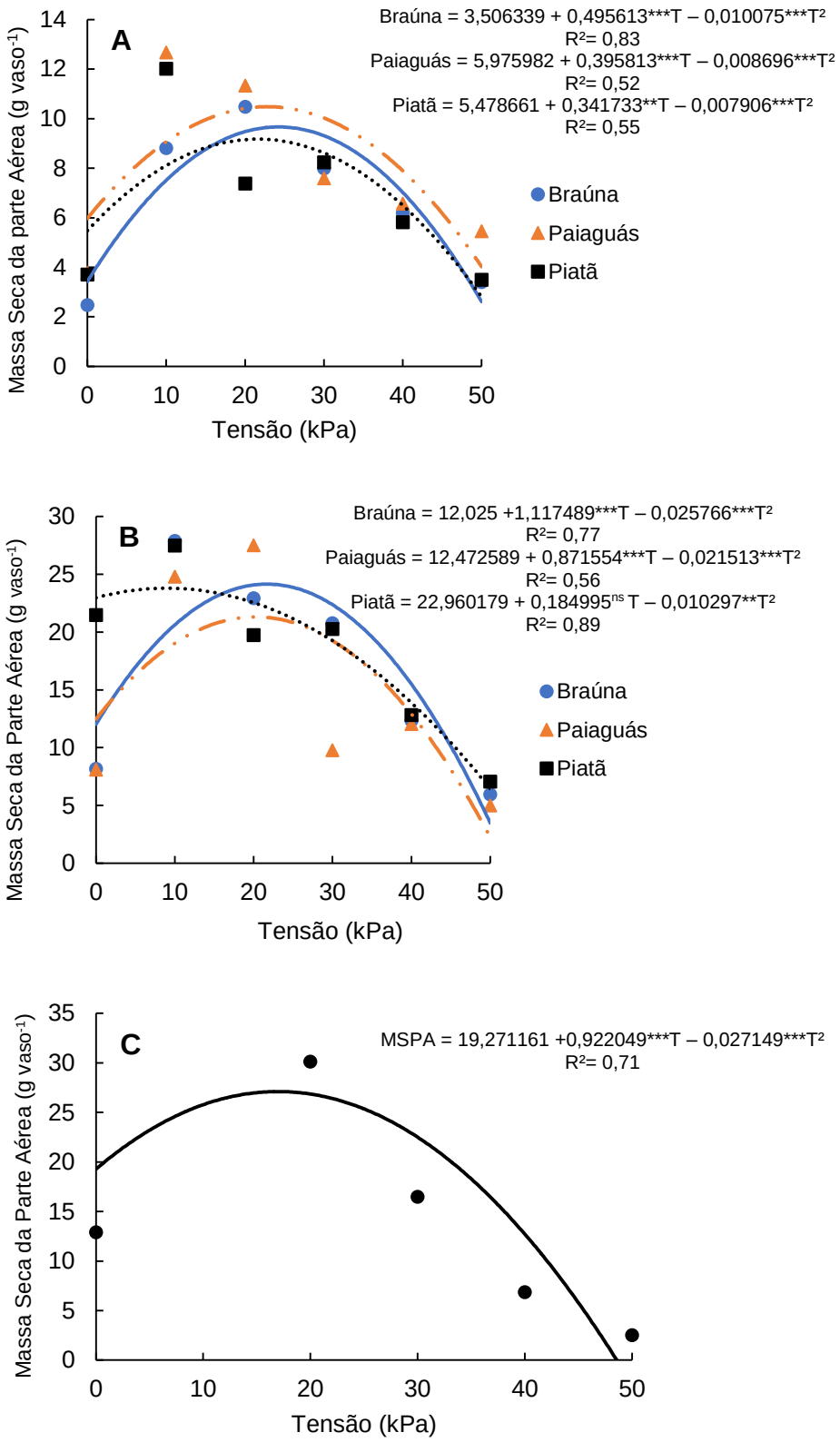

Figura 9. Massa seca da parte aérea de cultivares de *Urochloa brizantha* em função de tensões de água no solo em Neossolo Flúvico no primeiro (A), segundo (B) e terceiro corte (C). *T – Tensão; MSPA - Massa seca da parte aérea.***, ** Significativo a 0,1 e 1% de de probabilidade, respectivamente; ns não significativo.*

4.10 Relação folha/colmo+bainha

A relação folha/colmo+bainha foi influenciada pelas cultivares de *U. brizantha* somente no segundo corte e pelas tensões de água no solo, isoladamente, nas três avaliações (Tabela 12). Com relação às cultivares, no segundo corte, independente das tensões, a cultivar Piatã apresentou o maior valor para relação folha colmo. O menor valor para esta variável, foi obtido pela cultivar Braúna, mesmo não diferindo estatisticamente da cultivar Paiaguás. Esses resultados contrastam com os obtidos por Guenni et al. (2006), que não observaram influência da disponibilidade hídrica do solo sobre a relação folha/colmo+bainha de cultivares de *Urochloa*.

Tabela 12. Relação folha/colmo+bainha de cultivares de *U. brizantha* submetidas a tensões de água em Neossolo Flúvico

Relação folha/colmo+bainha	
Segundo Corte	
Braúna	1,56 B
Paiaguás	1,67 B
Piatã	2,05 A
CV (%)	18,81

Médias seguidas de letra maiúscula na vertical para cultivares de *Urochloa brizantha* não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. CV (%) – Coeficiente de variação.

A relação folha/colmo+bainha em função das tensões, no primeiro corte, ajustou-se ao modelo quadrático de regressão (Figura 17 A). A menor relação foi obtida na tensão de 10,2 kPa. A disponibilidade hídrica relacionada à essa tensão proporcionou incremento no crescimento das plantas, com maior incremento na produção de colmo para sustentação das plantas, e, consequentemente uma menor relação folha/colmo+bainha, mesmo em crescimento mais lento que é característico do período de implantação.

No segundo corte, a relação folha/colmo+bainha foi descrita por modelo quadrático de regressão (Figura 17 B). A tensão de água no solo de 16,39 kPa proporcionou a menor relação folha/colmo+bainha que foi de 1,51. Esse resultado é reflexo da aceleração do desenvolvimento das plantas ocasionado pela água disponível no solo. Na tensão de 16,39 kPa a água presente no Neossolo Flúvico, que possui sua capacidade de campo aproximadamente a 10 kPa, está disponível ao nível em que planta não necessita de gasto de energia, em excesso, para absorvê-la. Dessa

forma, o crescimento em rebrota, nos tratamentos sem restrição de água, foi acelerado e resultou em maior produção da fração de colmos. Kroth et al. (2015), estudando cultivares de *U. brizantha* (Marandu, Xaraés e Piatã) em três disponibilidades hídricas em Neossolo Flúvico e verificaram maior relação folha colmo no tratamento com déficit hídrico, corroborando com o presente estudo.

No terceiro corte, a relação folha/colmo+bainha foi descrita por modelo linear de regressão (Figura 17 C). Dessa forma, comparando a máxima relação (2,45) ocorrida na tensão de 50 kPa, com a menor relação folha/colmo+bainha, há um incremento de 45,68%. Esse resultado é justificado pela alta produção de colmos nos tratamentos alagados (0 kPa). Nessa situação, onde há restrição de oxigênio, as raízes não exploram toda a área de solo, se concentrando na superfície em busca de oxigênio (figura 18), dessa forma a sustentação das plantas é comprometida. A produção de colmos com maiores diâmetros e alongados fazem esse papel de sustentação.

Figura 10. Raízes adventícias em cultivares de U. brizantha estabelecidas nos tratamentos de 0 kPa.

O excesso de água no solo, com o completo preenchimento dos poros, levam a um quadro de hipóxia, ou seja, diminuição do oxigênio necessário a respiração das raízes. A reposição do oxigênio consumido pelas raízes e microorganismos no solo diminui drásticamente, acarretando a diminuição da condutância estomática e, por consequência, as taxas de crescimento (Armytong et al., 1994; Huang et al., 1994; Dias-Filho, 2002; Mattos et al., 2005; Dias-Filho 2012;). Embora esse sintomas tenham sido observados inicialmente no presente estudo, no decorrer das avaliações as plantas submetidas ao alagamento, através da alta produção de raízes adventícias e alterações fisiológicas, conseguiram manter seu desenvolvimento mesmo em estresse causado pela hipóxia.

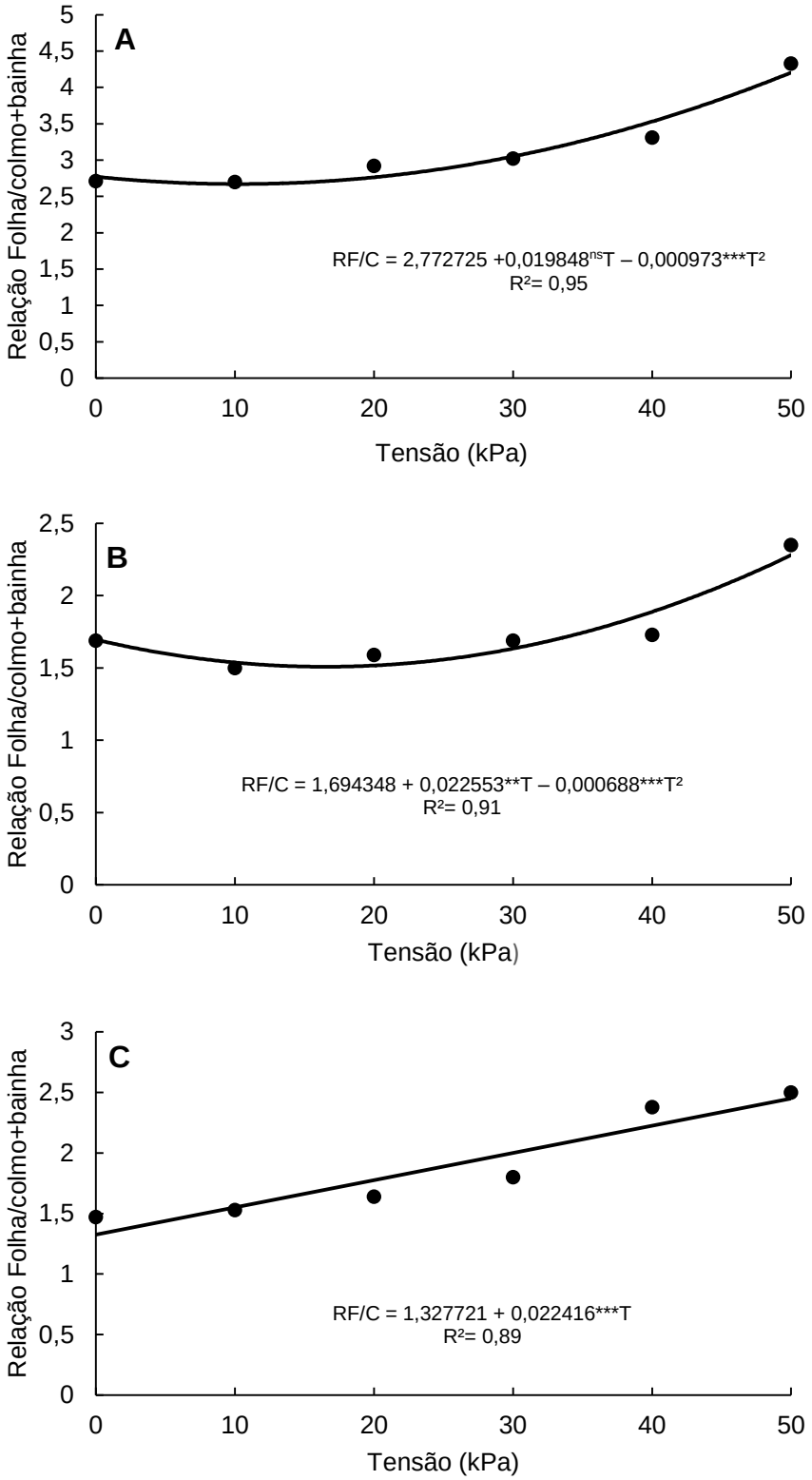

Figura 17. Relação folha/colmo+bainha de cultivares de *Urochloa brizantha* em função de tensões de água no solo em Neossolo Flúvico no primeiro (A), segundo (B) e terceiro corte (C). *T – Tensão; RF/C – Relação folha/colmo+bainha.***, ** Significativo a 0,1 e 1% de probabilidade; ns não significativo.*

4.11 Teor de Água Foliar

O teor de água foliar foi influenciado por cultivares e tensões de água no solo, de forma isolada, no primeiro e terceiro cortes (Tabela 13 e Figura 18). Estudando as cultivares, independentemente das tensões, observa-se que tanto no primeiro corte quanto no terceiro, os maiores e menores teores foram apresentados pelas cultivares Paiaguás e Braúna, respectivamente (Tabela 13). Esse resultado é coerente quando se considera a área foliar dessas cultivares. A cultivar Paiaguás obteve os maiores valores de área foliar e a cultivar Braúna os menores valores.

Tabela 13. Teor de água foliar de cultivares de *U. brizantha* submetidas a tensões de água em Neossolo Flúvico

Teor de Água Foliar	
Primeiro Corte	
Braúna	4,74 C
Paiaguás	5,81 A
Piatã	5,22 B
CV (%)	9,24
Terceiro Corte	
Braúna	3,15 B
Paiaguás	3,64 A
Piatã	3,3 AB
CV (%)	18,10

Médias seguidas de letra maiúscula na vertical para cultivares de *Urochloa brizantha* não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. CV (%) – Coeficiente de variação.

No primeiro corte, o teor de água foliar ajustou-se ao modelo quadrático de regressão (Figura 18 A). O maior teor de água foliar foi de 5,77 obtido na tensão de água no solo de 18,68 kPa. Essa tensão, se aproxima às que proporcionaram os maiores valores de massa seca de folhas para as cultivares de *Urochloa*, sendo a massa seca um parâmetro considerado para obtenção do teor de água foliar.

O teor de água foliar, no terceiro corte, foi descrito pelo modelo quadrático de regressão (Figura 18 B). A tensão de 8,4 kPa foi a que proporcionou maior teor de água foliar (3,76) para as cultivares. A redução de produção no terceiro corte, também é notada na massa seca de folhas, que é justificado pela limitação física das raízes no recipiente constituinte da unidade experimental. Guenni et al. (2004), estudaram as relações de água e troca de gases pelas folhas de cinco espécies de *Urochloa* e

observaram queda no teor de água foliar em função da restrição hídrica, mais acentuadamente nas cultivares de *U. brizantha*, assim como os resultados verificados no presente estudo.

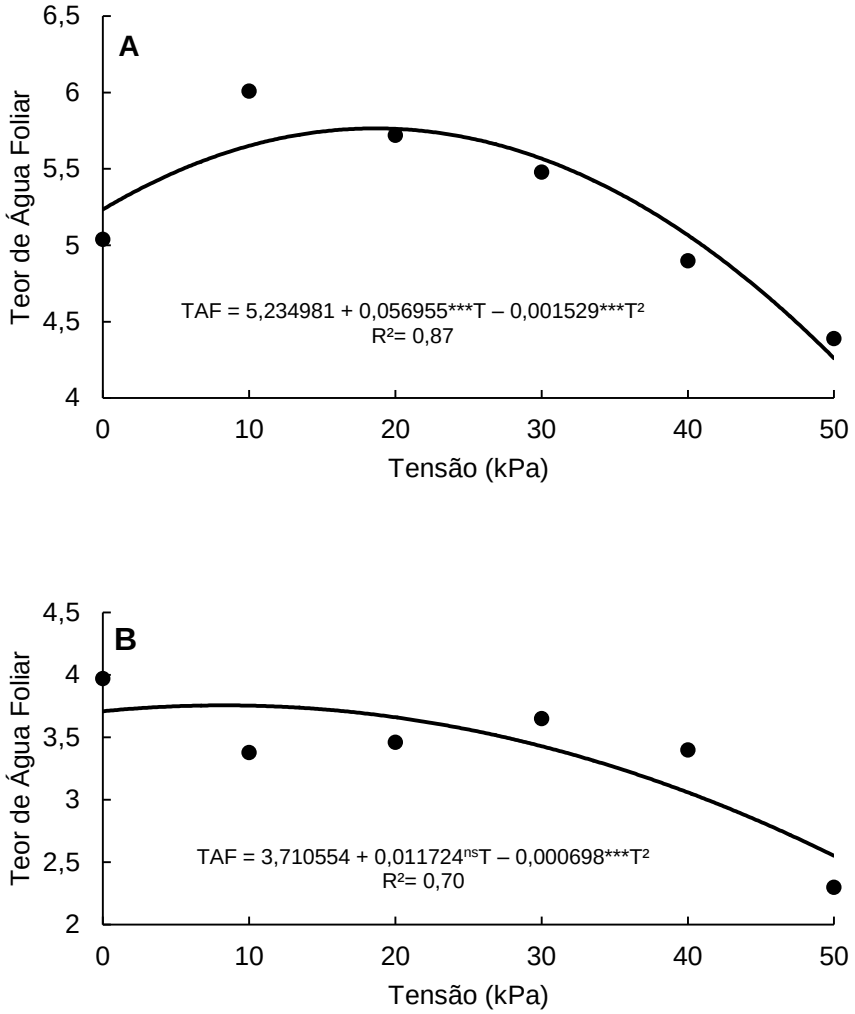

Figura 11. Teor de água foliar de cultivares de U. brizantha em função de tensões de água no solo em Neossolo Flúvico no primeiro (A) e terceiro corte (B). *T – Tensão; TAF – Teor de água foliar. *** Significativo a 0,1 de probabilidade; ns não significativo.*

4.12 Massa Específica Foliar

A massa específica foliar apresentou significância apenas no segundo corte, onde foi influenciada pelas cultivares e tensões de água no solo de forma isolada. Em relação às cultivares, o capim Piatã independente das tensões, foi o que apresentou

maior massa específica foliar, não havendo diferença estatística entre os capins Braúna e Paiaguás (Tabela 14).

Tabela 14. Massa específica foliar de cultivares de *U. brizantha* submetidas a tensões de água em Neossolo Flúvico

Massa Específica Foliar	
Segundo Corte	
Braúna	0,0036 B
Paiaguás	0,0039 B
Piatã	0,0045 A
CV (%)	13,47

Médias seguidas de letra maiúscula na vertical para cultivares de *Urochloa brizantha* não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. CV (%) – Coeficiente de variação.

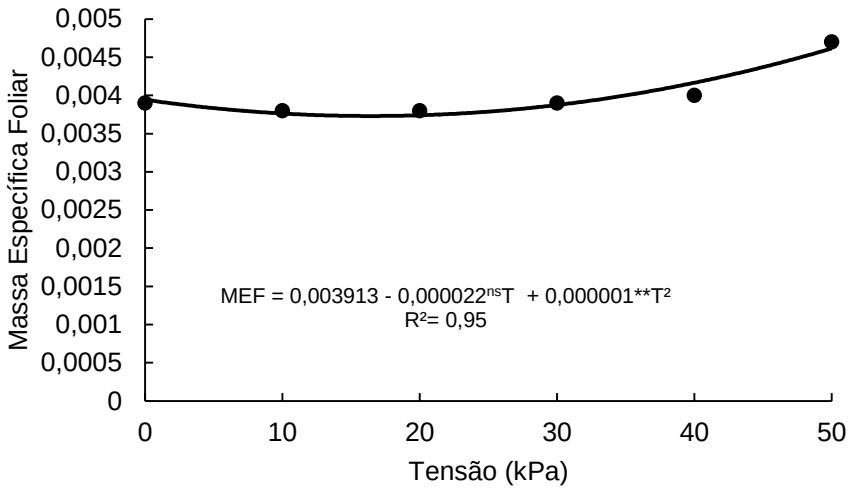

Figura 12. Massa específica foliar de cultivares de Urochloa brizantha em função de tensões de água no solo em Neossolo Flúvico no segundo corte. *T – Tensão; MEF – Massa específica foliar; ** Significativo a 1% de probabilidade; ns não significativo.*

As tensões que proporcionaram maior (0,0053) e menor (0,0038) massa específica foliar foram 50 e 11 kPa, respectivamente. Os resultados obtidos contrastam com os apresentados por Guenni et al. (2002) que estudaram a resposta à seca de cultivares de *Urochloa* e relataram a não influência da disponibilidade hídrica sobre a massa específica foliar. No entanto, as cultivares de *U. brizantha* apresentaram maior valor de massa específica foliar em condição de seca quando comparadas às outras espécies.

4.13 Grau de Suculência Foliar

O grau de suculência foliar foi influenciado por cultivares e tensões de água no solo de forma isolada, no primeiro e terceiro cortes (Tabela 15 e Figura 20). Estudando as cultivares, independentemente das tensões, observa-se que no primeiro corte as cultivares que apresentaram maior suculência foliar foram Paiaguás e Piatã, e a menor suculência foi obtida pela cultivar Braúna. O mesmo acontece no terceiro corte (Tabela 15). Observa-se que as cultivares que detêm maior área foliar (Figura 11) também apresentam maior grau de suculência foliar.

Tabela 15. Grau de suculência foliar em cultivares de *U. brizantha* submetidas a tensões de água em Neossolo Flúvico

	Grau de Suculência Foliar
	Primeiro Corte
Braúna	0,013 B
Paiaguás	0,017 A
Piatã	0,017 A
CV (%)	17,12
	Terceiro Corte
Braúna	0,015 B
Paiaguás	0,017 AB
Piatã	0,02 A
CV (%)	25,89

Médias seguidas de letra maiúscula na vertical para cultivares de *Urochloa brizantha* não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. CV (%) – Coeficiente de variação.

No primeiro corte, o grau de suculência foliar ajustou-se ao modelo quadrático de regressão (Figura 20 A). O maior grau de suculência foliar foi de 0,0179 foi observado na tensão de água no solo de 26,08 kPa.

O grau de suculência foliar, no terceiro corte, foi descrito por modelo linear de regressão (Figura 20 B). A tensão de 0 kPa foi a que proporcionou maior grau suculência foliar (0,0213 g H_2O dm^{-2}) para as cultivares.

A água obtida e contida na planta é um fator essencial para o crescimento. Uma pequena queda na turgescência celular é suficiente para queda drástica no crescimento celular. Quando a pressão da membrana celular diminui drasticamente o crescimento cessa. Maiores teores de água na folha propiciam maior atividade

fotossintética e transporte de fotoassimilados para os órgãos em crescimento e armazenadores (Maximov, 1929; Fondy; Geiger, 1981).

A presença de água na folha implica em altas taxas fotossintéticas e maior valor nutricional do tecido vegetal (Pimentel, 2004), que em relação ao pastejo animal, são colhidas preferencialmente. Os animais, através do pastejo seletivo, exploram os recursos forrageiros, tendo como preferência a colheita de partes das plantas de valor nutritivo maior, maior quantidade e palatabilidade (Hodgson, 1979; Parsons et al., 1994). Nesse sentido, observa-se a importância do grau de suculência foliar como componente para bons resultados dentro de um processo de produção.

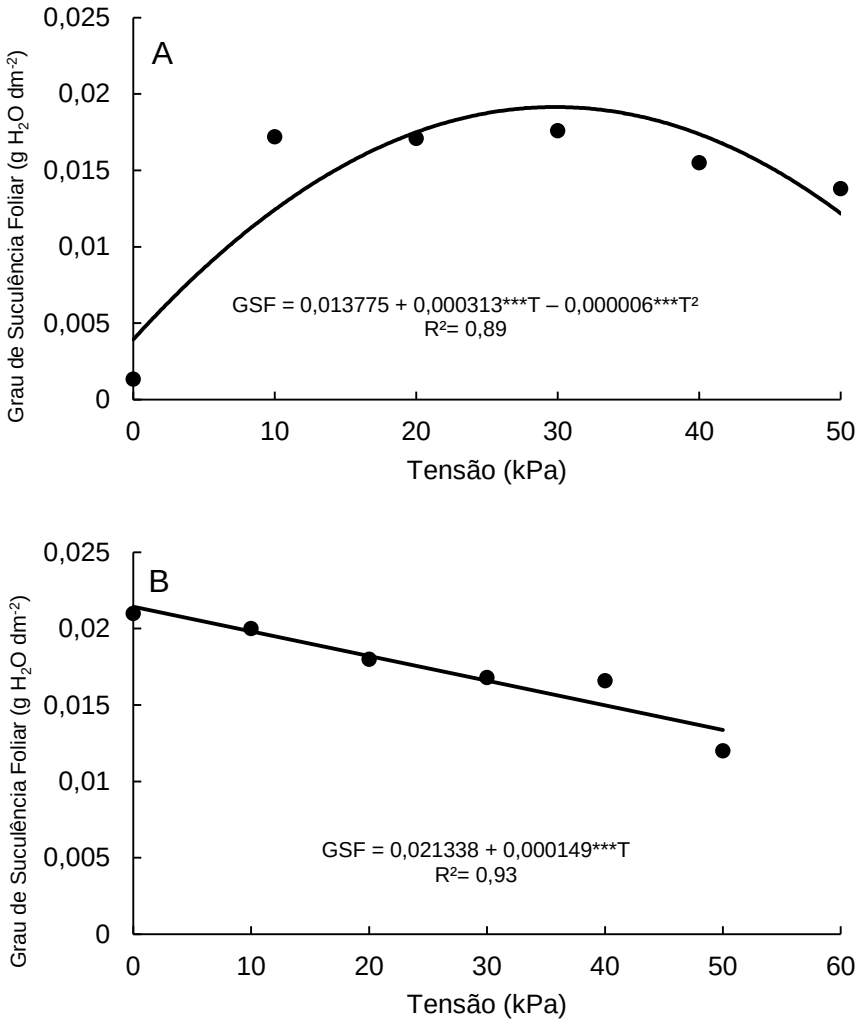

Figura 13. Grau de suculência foliar de cultivares de Urochloa brizantha em função de tensões de água no solo em Neossolo Flúvico no primeiro (A) e terceiro corte (B). *T – Tensão; GSF – Grau de suculência foliar.*** Significativo a 0,1% de probabilidade.*

4.14 Volume e Massa Seca de Raiz

O volume e massa seca de raiz foram influenciados pelas tensões de água no solo, não havendo diferença estatística entre as cultivares de *Urochloa brizantha* (Figura 21 A). O volume de raiz ajustou-se ao modelo quadrático de regressão, obtendo seu maior valor (177,25 mm) na tensão de água no solo de 8,46 kPa. A massa seca de raiz foi descrita por modelo quadrático de regressão (Figura 21 B). A maior massa de raiz apresentada foi de 37,9 g vaso^{-1}, obtida na tensão de 9,54 kPa. Maior volume de raiz e, consequentemente, massa radicular, implica em maior exploração de perfis do solo, dessa forma a planta consegue otimizar o aproveitamento de nutrientes e buscar reservas de água em perfis mais profundos do solo, garantindo a sobrevivência em condições de seca.

Quando comparada a produção máxima de massa seca de raízes com a menor produção, observa-se que houve um decréscimo de 87,31% na produção na massa seca de raízes, o que evidencia a queda no desenvolvimento radicular promovido por restrição hídrica. Guenni et al. (2002), ao estudarem respostas à seca de cinco espécies de *Urochloa*, encontraram redução significativa na massa de raízes de *Urochloa brizantha*, essa redução chegou a 50% na profundidade entre 10 e 50 cm de solo.

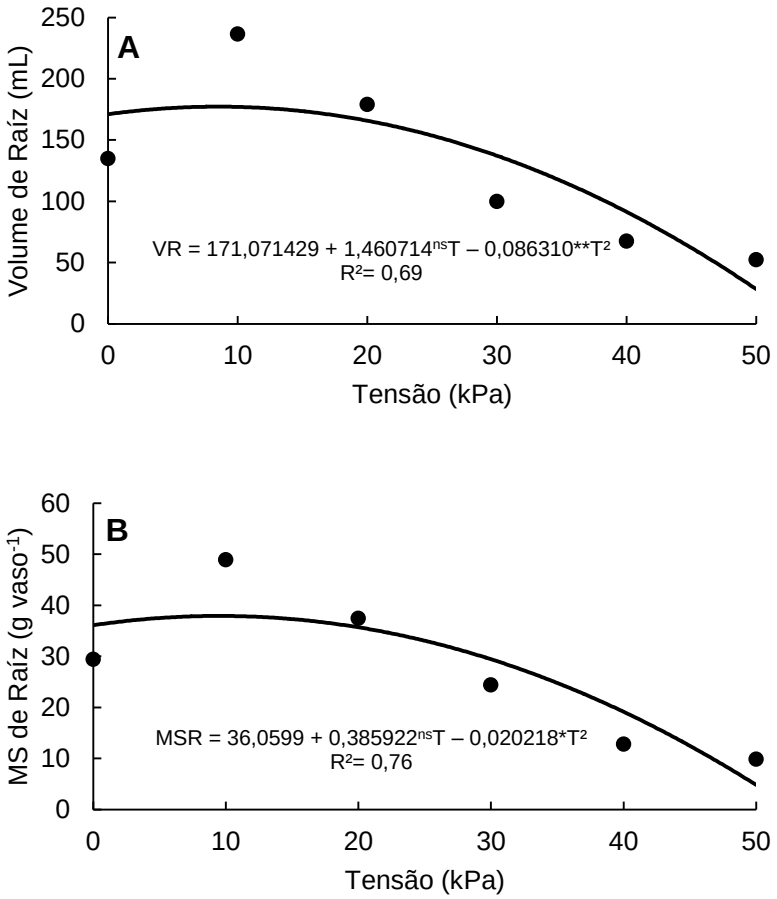

Figura 14. Volume de Raiz (A) e Massa seca de raiz (B) de cultivares de Urochloa brizantha sob tensões de água no solo. *T – Tensão; VR – Volume de Raiz; MSR – Massa seca de Raiz; .**, *, Significativo a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente . ns , nãqo significativo.*

Mass-Junior et al. (2016), estudando resposta de crescimento em nove gramíneas tropicais em condição de alagamento, encontraram redução de 79,61% na massa seca do capim Piatã submetido ao estresse por excesso de água no solo quando comparado com o resultado das plantas submetidas ao tratamento de 50% da capacidade de campo. Em contrapartida, Santos et al. (2013), analisando mecanismos de respostas de cultivares de *Urochloa brizantha* ao estresse por déficit hídrico, não encontraram efeito da umidade do solo sobre a massa seca de raiz.

4.15 Eficiência do Uso da Água

A eficiência do uso da água foi influenciada por cultivares de *U. brizantha* e tensões de água no solo, no segundo corte e, de forma isolada, pela tensão de água no solo no primeiro e terceiro cortes (Tabela 16 e Figura 22). Observa-se que no

segundo corte, houve diferença significativa entre as cultivares nas tensões de 0, 10 e 30 kPa (Figura 16), sendo o capim Paiaguás, nesta ocasião, a cultivar que apresentou menor eficiência do uso da água.

Tabela 16. Eficiência do uso da água de Cultivares de *U. brizantha* sob tensões de água no solo

Eficiência do Uso da Água						
Segundo Corte						
Cultivar	Tensão (KPa)					
	0	10	20	30	40	50
Braúna	2,19 A	6,1 A	5,55 A	5,25 A	4,08 A	3,47 A
Paiaguás	2,03 B	5,53 B	5,19 A	3,26 B	3,61 A	2,61 A
Piatã	5,63 A	5,55 A	4,99 A	4,98 A	4,02 A	3,62 A
CV (%)	20,24					

Médias seguidas de letra maiúscula na vertical para cultivares de *Urochloa brizantha* não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. CV (%) – Coeficiente de variação.

No primeiro corte, houve ajuste ao modelo linear de regressão para a eficiência do uso da água. Observou-se acréscimo de 78,87% para a tensão de 50 kPa comparada com a tensão de 0 kPa (Figura 22 A). Esse resultado pode ser associado à restrição de fornecimento de água nos tratamentos com tensões mais elevadas.

No segundo corte, as tensões de 25,04, 23,06 e 0 kPa apresentaram maior eficiência do uso da água para os capins Braúna, Paiaguás e Piatã, respectivamente (Figura 22 B). A maior eficiência do uso da água pelo capim Piatã na tensão de 0 kPa, pode ser associado a redução da absorção de água como resposta fisiológica da planta ao estresse causado pelo alagamento do solo (Taiz; Zaiger, 2017).

No terceiro corte, a eficiência do uso da água ajustou-se ao modelo quadrático de regressão, obtendo-se a menor eficiência (4,07 g dm^{-3}) na tensão de 8,86 kPa. Esses resultados não corroboram com os observados por Koetz et al. (2017), que encontraram maior eficiência do uso da água na tensão de 34 kPa, ou seja, em uma faixa de tensão onde não há restrição hídrica às plantas.

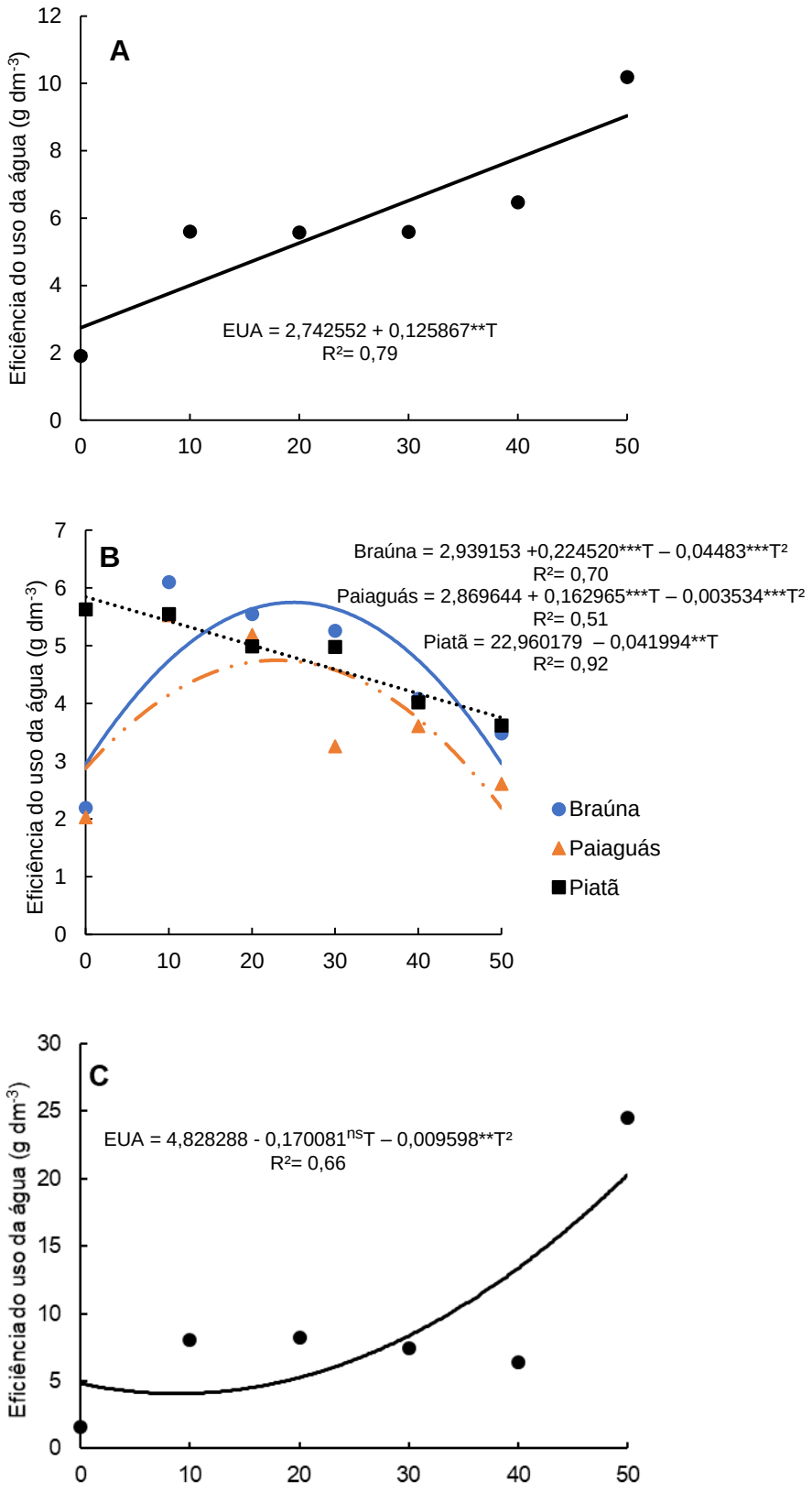

Figura 15. Eficiência do uso da água (EUA) de cultivares de Urochloa brizantha sob tensões de água no solo, no primeiro (A), segundo (B) e terceiro corte (C).. *T – Tensão; VR – Volume de Raiz; MSR – Massa seca de RaizRaiz; .***, **, Significativo a 0,1% e 5% de probabilidade, respectivamente . ns , nãqo significativo.*

CONCLUSÕES

A disponibilidade hídrica em Neossolo Flúvico influencia o crescimento e o desenvolvimento de cultivares de *Urochloa brizantha*, de modo que o déficit hídrico foi o que proporcionou um maior decréscimo na produção dos capins.

A tensão de 20 kPa proporciona maiores valores de índice de clorofila, área foliar, número de perfilhos, altura, número de folhas, massa seca de folhas e massa seca da parte aérea para as cultivares Braúna, Paiaguás e Piatã.

A cultivar Braúna se destaca em número de perfilhos nas três avaliações, e seu maior perfilhamento ocorre nos tratamentos com tensão de 20 kPa.

As cultivares de *U. brizantha* demonstram adaptação ao ambiente alagado, estabilizando sua produção a partir do segundo corte. A cultivar Piatã apresenta maior produção em solo com estresse hídrico por excesso de água.

A cultivar Piatã tem maior produção (massa seca da parte aérea) em todos os cortes realizados quando comparada as cultivares Braúna e Paiaguás.

6 REFERÊNCIAS

AGEITEC- Agência Embrapa de informação tecnológica. Autores: SILVA, M. S. L.; NETO, M. B. O. Disponível em <www.agencia.cnptia.embrapa.br> Acesso dia 26 de março de 2019

ALCANTARA, P.B.; BUFARAH, G. **Plantas forrageiras: gramíneas e leguminosas.** 1. ed., São Paulo: Nobel, 1999. p.162.

ANDRADE, C. M. S.; ASSIS, G. M. L. *Urochloa brizantha* cv. Piatã: Gramínea recomendada para solos bem-drenados do acre. Rio Branco-AC: **Embrapa Acre**, 2010.

ANTONIEL, L. S.; PRADO, G.; TINOS, A. C.; BELTRAME, G. A.; ALMEIDA J. V. C.; CUCO, G. P. Pasture production under different irrigation depths. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.20, n.6, p.539-544, 2016.

ARAÚJO, L. C.; SANTOS, P. M.; MENDONÇA, F. C.; MOURÃO, G. B.; Establishment of *Urochloa brizantha* cv. Marandu, under levels of soil water availability in stages of growth of the plants. **Revista Brasileira de Zootecnia,** v.40, n.7, p.1405-1411, 2011.

ARMSTRONG, W.; BRANDLE, R.; JACKSON, M. B. Mechanisms of flood tolerance in plants. **Acta Botanica Neerlandica,** v.43, p.307–358*,* 1994.

ASSIS, G. M. L.; EUCLYDES, R. F.; CRUZ, C. D.; VALLE, C. B. Discriminação de espécies de *Urochloa* baseada em diferentes grupos de caracteres morfológicos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.3, p.576-584, 2003.

AZEVEDO, J. A.; SILVA, E. M. **Tensiômetro: Dispositivo prático para controle da irrigação.** Planaltina- DF, Embrapa Centro de Pesquisa Agropecuário dos Cerrados, 1999.

BARUCH, Z. Responses to drought and flooding in tropical forage grasses. II. Leaf water potential, photosynthesis rate and alcohol dehydrogenase activity. **Plant and Soil**, v. 64, p.97–105,1994.

BAILEY-SERRES J; VOESENEK LACJ. Flooding stress: Accli-mations and genetic diversity. **Annual Review of Plant Biology**, v.59, p.313–339, 2008

BASSO, K. C; **Estimação de parâmetros genéticos e índice de seleção em genótipos de *Urochloa* brizantha**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal da Grande Dourados, 2006.

BONFIM-SILVA, E. M.; SILVA, T. J. A.; CABRAL, C. E. A.; KROTH, B. E.; REZENDE D. Desenvolvimento inicial de gramíneas submetidas ao estresse hídrico. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.24, n.2, p180-186, 2011.

BONFIM-SILVA, E. M.; MONTEIRO, F. A. Nitrogênio e enxofre na adubação e em folhas diagnósticas e raízes do capim-braquiária em degradação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.39, p.1641-1649, 2010.

BOIAPASTO, **As novas cultivares do Grupo Matsuda são apresentadas a produtores do MT. 2015.** Disponível em: <http://www.boiapasto.com.br/noticias/as-novas-cultivares-do-grupo-matsuda-sao-apresentadas-produtores-do-mt/8524/1#.W563n6ZKjIW,> Acesso em: 16 de outubro de 2016

BRAY, E. A.; BAILEY-SERRES, J.; WERETILNYK, E. Responses to abiotic stresses. In: BUCHANAN, B.B. Biochemistry & molecular biology of plants. **Rockville: American Society of plant physiologists**, 2000. 1367p.

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

CARY, J.W.; FISHER, H.D. Irrigation decisions simplified with electronics and soil water sensors. **Soil Science Society of America. Journal**, Madison, v.47, p.1219-1223, 1983.

CHAVES, L. H. G.; CHAVES, I. B.; SILVA, P. C. M.; VASCONCELOS, A. C. F. Variabilidade de propriedades químicas de um Neossolo Flúvico da Ilhas de Picos (Pernambuco). **Revista Ciência Agronômica**, v.37, n.2, p.135-141, 2006.

COELHO, S. L. ; TEIXEIRA A. dos S. Avaliação do tensiômetro eletrônico no monitoramento do potencial matricial de água no solo. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.24, n.3, 2004.

COELHO NETTO, A. L. **Hidrologia e sua interface com a Geomorfologia. In: Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. 3ª ed. Guerra, A. J. T. & Cunha, S. B. Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, 2001, p. 149-209.

CONGIO, G. F. S.; BATALHA, C. D. A.; CHIAVEGATO, M. B.; BERNDT, A.; OLIVEIRA, P. P. A.; FRIGHETTO, R. T. S.; MAXWELL, T. M. R.; GREGORINI, P.; SILVA, S. C. Strategic grazing management towards sustainable intensification at tropical pasture-based dairy sistems. **Science of the Total Environment**, 636, 872-880, 2018.

CORREA, L. A.; SANTOS, P. M. **Irrigação de pastagens formadas por gramíneas forrageiras.** São Carlos-SP. Embrapa Pecuária Sudeste, 2006.

COSTA, W. A.; OLIVEIRA, C. A. S.; KATO, E. Modelos de ajuste e métodos para determinação da curva de retenção de água de um Latossolo-Vermelho-Amarelo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 32: 515-523, 2008.

CRISOSTOM, W. L.; BONFIM-SILVA, E. M. Produção e eficiência no uso da água do capim-paiaguás sob tensões de água no solo. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 11, p. 1223-1232, 2017.

DALMAGO, A. G; BERGAMASCHI, H; BERGONCI, J. I; KRÜGER, C. A. M. B; COMIRAN, F; HECKLER, B. M. M. Retenção e disponibilidade de água às plantas,

em solo sob plantio direto e preparo convencional. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, PB. v.13, p.855–864, 2009.

DIAS-FILHO, M. B. **Diagnóstico das pastagens no Brasil**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2014.

DIAS-FILHO, M. B.; LOPES, M. J. S. **Triagem de forrageira para tolerância o excesso de água no solo**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2012.

DIAS-FILHO, M. B. Tolerance to flooding in five *Urochloa brizantha* accessions. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, p.439–447, 2002.

DOURADO-NETO, D.; NIELSEN, D. R.; HOPMANS, J. W.; REICHADT, K.; BACCHI, O. O. S. Software to model soil water retention curves (SWRC, version 2.00). **Scientia Agrícola,¸Piracicaba**, v.57: p.191-192, 2000.

DUARYE, A. L. M**.** Efeito da água sobre o crescimento e o valor nutritivo das plantas forrageiras. **Revista Apta Regional, Pesquisa e Tecnologia**, vol. 9, n. 2, 2012.

DUQUE, A. S.; SILVA, A. B.; SILVA, J. M.; FARINHA, N. P.; SANTOS, D.; FEVEREIRO, P.; ARAÚJO, S. S. Abiotic stress responses in plants: unraveling the complexity of genes and networks to survive. In: VAHDATI, K.; LESLIE, C. **Abiotic stress - plant responses and applications in agriculture**. Croatia, Rijeka: Tech, p.49-102, 2013.

EMBRAPA. Manual de métodos de análises de solo. **Centro Nacional de Levantamento e Conservação do Solo.** Rio de Janeiro: Embrapa Solos. 1997. 212p

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solo**. Rio de Janeiro: CNPS/EMBRAPA, 2006. 412p.

EMBRAPA GADO DE CORTE. ***Brachiaria brizantha* – BRS Piatã**.

Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/123641/1/Folder-Piata-Final-2014.pdf> Acesso em: 10 de outubro de 2018.

EMBRAPA. **Soluções Técnológica. *Urochloa* brizantha – BRS Paiguás.** Disponível em <https://www.embrapa.br/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/892/*Urochloa*-brizantha---brs-paiaguas> Acesso: 16 de outbro de 2018.

EUCLIDES V. P. B.; MONTAGNER, D. B; BARBOSA, R. A.; VALLE, C. B.; NANTES, N. N. Animal performance and sward characteristics of two cultivars of *Urochloa brizantha* (BRS Paiaguás and BRS Piatã). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.45, n.3, p.85-92, 2016.

FAGUNDES, L. F.; PEDREIRA, C. G. S.; SBRISSIA, A. F.; CARBEVALLI, R. A.; CARVALHO C. A. B.; PINTO, L. F. M. Índice de área foliar, interceptação luminosa, e acúmulo de forragem em pastagem de *Cynodon ssp*. Sob diferentes intensidades de pastejo. **Scientia Agricola,** v.56, n.4, p.1141-1150, 1999.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia** (UFLA), v. 35, n.6, p. 1039-1042, 2011.

FONDY, B.R., GEIGER, D.R. Regulation of export by integration of sink and source activity. **What's New in Plant Physiology**, v.12, n.9, p.33-36, 1981.

FREITAS-JUNIOR, E.; SILVA, E. M. Uso da centrífuga para determinação da curva de retenção de água no solo emu ma única opração. **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília 19(11): 1423-1428, 1984.

GENUCHTEN, M. T. van. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated solis. **Soil Science Society of América Journal, Madison**, v.44, p. 892-898, 1980.

GOMES, E. P.; RICKLI, M. E.; CECATO, U.; VIEIRA, C. V.; SAPIA, J. G.; SANCHES, A. C. Produtividade de Capim Tifton 85 sob irrigação e doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 19, n. 4, p. 317-323, 2015.

GONÇALVES, I. V. C.; FREIRE, M. B. G. S.; SANTOS, M. A.; SANTOS, E. R.; FREIRE, F. J. Alterações químicas de uma Neossolo Flúvico irrigado com águas salinas. **Revista Ciência Agronômica**, v.42, n.3, p.589-596, 2011.

GUENNI, O.; GIL, J. L.; BARUCH, Z.; MÁRQUEZ, L.; NÚÑEZ, C. Respuestas al déficit hídrico em espécies forrajeras de *Urochloa* (TRIN.) GRISEB. (POACEAE). **Interciencia,** v. 31, n. 7, 2006.

GUERRA, A. T. ; GUERRA, A. J. T. **Novo Dicionário Geológico Geomorfológico**. Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, 1997, 648p

GUIMARÃES, C. M.; STONE, L. F. **Métodos de avaliações de condições hídricas das plantas.** Santo Antônio, de Goiás-GO. Embrapa Arroz e Feijão, 2008.

HODGSON, J.G. **Grazing management:** Science into pratice Harlow: Longman Scientific & Technical, 1990. 203p.

HOLANDA, S. W. da S. **Tolerância de quatro cultivares de *Panicum maximum* Jacq. ao alagamento.** 2004. 38 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, PA.

HUANG, B.; JOHNSON, W. J.; NESMITH, D. S.; BRIDGES, D. C. Growth, physiological and anatomical responses of two wheat genotypes to waterlogging and nutrient supply. **Journal of Experimental Botany**, v.45, p.193–202, 1994.

CAVARRARO, R. **Manual Técnico de Pedologia**, 2ª edição. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, Rio de Janeiro, 2007.

JACKSON, M. B.; COLMER, T. D., Response and adaptation by plants to flooding stress. **Annals of Botany,** v.96, p. 501-505, 2005.

KERBAUY, G. B. **Fisiologia Vegetal**. 1. ed. São Paulo: Guanabara Koogan, 2004 p. 1.

KIBBLER, H.; BAHNISCH, L. M. Physiological adaptations of Hymenachne amplexicaulis to flooding. **Australian Journal of Agricultural Research**, Australia, v. 39, n. 4, p. 429-435, 1999.

KOETZ, M. ; BAR, C. S. L. E. L. ; PACHECO, A. B. ; CASTRO, W. J. R. ; Produção e eficiência no uso da água do capim Paiaguás sob tensões de água no solo. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.11, nº.1, p. 1223 - 1232, 2017

KOTTEK, M., GRIESER, J., BECK, C., RUDOLF, B., & RUBEL, F. (2006). World Map of the Köppen-Geiger Climate Classification Updated. ***Meteorologische Zeitschrif***, 15, 259-263. DOI: 10.1127/0941-2948/2006/0130.

KROTH, B. E.; BONFIM-SILVA, E. M.; SILVA, T. J. A.; KOETZ, M.; SCHLICHTING, A. F. Cultivares de *Urochloa brizantha* sob diferentes disponibilidades hídricas em Neossolo Flúvico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.19, n.5, p.464–469, 2015

KUNRATH, T. R.; LEIMAIRE, G; SADRAS, V. O.; GASTAL, F. Water use efficiency in perennial forage species: Interactions between nitrogen nutrition and water déficit. **Field Crops Research**, 222, 2018.

LUDLOW, M. M., ; NG, T. T. Effect of water deficit on carbon dioxide exchange and leaf elongation rate of Panicum maximum var. trichoglume. **Australian Journal of Plant Physiology**, v.3, p. 401–413, 1976.

MACEDO, M. C. M.; KICHEL, A. N.; ZIMMER, A. H. Degradação e alternativas de recuperação e renovação de pastagens. Comunicado Técnico. **Embrapa Gado de Corte**, n.62, p.1-4, 2000.

MALAVOLTA, E. (1980). Elementos de nutrição mineral de plantas. *[Elements of mineral nutrition of plants*.] Piracicaba, SP, Brazil: **Agronômica Ceres**. 215 pp.

MARINO, D., FRENDO, P., LADRERA, R., GONZALEZ, E.M., 2007. Nitrogen fixation control under drought stress. Localized or systemic? Plant Physiol. 143, 1968–1974.

MATTOS, J. L. S.; GOMIDE, J. A.; HUAMAN, C. A. M.; Crescimento de Espécies do Gênero *Urochloa*, sob Déficit Hídrico, em Casa de Vegetação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.3, p.746-754, 2005.

MATSUDA SEMENTES. 2015. Disponível em: <http://sementes.matsuda.com.br> Acesso em 03 de outubro de 2018.

MAXIMOV, N. A. **The plant in relation to water. A study of the physiological basis of drought resistance**. 1929.

MENDONÇA, F. C. RASSINI, J. B., VILLA NOVA, N. A. **Determinação de temperatura-base inferior de plantas forrageiras com uso de unidades fototérmicas**. São Carlos-SP. Embrapa Pecuária Sudeste, 2005.

MENDONÇA, F. C. RASSINI, J. B. **Temperatura-base inferior e estacionalidade de produção de gramíneas forrageiras tropicais**. São Carlos-SP. Embrapa Pecuária Sudeste, 2006.

MORAIS-NETO, L. B.; **Avaliação temporal ao acúmulo de fitomassa e trocas gasosas do capim-canarana em função da salinidade da água de irrigação**. 2009, 74 f. Dissertação (Mestrado). Curso de Pós-Graduação em pós-graduação em Zootecnia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2009.

AGUIAR-NETTO, A. O. ; BASTOS, E. A. **Princípios Agronômicos da Irrigação**. Brasília-DF: Embrapa, 2013. p. 262.

PACHECO, A. B.; SILVA, T. J. A.; BONFIM-SILVA, E. M.; CASTRO, H. A. W.; KOETZ, M. Yield and water use of cherry tomato under water availability and potassium doses. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola**. v.22, n.5, p.326-331, 2018.

PARSONS, A. J.; NEWMAN, J. A.; PENNING, P. D.; HARVEY, A.; ORR, R. J. Diet preference of sheep: effects of recent diet, physiological state and species abundance. **Journal of Animal Ecology**, The British Ecological Society-UK, p.465-478, 1994.

PEZZONE, C. G.; SANTOS, P. M.; CRUZ, P. G.; ALTOÉ, J.; RIBEIRO, F. A.; VALLE, C. B. Estresse por deficiência hídrica em genótipo de *Urochloa brizantha.* **Ciência Rural**, Santa Maria-RS, v.45, n.5, p. 871-876, 2015.

PINEDA, C. A.; WENZL, P.; MAYER, J.; MESJASZ-PRYBYLOWICZ, J.; PRYBYLOWICZ, W. J.; PROZESKY, V. M. Study of the nutrient distribution in root tips of the tropical forage *Urochloa*. **Nuclear Instruments and Methods ind Physics Research**, The University of Mining and Metallurgy, Cracow, Poland, 1997.

PIZZARRO, E. A.; VALLE, C. B.; SÉLLER-GREIN, G.; SCHULTZEKRAFT, R.; ZIMMER, A. H. Regional experience with *Urochloa*: Tropical America-savannas. **In**: Miles, J. W.; Maass, B. L.; Valle, C. B.; Campo Grande: **Embrapa-CNPGC**, p. 225-246, 1996.

RASSINI, J. B. Período de estacionalidade de produção de pastagens irrigadas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, n.8, p.821-825, 2004.

REICHARDT, K.; TIMM, L. C. **Solo, Planta e Atmosfera. Conceitos, Processos e Aplicações**. 2 ed. Barueri-SP: Manole. 2014. p. 500.

REICHARDT, Klaus. **Processos de transferência no sistema solo-planta-atmosfera**. Fundação Cargil, São Paulo, 1985.

REIS, A. R.; BERNARDES, T. F.; SIQUEIRA G. R. **Forragicultura: Ciência, Tecnologia e Gestão dos Recursos Forrageiros**; FUNEP, 2014. p.714.

RESTLE, J. **Eficiência na produção de bovinos de corte.** Santa Maria: UFSM, 2000. 369p.

RODRIGUES, D. C. **Produção de forragem de cultivares de *Urochloa* brizantha (Hochst. Ex A. Rich.) Stafh e modelagem de respostas produtivas em função de variáveis climáticas.** 2004, 112 f. Dissertação (Mestrado). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

ROGGE, G. D; PIMENTA, J. A.; BIANCHINI, E. ; MEDRI, M. E.; COLLI, S.; ALVES, L. M. T. Metabolismo respiratório de raízes de espécies arbóreas tropicais submetidas à inundação. **Revista Brasileira de Botânica**, v.21, n.2, 1998.

SANTOS, D. C. Característica do capim-piatã e desempenho de bovinos em sistema silvipastoris no Cerrado brasileiro. 2016. 102 f. Tese (Doutorado). Escola de Veterinária e Zootecnia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2016.

SANTOS, M. S.; CRUZ, P. G.; ARAUJO, L. C.; PEZZOPANE, J. R. M.; VALLE, C. B.; PEZZOPANE, C. G. Response mechanisms of *Urochloa brizantha* cultivars to water déficit stress. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.42, n.11, p. 767-773, 2013

SEIFFERT, N. F. Gramíneas do gênero *Urochloa.* Campo Grande-MS**: Embrapa gado de corte**, 1980.

SILVA, A. S.; LAURA, V. A.; FERNANDES, V.; JANK, L.; VALLE, C. B.; GONTIJO NETO, M. M. Biomassa seca da raiz e da parte aérea de cultivares de *Urochloa* brizantha e *Urochloa* humidicola alagadas e não alagadas. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, supl. 2, p. 123-125, jul. 2007.

SILVA, S. F.; FERRARI, J. L. Descrição botânica, distribuição geográfica e potencialidades do uso da *Urochloa brizantha* (Hochst. Ex. Rich) Stapf. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.8, N.14; p. 302, 2012.

SILVA, S. R. S.; DEMUNER, A. J.; BARBOSA, L. C. A.; CASALI, V. W. D.; NASCIMENTO, E. A.; PINHEIRO, A. L. Efeito do estresse hídrico sobre características de crescimento e a produção de óleo essencial de Melaleuca alternifolia Cheel. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 24, n. 5, p. 1363- 1368, nov. /dez. 2002.

SILVA, E. C.; VALE, F. H. A.; ARAÚJO, F. P.; PIMENTA, M. A.Stomatal changes induced by intermittent drought in four umbu tree genotypes. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Londrina, v. 21, n. 1, p. 33-42, Jan./Mar. 2009.

Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 5° Edição. Embrapa. Brasília, DF. 2018.

SOUSA, C. H. C.; LACERDA, C. F.; BEZERRA, F. M. L.; GOMES-FILHO, E., RAJ.GHEYI, H.; SOUSA, A. E. C.; SOUSA, G. G. Respostas morfológicas de plantas de sorgo, feijão-de-corda e algodão sob estresse salino. **Agropecuária Técnica**, v.31, n.2, 2010.

TAIZ, L.; ZEIGER, F. **Fisiologia Vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. p. 719.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**, 4ª Ed., Porto Alegre: Artmed, 2009.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. MOLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed., 2017. p. 820.

TORMENA, C. A.; ARAÚJO, M. A.; FIDALSKI, J.; COSTA, J. M. Variação temporal do interval hídrico ótimo de um Latossolo-Vermelho Distroférrico sob sistemas de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. V.31, p.211-219, 2007.

USDA United States Department of Agriculture. Diponível em: <https://www.usda.gov/topics/animalsproduction> Acesso em 01 de setembro de 2018.

VALLE, C. B.; EUCLIDES, V. P. B.; VALÉRIO, J. R.; MACEDO, M. C. M.; FERNANDES, C. D.; DIAS-FILHO, M. B. *Urochloa* brizantha cv. Piatã: uma forrageira para diversificação de pastagens tropicais. **Seed News**, v. 11, n. 2, p. 28-30, 2007.

VALLE, C. B.; EUCLIDES V. P. B.; MONTAGNER, D. B.; VALÉRIO, J. R.; FERNANDES, C. D.; MACEDO, M. C. M., VERZIGNASSI, J. R.; MACHADO, L. A. Z. BRS Paiaguás: A new *Urochloa* (*Urochloa*) cultivar for pastures in Brazil. **Tropical Grasslands – Forrajes Tropicales** Volume 1, 121−122, 2013.

VILLA NOVA, N. A.; BACCHI, O. O. S.; REICHARDT, K. Potencial da água no Sistema solo-planta estimado através da fase de vapor. **Scientia Agricola**. v.53 n.1, Piracicaba. 1996.

ZHENG, H.G.; BABU, R. C.; PATHAN, M. S.; ALI, L.; HUANG, N. COURTOIS, B.; NGUYEN, H. T. Quantitative trait loci for root penetration ability and root thickness in rice: comparison of genetic backgrounds. **Genome**, v.43, p.53-61, 2000.