

**Universidade São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**Sensibilidade da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu ao excesso de
água no solo**

Plinio Antonio Guerra Filho

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestre em Ciências. Área de concentração:
Irrigação e Drenagem

Piracicaba
2012

Plinio Antonio Guerra Filho
Engenheiro Agrônomo

Sensibilidade da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu ao excesso de água no solo

Orientador:
Prof. Dr. **SERGIO NASCIMENTO DUARTE**

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestre em Ciências. Área de concentração:
Irrigação e Drenagem

Piracicaba
2012

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA - ESALQ/USP**

Guerra Filho, Plinio Antonio
Sensibilidade da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu ao excesso de água no solo /
Plinio Antonio Guerra Filho. - - Piracicaba, 2012.
47 p: il.

Dissertação (Mestrado) - - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2012.

1. Água do solo 2. Capim marandu 3. Drenagem 4. Encharcamento 5. Lençóis freáticos - Nível I. Título

CDD 633.2
G934s

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor"

Aos meus pais, Plínio e Marisa, e minhas irmãs, Sara e Silvia, por terem sido meu alicerce nos momentos mais difíceis.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, que mesmo nos momentos quando a fé não mais existia, deu-me muitas provas de sua existência;

Ao Professor Sergio Nascimento Duarte, que foi como um Pai, e sempre compreendeu os meus momentos de dificuldades;

Ao Professores do curso de Pós-Graduação em Irrigação e Drenagem da ESALQ, pelo conhecimento e, sobretudo pelo carinho;

A todos os colegas da Pós-Graduação, em especial, aos colegas Everaldo, Carlos, Rafael, Renato e Fernando, por toda a ajuda;

À Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” e à Universidade de São Paulo, por ter me concedido a oportunidade de realizar o curso de pós-graduação;

A todos os funcionários do Departamento de Engenharia de Biossistemas da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, que sempre disponibilizaram seu tempo quando eram solicitados;

Ao CNPq, pela concessão da bolsa;

Enfim, a todos que contribuíram para a conclusão do curso.

SUMÁRIO

RESUMO.....	9
ABSTRACT	11
LISTA DE FIGURAS	13
LISTA DE TABELAS	15
1 INTRODUÇÃO	17
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	19
2.1 Aspectos gerais da cultura e importância econômica da <i>Brachiaria brizantha</i> cv. Marandu.....	19
2.2 <i>Brachiaria brizantha</i> cv. Marandu.....	20
2.3 Solos com deficiência de drenagem e efeitos do excesso de água nas plantas.....	21
2.4 Coeficiente de drenagem	23
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	27
3.1 Localização e caracterização da área experimental.....	27
3.2 Descrição da estrutura experimental.....	27
3.3 Inundação dos lisímetros.....	28
3.4 Metodologia para o estabelecimento das diferentes velocidades de rebaixamento do nível freático	30
3.5 Cálculo das profundidades intermediárias do lençol freático.....	31
3.6 Planejamento estatístico	34
3.7 Condução do experimento	35
3.7.1 Caracterização do solo.....	35

3.7.2 Acondicionamento do solo	36
3.7.3 Adubação	36
3.7.4 Manejo da irrigação.....	37
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	39
5 CONCLUSÕES	43
REFERÊNCIAS.....	45

RESUMO

Sensibilidade da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu ao excesso de água no solo

A expansão da agricultura irá promover a incorporação de novas áreas ao processo produtivo e, neste processo, áreas com problemas de drenagem possivelmente serão utilizadas. Para o bom aproveitamento destas áreas, o dimensionamento correto de sistemas de drenagem é importante. Para o dimensionamento racional em regime não permanente, é necessário se conhecer a velocidade mínima de rebaixamento do lençol freático a ser proporcionado pelos drenos, o que depende da sensibilidade de cada cultura. Assim, este trabalho teve como objetivo determinar o efeito de diferentes velocidades de rebaixamento do nível freático, em diferentes cortes da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. O experimento foi conduzido em 64 lisímetros, em um delineamento experimental de blocos casualizados, arranjado em um fatorial de $(3 \times 5 + 1) \times 4$, sendo 3 cortes, 5 velocidades de rebaixamento do nível freático, mais uma testemunha que não sofreu estresse por excesso de umidade, com 4 repetições. As análises das amostras de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu mostraram que não houve diferença estatística significativa para a maioria dos tratamentos, com exceção da Massa Úmida Total e Massa Seca Total no terceiro corte, para a fonte de variação velocidade. No terceiro corte, apenas a velocidade 1 não diferiu estatisticamente da testemunha.

Palavras-chave: Encharcamento; Nível freático; Drenagem

ABSTRACT

Sensitivity of *Brachiaria brizantha* cv. Marandu to excess soil water

The expansion of agriculture will promote the incorporation of new areas to the productive process and in this process, areas with drainage problems will have the possibility to be used. For the proper utilization of these areas, the correct sizing of drainage systems is important. For the rational sizing in a non-permanent scheme, it is necessary to determine the minimum rate of drawdown to be provided by the drains, which depends on the sensitivity of each culture. Thus, this study aimed to determine the effect of different speeds to lower the groundwater level in different cuts of *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. The experiment was conducted in 64 lysimeters in a randomized block design, arranged in a factorial $(3 \times 5 + 1) \times 4$, being 3 cut times, 5 speeds of lowering the water table, a control that does not suffered stress by excess moisture, with four replications. Analysis of samples of *Brachiaria brizantha* cv. Marandu showed no statistically significant difference for most treatments, except for Total Wet Mass and Total Dry Mass, in the third cut time, for the source of variation speed. At the third cut time, only the speed 1 did not differ statistically from control.

Keywords: Waterlogging; Water table; Drainage

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Biomassa de folhas de (A) capim-piatã, (B) capim-arapoty, (C) Brachiaria brizantha B163, (D) Brachiaria brizantha B166, (E) capim-marandu, (F) Brachiaria ruziziensis R124 em condições com e sem alagamento. Asterisco acima da coluna indica diferenças estatística entre as condições com e sem alagamento para determinado acesso	20
Figura 2 – Ambiente protegido no qual foi conduzido o experimento.....	27
Figura 3 – Esquema das caixas d'água	28
Figura 4 – Esquema de um lisímetro parcelar.....	29
Figura 5 – Bombonas móveis para controlar o NF e tubo de alimentação.....	30
Figura 6 – Curva de retenção da água no solo	37

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Profundidade de rebaixamento do nível freático	32
Tabela 2 – Esquema da análise de variância utilizada para o experimento com a cultura	35
Tabela 3 – Análises física e química do solo realizada antes do início do experimento.....	36
Tabela 4 – Resultados dos quadrados médios da análise de variância, de Massa Úmida Total, para a gramínea <i>Brachiaria brizantha</i> cv. Marandu, em função das velocidades de rebaixamento do NF e das épocas de corte	39
Tabela 5 – Resultados dos quadrados médios da análise de variância, de Massa Seca Total, para a gramínea <i>Brachiaria brizantha</i> cv. Marandu, em função das velocidades de rebaixamento do NF e das épocas de corte	39
Tabela 6 – Valores médios, em g parcela ⁻¹ , das variáveis Massa Úmida Total e Massa Seca Total, no corte 3, para as diferentes velocidades de rebaixamento do NF	40
Tabela 7 – Resultados dos quadrados médios da análise de variância, de nitrogênio (N) e potássio (K), para a gramínea <i>Brachiaria brizantha</i> cv. Marandu, em função das velocidades de rebaixamento do NF e das épocas de corte	41
Tabela 8 – Resultados dos quadrados médios da análise de variância, de fósforo (P) e cálcio (Ca), para a gramínea <i>Brachiaria brizantha</i> cv. Marandu, em função das velocidades de rebaixamento do NF e das épocas de corte	41
Tabela 9 – Resultados dos quadrados médios da análise de variância, de magnésio (Mg) e enxofre (S), para a gramínea <i>Brachiaria brizantha</i> cv. Marandu, em função das velocidades de rebaixamento do NF e das épocas de corte	41

1 INTRODUÇÃO

As áreas pastoris representam 3 bilhões de ha no mundo, ou seja, praticamente 20% da superfície do globo terrestre. No mundo, as pastagens geram vários produtos: desde os tradicionais como carne, leite e lã, até outros que têm importância específica do país em questão, como produção de combustível (indireto), proteção do solo, manutenção da paisagem (turismo), manutenção do equilíbrio do meio-ambiente e utilidade social.

O Brasil possui um dos maiores rebanhos bovinos do mundo, tendo como principal vantagem o fato de possuir grandes áreas de terras de baixo custo e clima favorável, enquanto que países mais tecnicamente preparados enfrentam custo de produção elevados por causa de condições climáticas adversas, alto preço das terras e elevada remuneração da mão-de-obra.

Entre os responsáveis pela importância da agropecuária brasileira está a produção de carne bovina sustentada pelo pastejo a campo. Diretamente relacionado a isso, encontra-se a *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, que é uma das gramíneas que ocupa maior área no Brasil. Assim, torna-se importante conhecer seus mecanismos fisiológicos frente ao excesso de água no solo, uma vez que este estado do solo ocorre em parte das áreas onde se encontra essa gramínea, em períodos variando de curtos a prolongados. Estas áreas podem ser consideradas potencialmente produtivas, desde que se conheçam as limitações da cultura explorada, neste caso a condição de encharcamento ou excesso de água (umidade) no solo.

A *Brachiaria brizantha* cv. Marandu é considerada a espécie forrageira mais plantada no Brasil; além disso, possui o maior volume de exportação de suas sementes. Dessa forma é de grande importância que as sementes utilizadas apresentem boa qualidade, com alta germinação e vigor (CASTRO et al., 1994; LAGO; MARTINS, 1998).

Existem extensas áreas de produção de pastagem localizadas em “baixadas”, ou áreas de várzea, em que existe um problema natural de má drenagem, onde ocorre interferência temporária do lençol freático, e também áreas situadas em topografia desfavorável, sujeitas à acúmulo temporário de água proveniente do escoamento superficial. Sabe-se que o manejo tem enorme efeito sobre o rendimento forrageiro; com base nisso, busca-se uma solução para essas áreas que são afetadas pelo encharcamento. Uma das

saídas seria a instalação de sistemas de drenagem; porém, precisa-se saber até que ponto é viável a implantação desses sistemas.

Uma das etapas no dimensionamento dos sistemas de drenagem é o cálculo do espaçamento que será utilizado entre os drenos. Um cálculo preciso e correto é fundamental para garantir menores custos de implantação e melhores resultados do sistema de drenagem.

A definição do espaçamento, quando baseada em um procedimento técnico, depende da obtenção de valores representativos das propriedades físico-hídricas e geométricas do perfil do solo, da escolha de uma equação de espaçamento adequada e da utilização de um critério de drenagem que seja comprovadamente válido para a cultura e região em questão. A variabilidade do solo frequentemente dificulta a adoção de valores representativos para as propriedades físico-hídricas e geométricas do perfil do solo. Entretanto, este problema pode ser contornado com uma investigação de campo mais detalhada, ponderando-se sempre para o fato de que o custo das investigações não deve assumir valores excessivos.

As equações de espaçamento são fórmulas matemáticas deduzidas a partir da teoria do movimento da água em direção aos drenos. Estas equações vêm sendo bastante testadas em condições de laboratório e de campo, de forma que a escolha da equação correta para uma certa condição hidrológica e de perfil de solo já está relativamente bem definida.

Desta forma, o estabelecimento do critério de drenagem é o fator mais limitante para o cálculo do espaçamento dos drenos.

Sendo assim, o trabalho proposto tem os seguintes objetivos:

- 1- Quantificar a sensibilidade da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu ao encharcamento do solo em diferentes épocas de corte;
- 2- Definir a velocidade média mínima de rebaixamento do lençol freático capaz de manter a produtividade e a qualidade da forragem.

A partir dos objetivos propostos resultaram as seguintes hipóteses:

- 1- Ho: existe variação da sensibilidade da gramínea ao encharcamento nas diferentes épocas de corte;
- 2- Ho: existe uma velocidade média mínima de rebaixamento do NF capaz de manter a produtividade e qualidade da forragem.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Aspectos gerais da cultura e importância econômica da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu

As gramíneas tropicais africanas foram introduzidas no Brasil entre o final dos anos 60 e o início dos anos 70. A Embrapa, que recebeu uma grande coleção de germoplasma Africano de forragem da FAO na década de 70, fez um trabalho muito bom, adaptando variedades de forragem, especialmente as do gênero *Brachiaria* às condições brasileiras, em especial para os Cerrados.

Ao ser introduzida no Brasil como forrageira, a *Brachiaria brizantha* cv. Marandu transformou-se em uma espécie invasora de diversos ecossistemas brasileiros, como o Cerrado. Como invasora, ela impede o desenvolvimento das gramíneas nativas e sufoca o desenvolvimento dos campos nativos.

Estima-se que o custo da produção de carne bovina brasileira seja 60% menor do que na Austrália e 50% menor do que nos Estados Unidos. A idade de abate média é de 4 anos e a taxa de abate é de cerca de 21%, comparado a 2 anos e 37% nos Estados Unidos (DYCK; NELSON, 2003); isso significa que a indústria de carne brasileira é menos eficiente.

A produção de carne bovina brasileira é a segunda maior do planeta. Segundo Ferraz e Felício (2009), o Brasil produziu 9,7 milhões de Mg de peso equivalente de carcaça (CWE) em 2008, enquanto EUA produziu um pouco mais de 12 milhões de Mg, UE-27 cerca de 8,1 milhões de Mg, Austrália e Argentina, entre 2 e 3 milhões de Mg e a Índia, que não aparecia em estatísticas antes, cerca de 2,5 milhões de Mg CWE. Com relação a distribuição regional do rebanho bovino brasileiro, 12% está na região Norte, 13% no Nordeste, 21% no Sudeste, 15% no Sul e 39% no Centro-Oeste. Mais de 160 milhões de cabeças estão localizados em áreas livres de febre aftosa (FMD), contando com vacinação. A maior produção de carne do país é feita em meio a solos de baixa fertilidade, em regiões semelhantes às savanas, chamado de “cerrado”, onde gramíneas africanas, especialmente a *Brachiaria* spp. e o *Panicum* spp. adaptaram-se muito bem. O forte crescimento da produção de carne bovina brasileira baseou-se no tripé nelore-cerrado-braquiária, depois de 1970.

Normalmente no Brasil o sistema de produção sob pastejo para produção de animais é o mais utilizado. Uma pequena quantidade de animais, cerca de

2,7 milhões em 2008, que correspondeu a 6,7% dos animais abatidos, foi alimentada em confinamento.

Caetano e Dias-Filho (2008), estudando diferentes espécies de gramíneas, concluíram que a *Brachiaria brizantha* cv. Marandu foi mais sensível ao longo do tempo do que as outras gramíneas estudadas, pois teve uma redução mais significativa na produção de massa de folhas.

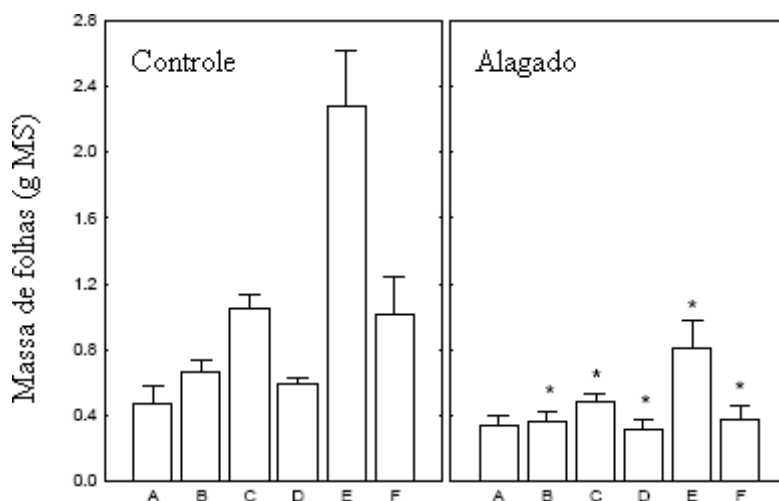


Figura 1 - Biomassa de folhas de (A) capim-piatã, (B) capim-arapoty, (C) *Brachiaria brizantha* B163, (D) *Brachiaria brizantha* B166, (E) capim-marandu, (F) *Brachiaria ruzizensis* R124 em condições com e sem alagamento. Asterisco acima da coluna indica diferenças estatística entre as condições com e sem alagamento para determinado acesso

2.2 *Brachiaria brizantha* cv. Marandu

O gênero *Brachiaria* apresenta as seguintes características diferenciais: colmo herbáceo florescendo todos os anos, flor hermafrodita masculina ou feminina com um a três estames, espiga unilateral ou panícula, espigeta comprimida dorsiventralmente, biflora, com o antecio terminal frutífero, e basal neutro ou masculino.

O gênero é composto por aproximadamente 200 espécies. Ocorrem na Europa, África, Ásia, Australásia, Pacífico, América do Norte e América do Sul.

A *Brachiaria brizantha* cv. Marandu é uma gramínea forrageira perene de hábito decrescimento cespitoso, formando touceiras de até 1,0m de diâmetro e afilhos com altura de até 1,5 m. Apresenta rizomas horizontais curtos, duros, curvos, cobertos por escamas glabras de cor amarela a púrpura. Suas raízes

são profundas, o que favorece sua sobrevivência durante períodos de seca prolongados.

Vegeta bem em altitudes que variam desde o nível do mar até 1.800 m, principalmente em regiões onde a precipitação oscila entre 1.000 e 3.500 mm ano⁻¹. Desenvolve-se bem em diferentes tipos de solos, apresentando boa adaptação aos solos arenosos ou argilosos, desde que bem drenados. Tem sido muito utilizada em função das suas características, como tolerância à restrição na fertilidade do solo, resistência à cigarrinha das pastagens, elevada produtividade quando devidamente adubada e manejada (COSTA et al., 2004).

A *Brachiaria brizantha* cv. Marandu é uma planta recomendada como alternativa para regiões de média a boa fertilidade, devido a sua alta produção de forragem, boa capacidade de rebrota, tolerância ao frio, à seca e ao fogo, persistência e resistência ao ataque das cigarrinhas-das-pastagens. Além disso, apresenta boas respostas à adubação fosfatada e boa tolerância a altos teores de alumínio e manganês no solo; entretanto, não responde significativamente bem a calagem (ALCÂNTARA; BUFARAH, 1999).

2.3 Solos com deficiência de drenagem e efeitos do excesso de água nas plantas

Em pastagens tropicais, o alagamento ou encharcamento temporário do solo são relativamente comuns. O excesso de água no solo da pastagem pode ser causado, naturalmente, por períodos chuvosos intensos, má drenagem do solo (e.g., solos com camada subsuperficial de impedimento) e elevação sazonal do nível de rios e do lençol freático (DIAS-FILHO, 2005).

No Brasil, são milhões de hectares de áreas inundáveis. Na Amazônia, existem dados indicando que até 10 milhões de hectares são constituídos de áreas de pastagens inundadas. No Pantanal Matogrossense, a maior parte de seus 4 milhões de hectares é utilizada como pastagem, pois essas áreas se alagam na época das cheias (HADDAD et al., 2000).

Devido à baixa condutividade hidráulica e às altas precipitações, o lençol freático se eleva e permanece próximo à superfície do solo por períodos relativamente longos. A condição de baixa aeração na zona radicular afeta o crescimento das plantas e resulta em baixa produtividade (KRAMER, 1969).

O excesso de água no solo reduz as trocas gasosas entre o solo e a atmosfera. Dessa forma, as condições de drenagem pobre, em geral, acompanham a deficiência de O₂, causando redução da respiração e do volume total de raízes, aumento da resistência ao transporte de água e nutrientes na planta, e formação de compostos tóxicos no solo e na planta (CRUCIANI, 1986).

Com baixa concentração de O₂ no solo, e consequente comprometimento do desenvolvimento do sistema radicular, a planta pode emitir raízes adventícias, que promovem o aumento da superfície de contato entre as raízes e o meio ambiente aéreo, restabelecendo, em parte, a absorção de água, oxigênio e nutrientes. Essa é uma resposta comum em plantas tolerantes (ARMSTRONG et al., 1994; LIAO; LIN, 2001).

A elevação excessiva e prolongada do nível freático do solo, quando coincide com a época de maior sensibilidade da cultura, tem sido um dos fatores considerados mais adversos à produção em terras baixas (HADDAD et al., 2000).

Experimentos realizados com as culturas do trigo, feijão, pimentão e milho, mostraram que o estágio em que o encharcamento causa maior redução de produtividade é a floração, e que no estágio final do ciclo, o efeito adverso do encharcamento diminui (CRUCIANI, 1981b, 1985; SILVA, 1982; CRUCIANI; MINAMI, 1982).

Em plantas de pupunheira, estressadas por excesso de água no solo, Carvalho e Ishida (2002) observaram como principais sintomas do estresse a redução dos teores de clorofila total, N orgânico, P e principalmente K, nos tecidos foliares, além da redução da biomassa das raízes. Na mamoneira, Severino et al. (2005) citam como sintomas principais o murchamento da parte aérea e o apodrecimento das raízes, após um período de 24 horas de estresse.

Plantas de algodão estressadas apresentam redução do número de capulhos e do rendimento de algodão em caroço após dez dias de encharcamento (SOUZA et al., 2001). Para a cultura do milho, outros autores afirmam que as reduções no rendimento de grãos em áreas encharcadas são mais pronunciadas quando o estresse ocorre no início do estágio vegetativo (MUKHTAR et al., 1990).

Pires et al. (2002), trabalhando com a cultura da soja, verificaram que não houve diferença na matéria seca da parte aérea, na área foliar e na estatura das plantas, ocasionada pela inundação do solo em relação à capacidade de campo. Já em relação à matéria seca da raiz, esta foi maior em condições de inundação do solo, provavelmente pela formação de raízes adventícias em profusão nessa situação, fato que não foi evidenciado em plantas de curauá até os vinte dias de alagamento.

O crescimento e desenvolvimento de raízes e da parte aérea são direta e indiretamente afetados pela deficiência de oxigênio no solo. Tais efeitos variam segundo a espécie, o estágio fisiológico da planta e a duração de estresse (PEZESHKI, 1994), além das propriedades do solo (quantidade e qualidade de matéria orgânica, pH, teores de compostos reduzíveis) e da temperatura do solo (MARSCHNER, 1997).

2.4 Coeficiente de drenagem

Segundo Cruciani (1986), o objetivo fundamental da drenagem dos solos agrícolas é impedir a ocorrência de condições de excesso de umidade na zona das raízes, o que acarreta danos à fisiologia da planta, com reflexos de ordem econômica.

Para Bower (1974), em projetos de drenagem, as maiores limitações têm a sido ausência de coeficientes que representem os requerimentos de drenagem das diversas culturas sob condições locais.

O efeito da variação do nível freático na produção de algumas culturas foi estudado por Sieben em 1964 (BOWER, 1974). Sieben introduziu o conceito de SEW_p (somatório dos excedentes de água acima da profundidade p), para determinar os efeitos das flutuações do lençol freático sobre culturas de cereais durante a estação de inverno. O valor de SEW_p pode ser obtido a partir da Equação 1.

$$SEW_p = \sum_{j=1}^m (P - X_j) \quad (1)$$

Em que:

SEW_p - somatório dos excedentes de água acima da profundidade “p”, cm dia;

P - profundidade crítica do lençol freático, cm;

X_j - profundidade média do lençol freático durante o dia j, cm;

m - número de dias em que o lençol freático permanece acima de p durante o ciclo da cultura.

Segundo Wesseling (1974), Sieben considerou como nível crítico do lençol freático a profundidade de 30 cm e passou a utilizar a sigla SEW30. Além de fornecer uma indicação sobre o tempo de permanência do lençol freático a uma profundidade menor que 30 cm, o índice SEW30 permite também uma avaliação da qualidade da drenagem (OBREZA et al., 1993). Sieben observou que a produção de algumas culturas começa a decrescer quando os valores de SEW30 encontram-se entre 100 a 200 cm dia.

O índice diário de estresse (IDS) permite determinar o grau de estresse imposto a uma cultura durante diferentes estádios de desenvolvimento. O IDS é aplicável, não só para caracterizar as necessidades de irrigação, como também as de drenagem, servindo para avaliar tanto os efeitos da deficiência quanto do excesso de água no solo (HILER, 1969; HILER; CLARK, 1971).

O índice diário de estresse (IDS), proposto por Hiler (1969), é obtido pela Equação 2:

$$IDS = \sum_{i=1}^n (SC_i SEW_{30}) \quad (2)$$

Em que:

n – numero de estádios de desenvolvimento;

SC – coeficiente de sensibilidade da cultura, adimensional;

SEW30 – somatório das alturas diárias do lençol freático acima da profundidade de 30 cm, cm dia;

O coeficiente de sensibilidade da cultura pode ser determinado, para diferentes períodos de aplicação do estresse, pela Equação 3:

$$SC_i = \frac{Y - Y_i}{Y} \quad (3)$$

Em que:

Y – produção obtida em plantas não inundadas (testemunhas), Mg ha⁻¹;

Y_i – produção em plantas submetidas à inundação no período i, Mg ha⁻¹.

A determinação do SC consiste em submeter à cultura a um nível específico de estresse (em razão de condições de excesso de água no solo), em cada um dos estádios de desenvolvimento, e comparar a produtividade com

a de um tratamento testemunha que não sofreu estresse. Os valores de SC variam de zero, para o estágio no qual a cultura é insensível ao estresse, até valores próximos de um, para os estágios em que a cultura é mais sensível ao excesso de água no solo (AHMAD; KANWAR, 1989).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização e caracterização da área experimental

O experimento foi desenvolvido no período de 20/12/2011 a 26/03/2012. A área experimental localiza-se no Departamento de Engenharia de Biosistemas da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – USP, no município de Piracicaba-SP, cujas coordenadas geográficas são de 22° 42’ de latitude sul e 47° 38’ de longitude oeste, a 540 m de altitude.

Segundo a classificação de Koppen, o clima da região é do tipo CWa (Tropical Úmido) sendo os meses de junho, julho e agosto os mais secos, com chuvas de verão e secas de inverno, temperatura média do mês mais quente superior a 22 °C e do mês mais frio inferior a 18 °C.

3.2 Descrição da estrutura experimental

O experimento foi conduzido em um ambiente protegido, com cobertura em forma arco, com 6,40 m de largura e 22,50 m de comprimento, e um pé direito de 4,0 m. A parte superior é coberta por uma manta de polietileno de baixa densidade, transparente, com 0,10 mm de espessura; as partes laterais e frontais são revestidas por telas antifídeas e há um rodapé de 0,20 m em concreto armado (Figura 2).



Figura 2 – Ambiente protegido no qual foi conduzido o experimento

A *Brachiaria brizantha* cv. Marandu foi cultivada em lisímetros, que representaram as parcelas experimentais, instalados no interior do ambiente

protegido. Estes lisímetros constituem-se de tubulões de concreto impermeabilizados, com 1,2 m de altura e 0,5 m de diâmetro, totalizando aproximadamente 0,20 m² de área plantada e 235 litros de volume útil, por parcela.

O fornecimento de água para os lisímetros é realizado através de dois reservatórios de cimento-amianto, com capacidade de 1000 litros cada, munidos de uma chave bóia e instalados a 1,8 m da superfície do solo, sobre um tablado de madeira com 2,5 m de comprimento, 1,6 m de largura e 1,6 m de altura, localizado no interior do ambiente protegido (Figura 3).

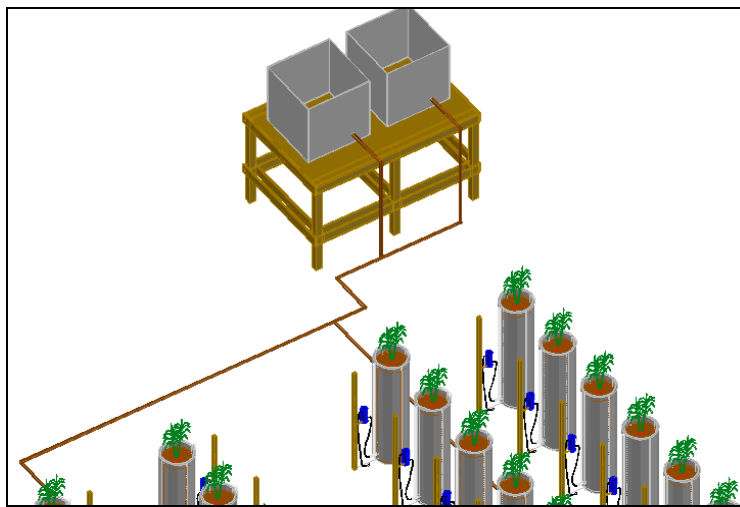


Figura 3 – Esquema das caixas d'água

3.3 Inundação dos lisímetros

Para admissão de água e para a drenagem foram feitos orifícios, próximos à base dos lisímetros, onde foram inseridos tubos de PVC de 19 mm de diâmetro, vedados com massa epóxi e veda calha. Os tubos têm comprimento de 0,60 m, com furos de 5 mm em seu perímetro, espaçados entre si de 0,05 m; para facilitar a drenagem e evitar o carreamento de partículas de solo, utilizou-se manta geotextil do tipo Bidim (OP – 20) e uma camada de 0,10 m de brita lavada.

Cada lisímetro possui uma entrada para água na parte inferior. Estas entradas foram conectadas a reservatórios móveis auxiliares, permitindo manter o nível freático no interior dos lisímetros na profundidade desejada, como mostra a Figura 4 (um esquema de um lisímetro-parcelar).

O abastecimento de água aos lisímetros é feito por meio de uma rede subterrânea de tubos de PVC e de polietileno, de 19,0 e 12,5 mm de diâmetro, respectivamente, enterrados a 0,20 m de profundidade, e localizados entre as linhas da bateria de tubulões. Os tubos de PVC foram cortados para a instalação das derivações onde foram acopladas as mangueiras de polietileno de 12,5 mm, conectadas aos reservatórios retangulares de 0,30 x 0,27 x 0,40 m, confeccionados a partir de bombonas de 30 litros, providos com chaves bóia (Figura 4); a saída de água para os lisímetros é controlada por um mini registro (Figura 4). Estes reservatórios são utilizados para controlar e manter constante o nível freático no interior dos lisímetros, individualmente, durante a realização dos tratamentos. Para melhor visualização do nível freático e visando facilitar a aplicação dos tratamentos, foram instalados, em todas as parcelas, poços de observação confeccionados com tubos de PVC de 0,80 m de comprimento, perfurados com furos 4,0 mm de diâmetro (Figura 4), envolvidos com manta geotextil (Bidim OP-20). Instalaram-se, também, piezômetros de mangueiras de cristal de 7 mm de diâmetro, apoiadas em sarrafos de madeira (Figura 4).

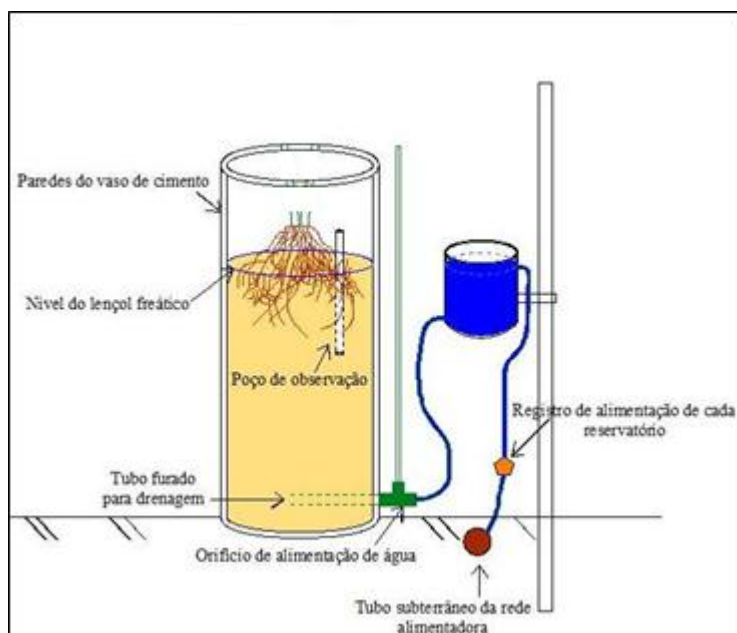


Figura 4 – Esquema de um lisímetro parcelar



Figura 5 – Bombonas móveis para controlar o NF e tubo de alimentação

3.4 Metodologia para o estabelecimento das diferentes velocidades de rebaixamento do nível freático

Para estudar o efeito causado pelas diferentes velocidades de rebaixamento do nível freático, nas três épocas de corte da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, foi adotada a metodologia utilizada por Williamson e Schilfgaard (1965), comumente empregada em pesquisas sobre o desenvolvimento de culturas sob condições de solos inundados, tanto em casa de vegetação quanto em experimentos de campo. A metodologia consiste na elevação do NF, em determinado estágio de desenvolvimento da cultura, durante intervalos de tempo, e posterior rebaixamento do mesmo. Neste trabalho, foi realizado o rebaixamento do NF em diferentes velocidades, após um período de inundação do sistema radicular das plantas. Essa inundação foi determinada pelas épocas de corte da cultura. A inundação do primeiro corte ocorreu 15 dias após o plantio (DAP); a inundação do segundo corte ocorreu aos 40 DAP, e do terceiro corte aos 70 DAP.

O efeito da inundação nas plantas foi estudado com o rebaixamento progressivo do NF a uma profundidade de 30 cm, em 3, 6, 9, 12 e 15 dias, após manter uma lâmina de 2 cm, aproximadamente, acima da superfície do solo, por 12 horas. Em seguida o rebaixamento progressivo foi feito até a drenagem total do lisímetro.

Cada lisímetro foi inundado uma única vez, no momento em que a planta atingiu a época anteriormente estabelecida, exceto para o tratamento controle (testemunha), que foi apenas irrigado.

3.5 Cálculo das profundidades intermediárias do lençol freático

Para o estabelecimento das profundidades intermediárias do lençol freático, relativas aos diferentes tratamentos durante os rebaixamentos, foi utilizada a fórmula de Boussinesq e Glover (SCHILFGAARDE, 1974) representada pela Equação 4.

$$S^2 = \frac{9 \cdot K \cdot t}{2 \cdot \alpha} \cdot \left(\frac{h_0 \cdot h_t}{h_0 - h_t} \right) \quad (4)$$

Em que:

S – espaçamentos entre drenos, m;

K – condutividade hidráulica do solo saturado, m d⁻¹;

t – tempo de rebaixamento, d;

α – porosidade drenável, decimal;

h₀ – distância inicial do lençol em relação ao plano que passa na linha dos drenos, m; e

h_t – distância final do lençol freático em relação ao plano que passa na linha dos drenos, m.

Desenvolvendo-se a equação 4, obtém-se:

$$\frac{S^2 \cdot 2 \cdot \alpha}{9 \cdot K} = \frac{t \cdot h_0 \cdot h_t}{(h_0 - h_t)} \quad (5)$$

Introduzindo uma variável auxiliar W, tem-se:

$$W = \frac{S^2 \cdot 2 \cdot \alpha}{9 \cdot K} \quad (6)$$

Substituindo-se (6) em (5), obtém-se a equação 7:

$$W = \frac{t \cdot h_0 \cdot h_t}{(h_0 - h_t)} \quad (7)$$

Explicitando-se o valor de h_t na equação 7, tem-se a equação 8:

$$h_t = \frac{W \cdot h_0}{(W + t \cdot h_0)} \quad (8)$$

Considerando $h_0 = 0,80$ m (distância do centro do tubo de drenagem à superfície do solo) e $h_t = 0,50$ m (distância do centro do tubo de drenagem ao plano localizado a uma profundidade de 30 cm abaixo da superfície do solo), para t igual a 3, 6, 9, 12 e 15 dias, obtém-se os valores de W igual a 4, 8, 12, 16 e 20, pela Equação 7. A Equação 8, aplicada com estes valores de W , foi utilizada para o cálculo das profundidades intermediárias do lençol freático, visando contabilizar o fato do rebaixamento do lençol não ser linear. Como resultados foram obtidos as profundidades apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Profundidade de rebaixamento do nível freático

(continua)

Dias	Rebaixamento de 30 cm em				
	3 dias	6 dias	9 dias	12 dias	15 dias
0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,5	-7,3	-3,8	-2,6	-2,0	-1,6
1	-13,3	-7,3	-5,0	-3,8	-3,1
1,5	-18,5	-10,4	-7,3	-5,6	-4,5
2	-22,9	-13,3	-9,4	-7,3	-5,9
2,5	-26,7	-16,0	-11,4	-8,9	-7,3
3	-30,0	-18,5	-13,3	-10,4	-8,6
3,5	-32,9	-20,7	-15,1	-11,9	-9,8
4	-35,6	-22,9	-16,8	-13,3	-11,0
4,5	-37,9	-24,8	-18,5	-14,7	-12,2
5	-40,0	-26,7	-20,0	-16,0	-13,3
5,5	-41,9	-28,4	-21,5	-17,3	-14,4
6	-43,6	-30,0	-22,9	-18,5	-15,5
6,5	-45,2	-31,5	-24,2	-19,6	-16,5
7	-46,7	-32,9	-25,5	-20,7	-17,5
7,5	-48,0	-34,3	-26,7	-21,8	-18,5
8	-49,2	-35,6	-27,8	-22,9	-19,4
8,5	-50,4	-36,8	-28,9	-23,9	-20,3

Tabela 1 – Profundidade de rebaixamento do nível freático

(continuação)

Dias	Rebaixamento de 30 cm em				
	3 dias	6 dias	9 dias	12 dias	15 dias
9	-51,4	-37,9	-30,0	-24,8	-21,2
9,5	-52,4	-39,0	-31,0	-25,8	-22,0
10	-53,3	-40,0	-32,0	-26,7	-22,9
10,5	-54,2	-41,0	-32,9	-27,5	-23,7
11	-55,0	-41,9	-33,8	-28,4	-24,4
11,5	-55,8	-42,8	-34,7	-29,2	-25,2
12	-56,5	-43,6	-35,6	-30,0	-25,9
12,5	-57,1	-44,4	-36,4	-30,8	-26,7
13	-57,8	-45,2	-37,1	-31,5	-27,4
13,5	-58,4	-46,0	-37,9	-32,2	-28,1
14	-58,9	-46,7	-38,6	-32,9	-28,7
14,5	-59,5	-47,3	-39,3	-33,6	-29,4
15	-60,0	-48,0	-40,0	-34,3	-30,0
15,5	-60,5	-48,6	-40,7	-34,9	-30,6
16	-61,0	-49,2	-41,3	-35,6	-31,2
16,5	-61,4	-49,8	-41,9	-36,2	-31,8
17	-61,8	-50,4	-42,5	-36,8	-32,4
17,5	-62,2	-50,9	-43,1	-37,3	-32,9
18	-62,6	-51,4	-43,6	-37,9	-33,5
18,5	-63,0	-51,9	-44,2	-38,4	-34,0
19	-63,3	-52,4	-44,7	-39,0	-34,5
19,5	-63,7	-52,9	-45,2	-39,5	-35,1
20	-64,0	-53,3	-45,7	-40,0	-35,6
20,5	-64,3	-53,8	-46,2	-40,5	-36,0
21	-64,6	-54,2	-46,7	-41,0	-36,5
21,5	-64,9	-54,6	-47,1	-41,4	-37,0
22	-65,2	-55,0	-47,6	-41,9	-37,4
22,5	-65,5	-55,4	-48,0	-42,4	-37,9
23	-65,7	-55,8	-48,4	-42,8	-38,3
23,5	-66,0	-56,1	-48,8	-43,2	-38,8

Tabela 1 – Profundidade de rebaixamento do nível freático

(conclusão)

Dias	Rebaixamento de 30 cm em				
	3 dias	6 dias	9 dias	12 dias	15 dias
24	-66,2	-56,5	-49,2	-43,6	-39,2
24,5	-66,4	-56,8	-49,6	-44,0	-39,6
25	-66,7	-57,1	-50,0	-44,4	-40,0
25,5	-66,9	-57,5	-50,4	-44,8	-40,4
26	-67,1	-57,8	-50,7	-45,2	-40,8
26,5	-67,3	-58,1	-51,1	-45,6	-41,2
27	-67,5	-58,4	-51,4	-46,0	-41,5
27,5	-67,7	-58,7	-51,8	-46,3	-41,9
28	-67,9	-58,9	-52,1	-46,7	-42,3
28,5	-68,1	-59,2	-52,4	-47,0	-42,6
29	-68,2	-59,5	-52,7	-47,3	-43,0
29,5	-68,4	-59,7	-53,0	-47,7	-43,3
30	-68,6	-60,0	-53,3	-48,0	-43,6
30,5	-68,7	-60,2	-53,6	-48,3	-44,0
31	-68,9	-60,5	-53,9	-48,6	-44,3
31,5	-69,0	-60,7	-54,2	-48,9	-44,6
32	-69,2	-61,0	-54,5	-49,2	-44,9
	fundo	fundo	fundo	fundo	fundo

3.6 Planejamento estatístico

O delineamento estatístico adotado foi o de blocos aleatorizados, em um arranjo fatorial de $[(3 \times 5) + 1] \times 4$, sendo 3 cortes em que a inundação foi realizada, 5 velocidades de rebaixamento do nível freático e uma testemunha, constituindo 16 tratamentos com 4 repetições, totalizando 64 parcelas (lisímetros).

Para análise estatística, foi realizada análise de variância, cujo esquema é apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 – Esquema da análise de variância utilizada para o experimento com a cultura

Causa de variação	Graus de liberdade
Blocos	3
Velocidade de rebaixamento	4
Época do corte	2
Interação velocidade x época do corte	8
Tratamentos ((períodos x velocidade)+testemunha)	15
Resíduo	45
Total	63

3.7 Condução do experimento

3.7.1 Caracterização do solo

Para o preenchimento dos lisímetros, utilizou-se um material de solo classificado como Latossolo Vermelho Amarelo (série “Sertãozinho”), textura franco-arenosa, retirado do seu perfil natural na profundidade de 0 a 50 cm.

Foi realizada uma análise do solo que é apresentada na Tabela 3, onde foram determinadas as características físicas (granulometria) e químicas (pH, bases trocáveis, alumínio e hidrogênio extraíveis, carbono orgânico, CTC, soma de bases, saturação por bases e por alumínio) segundo Raij e Quaggio (1983).

Tabela 3 – Análises física e química do solo realizada antes do início do experimento

Resultado de Análise Granulométrica											
Identif. da Amostra	Areias (g/kg)						Silte (g/kg)	Argilas (g/kg)		Floculação (%)	Classe de Textura
	AMG	AG	AM	AF	AMF	AT		c/disp.	água		
Amostra Estufa	#	#	#	#	#	742	32	225	#	#	md-ar.

RESULTADO DE ANÁLISE													
Amostra	pH	MO	P	S	K	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	CTC	V	m
Amostra Estufa	4,8	9	6	7	0,9	24	7	0,9	20,61	31,9	52,5	61	3

Unidades: M.O. (g.dm⁻³); P e S-SO₄ (mg.dm⁻³); K, Ca, Mg, Al, H+Al, SB e T (mmolc.dm⁻³); V e m (%).

RESULTADO DE ANÁLISE						
Amostra	B	Cu	Fe	Mn	Zn	
Amostra Estufa	0,17	0,9	23	12,7	0,7	

Boro, Cobre, Ferro, Manganês, Zinco (mg.dm⁻³).

3.7.2 Acondicionamento do solo

O solo foi homogeneizado antes do preenchimento dos lisímetros. Foi realizada uma calagem no momento em que os lisímetros eram preenchidos, utilizando-se calcário dolomítico na dosagem 2 Mg ha⁻¹ (40 g por lisímetro).

3.7.3 Adubação

A adubação química foi feita em função da demanda da cultura, parcelada em 3 vezes, sendo uma antes do plantio, uma após o primeiro corte e a última após o segundo corte.

Para as adubações, foram utilizados K₂NO₃ (nitrato de potássio) como fonte de N e K, NH₄NO₃ (nitrato de amônio), como fonte de N, e KH₂PO₄ (fosfato monopotássico) como fonte de P e K.

Na primeira adubação, foram aplicados 8,23 g de KH₂PO₄, 9,64 g de NH₄NO₃ e 9,64 g de K₂NO₃ por parcela. Nas adubações 2 e 3 foram aplicados somente 9,64 g de NH₄NO₃ e 9,64 g de K₂NO₃ por parcela.

3.7.4 Manejo da irrigação

Durante cada época, existiam tratamentos que não foram submetidos a estresse. Nestes, as plantas eram irrigadas de forma que o solo se mantivesse aproximadamente na Capacidade de Campo (CC). O NF ficava estacionado a uma profundidade de 40 cm, adotada como suficiente para que houvesse sub-irrigação. Com exceção dos períodos em que os tratamentos estavam sendo aplicados, no restante do tempo, as plantas eram irrigadas.

Quando se detectava que as leituras dos tensiômetros estavam acima da tensão especificada de 50 kPa, os registros dos reservatórios eram abertos e permaneciam nesse nível por 24 horas. Deste modo, a lâmina aplicada em cada irrigação era suficiente para elevar novamente a umidade do solo próxima ao valor da umidade na capacidade de campo (6 kPa), caracterizada pela curva característica de retenção da água no solo apresentada na Figura 6, retirada de Tavares (2009).

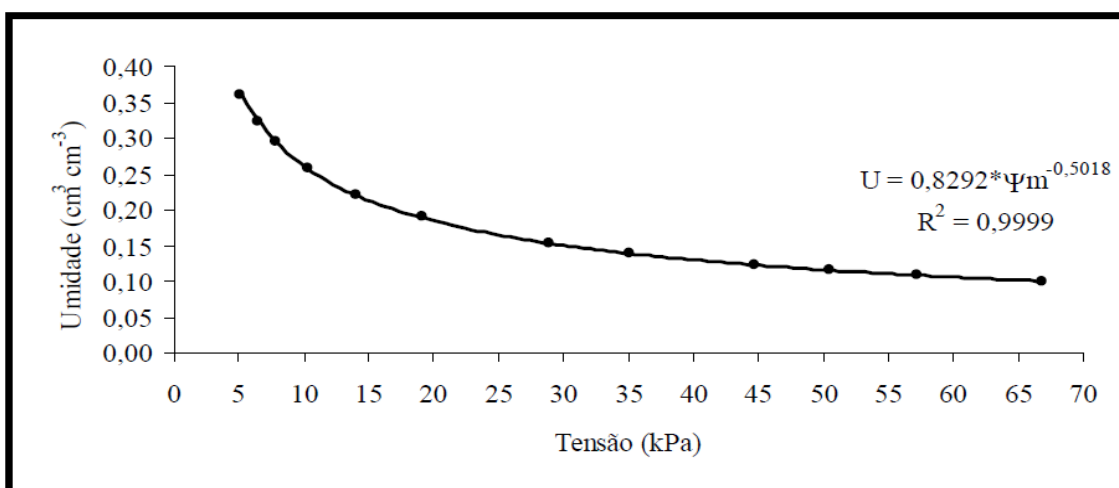


Figura 6 – Curva de retenção da água no solo

O plantio foi realizado na primeira semana de janeiro (dia 05/01/2012); 15 dias após o plantio (DAP) os tratamentos começaram a ser aplicados. Aos 40 DAP foi realizado o primeiro corte, aos 70 DAP foi realizado o segundo corte e aos 100 DAP foi realizado o terceiro corte. Os tratamentos relativos aos cortes 1, 2 e 3 foram aplicados 15, 45 e 75 DAP, respectivamente.

Após cada corte, foi feita a coleta da matéria verde; esta foi pesada e uma amostra foi enviada para estufa, para posteriormente ser pesada a matéria seca. A matéria seca foi utilizada para realização da análise de macronutrientes.

A altura de corte adotada foi a de 20 cm do solo. Esse valor foi discutido com pesquisadores e professores da ESALQ, que trabalham constantemente com diferentes espécies de gramíneas. A altura de corte é importante no rebrote pela eliminação ou não de meristemas apicais, área foliar remanescente e pela diminuição ou não das reservas orgânicas acumuladas (CORSI, 1972).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas tabelas 4 e 5 podem são apresentados os resultados da análise de variância para Massa Úmida Total e Massa Seca Total, em função das velocidades de rebaixamento do NF e das épocas de corte. Observou-se que não houve diferença estatística significativa para a maioria dos tratamentos, com exceção da Massa Úmida Total e Massa Seca Total na época C3, para a fonte de variação velocidade.

Tabela 4 – Resultados dos quadrados médios da análise de variância, de Massa Úmida Total, para a gramínea *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, em função das velocidades de rebaixamento do NF e das épocas de corte

		Quadrado Médio		
		C1	C2	C3
FV	GL	Massa Úmida Total		
Velocidade(V)	5	86699,03 ^{ns}	51099,19 ^{ns}	38725,06 ^{**}
Bloco	3	243094,90 [*]	123441,12 ^{ns}	18925,26 ^{ns}
Resíduo	15	57392,08	72919,63	8009,32
Média Geral	-	2082,90	1119,72	313,36
CV (%)	-	11,50	24,12	28,56

Tabela 5 – Resultados dos quadrados médios da análise de variância, de Massa Seca Total, para a gramínea *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, em função das velocidades de rebaixamento do NF e das épocas de corte

		Quadrado Médio		
		C1	C2	C3
FV	GL	Massa Seca Total		
Velocidade(V)	5	6823,29 ^{ns}	2335,05 ^{ns}	1916,38 [*]
Bloco	3	24653,20 ^{**}	4415,38 ^{ns}	650,57 ^{ns}
Resíduo	15	2746,10	3180,26	471,41
Média Geral	-	503,42	238,38	76,61
CV (%)	-	10,41	23,66	28,34

Segundo Paulino (2004), a disponibilidade e a qualidade das forrageiras são influenciadas pela espécie e pela cultivar, pelas propriedades químicas e físicas do solo, pelas condições climáticas, pela idade fisiológica e pelo manejo a que a forrageira é submetida.

Na Tabela 6 são apresentados os valores médios das variáveis Massa Úmida Total e Massa Seca Total, dentro das diferentes velocidades de rebaixamento do NF, para a época de corte 3. Apenas a velocidade 1, que rebaixa o NF até 30 cm em 3 dias não diferiu estatisticamente da testemunha.

Tabela 6 – Valores médios, em g parcela⁻¹, das variáveis Massa Úmida Total e Massa Seca Total, no corte 3, para as diferentes velocidades de rebaixamento do NF

Velocidade	Massa Úmida Total	Massa Seca Total
T	471,92a	112,10a
1	385,49a	89,40a
2	213,74b	52,33b
3	290,37b	74,12b
4	229,59b	57,34b
5	289,06b	74,40b

De acordo com Alencar et al. (2009), a estação primavera/verão proporciona maior altura de planta em relação a estação outono/inverno, conseqüentemente, maior produção de massa verde e seca.

A apresentação da análise de variância para os teores de macronutrientes nas folhas de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu é feita nas Tabelas 7, 8 e 9. Os teores de macronutrientes nas folhas não diferiram estatisticamente, em sua maioria, com exceção do fósforo no corte C2 e enxofre no corte C3, para fonte de variação velocidade.

Tabela 7 – Resultados dos quadrados médios da análise de variância, de nitrogênio (N) e potássio (K), para a gramínea *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, em função das velocidades de rebaixamento do NF e das épocas de corte

		Quadrado Médio					
		C1	C2	C3	C1	C2	C3
FV	GL	N			K		
Velocidade(V)	5	5,32 ^{ns}	17,55 ^{ns}	43,17 ^{ns}	60,30 ^{ns}	84,59 ^{ns}	37,65 ^{ns}
Bloco	3	97,20**	30,98*	37,09 ^{ns}	240,03**	106,86*	30,00 ^{ns}
Resíduo	15	4,32	6,65	16,46	21,90	30,72	20,89
Média Geral	-	10,28	13,72	28,73	22,73	27,70	32,35
CV (%)	-	20,21	18,79	14,12	20,59	20,01	14,13

Tabela 8 – Resultados dos quadrados médios da análise de variância, de fósforo (P) e cálcio (Ca), para a gramínea *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, em função das velocidades de rebaixamento do NF e das épocas de corte

		Quadrado Médio					
		C1	C2	C3	C1	C2	C3
FV	GL	P			Ca		
Velocidade(V)	5	0,37 ^{ns}	0,71*	0,13 ^{ns}	0,37 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,52 ^{ns}
Bloco	3	0,92**	0,50 ^{ns}	0,35 ^{ns}	1,73 ^{ns}	3,52**	0,91 ^{ns}
Resíduo	15	0,16	0,24	0,21	0,56	0,57	0,32
Média Geral	-	1,40	2,42	2,87	2,55	3,83	3,40
CV (%)	-	28,98	20,10	15,91	29,29	19,74	16,56

Tabela 9 – Resultados dos quadrados médios da análise de variância, de magnésio (Mg) e enxofre (S), para a gramínea *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, em função das velocidades de rebaixamento do NF e das épocas de corte

		Quadrado Médio					
		C1	C2	C3	C1	C2	C3
FV	GL	Mg			S		
Velocidade(V)	5	1,04 ^{ns}	1,62 ^{ns}	0,59 ^{ns}	0,23 ^{ns}	0,23 ^{ns}	0,18*
Bloco	3	2,44*	2,24 ^{ns}	1,09 ^{ns}	1,38**	0,16 ^{ns}	0,09 ^{ns}
Resíduo	15	0,56	1,28	0,61	0,13	0,11	0,05
Média Geral	-	2,92	3,76	4,72	0,95	1,25	1,90
CV (%)	-	25,69	30,09	16,49	37,55	26,21	11,59

Esse resultado pode ser explicado por Caetano e Dias-Filho (2008); esses autores avaliaram 6 espécies de gramíneas, inclusive o capim-marandu, e constataram que ele é menos tolerante ao excesso de água no solo. Apesar de apresentar maior valor de massa de folhas (g MS) que as demais espécies, ao longo do tempo observou-se que a sua produção diminuiu mais acentuadamente que as demais, como pode ser observado na Figura 1.

O potássio e o nitrogênio foram os nutrientes extraídos em maiores quantidades pelas plantas analisadas, seguidos por fósforo, cálcio, enxofre e magnésio, estando de acordo com Bianco et al. (2005).

5 CONCLUSÕES

- O terceiro corte produziu massa inferior aos dois primeiros;
- Não houve diferença significativa entre as velocidades de rebaixamento do NF medidas dentro de cada corte, com exceção do terceiro corte.
- Como critério de drenagem conservador, preconiza-se o rebaixamento do NF até 30 cm em 3 dias.

REFERÊNCIAS

- AHMAD, N.; KANWAR, R.S. Crop susceptibility factors of corn and their effect on stress day index. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 32, p. 1979-1986, 1989.
- ALCÂNTARA, P.B.; BUFARAH, G. **Plantas forrageiras: gramíneas e leguminosas**. São Paulo: Nobel, 1999. 165 p.
- ALENCAR, C.A.B.; OLIVEIRA, R.A.; CÓSER, A.C.; MARTINS, C.E.; CUNHA, F.F.; FIGUEIREDO, J.L.A.; LEAL, B.G.; CECON, P.R. Cobertura do solo e altura de capins cultivados sob pastejo com distintas lâminas de irrigação e estações anuais. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 25, n. 1, p. 113-121, Jan./Feb. 2009.
- ARMSTRONG, W.; JUSTIN, S.H.F.W.; BECKETT, P.M.; LYTHER, S. Root adaptation to soil waterlogging. **Aquatic Botany**, Nijmegen, v. 39, p. 57-73, 1991.
- BIANCO, S.; TONHÃO, M.A.R.; PITELLI, R.A. Crescimento e nutrição mineral de capim-braquiária. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 23, n. 3, p. 423-428, 2005.
- BOWER, H. Developing drainage design criteria. In: SCHILFGAARDE, J. van. **Drainage for agriculture**. Madison: American Society of Agronomy, 1974. chap. 5, p. 67-97.
- CAETANO, L.P.S.; DIAS-FILHO, M.B. Responses of six *Brachiaria* spp. accessions to root zone flooding. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 37, n. 5, p. 795-801, 2008.
- CARVALHO, C.J.R.; ISHIDA, F.Y. Respostas de pupunheiras (*Bactris gasipaes* Kunth) jovens ao alagamento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 9, p. 1231-1238, 2002.
- CORSI, M. **Estudos da produtividade e do valor nutritivo do capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.), variedade Napier submetido a diferentes frequências e alturas de corte**. 1972. 139 p. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1972.
- COSTA, N.L.; GONÇALVES, C.A.; OLIVEIRA, J.R.C.; OLIVEIRA, M.A.S.; MAGALHÃES, J.A. **Resposta de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu à regimes de cortes**. Porto Velho: Embrapa Rondônia, 2004. 4 p. (Comunicado Técnico, 279).
- CRUCIANI, D.E. Caracterização agronômica de coeficientes de drenagem para elaboração de projetos. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE HIDROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS, 4., 1981, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: ABRH, 1981. p. 500-514.

_____. Caracterização agrônômica do coeficiente de drenagem para elaboração de projetos com a cultura do milho (*Zea mays* L.) **Revista Item**, Brasília, n. 22, p. 28-31, 1985.

_____. **A drenagem na agricultura**. 4. ed. São Paulo: Nobel, 1986. 337 p.

CRUCIANI, D.E.; MINAMI, K. Susceptibilidade do pimentão (*Capsicum annum* L.) a inundações temporárias do sistema radicular. **Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"**, Piracicaba, v. 39, p. 137-150, 1982.

DIAS-FILHO, M.B. Opções forrageiras para áreas sujeitas a inundação ou alagamento temporário. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGEM, 22., 2005, Piracicaba. **Teoria e prática da produção animal em pastagens: anais...** Piracicaba: FEALQ, 2005. p. 71-93.

DYCK, J.; NELSON, K. **Structure of global markets for meat**. Washington: USDA, Economic Research Service, 2003. 32 p. (Agriculture Information Bulletin, 785).

FERRAZ, J.B.S.; FELÍCIO, P.E. de. Production systems: an example from Brazil. **Meat Science**, Copenhagen, v. 84, p. 238–243, 2009.

HADDAD, M.C., PLATSZECK, O.C., TAMASSIA, M.F.L., CASTRO, F.G.F. Estabelecimento do capim sectária cv. Kazungula em condições de inundação. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 57, n. 2, p. 205-212. Apr./June 2000.

HILER, E.A. Quantative evaluation of crop drainage requirements. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.12, n.4, p.499-509, 1969.

HILER, E.A.; CLARK, R.N. Stress day index to characterize effects of water stress on crop yields. **Transaction of the ASAE**, St. Joseph, v. 14, n. 4, p. 757-761, 1971.

KRAMER, P.J. **Plant and soil relationships: a modern synthesis**. New York: McGraw-Hill, 1969. 482 p.

LIAO, C.T.; LIN, C.H. Physiological adaptation of crop plants to flooding stress. **Proceedings of the National Science Council**, Taichung, v. 25, n. 3, p. 148-157, 2001.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2nd ed. London: Academic Press, 1997. 889 p.

MUKHTAR, S.; BAKER, J.L.; KANWAR, R.S. Corn growth as effected by excessive soil water. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 33, p. 437-442, 1990.

OBREZA, T.A.; YAMATAKI, L.; PEARLSTINE, G. Classification of land suitability for citrus production using Draimond. **Journal of Soil and Water Conservation**, Ankeny, v. 48, n. 1, p. 58-64, 1993.

PAULINO, V.T. Potencialidade de pastagens tropicais para produção animal. In: SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO ANIMAL A PASTO NO NORTE PIONEIRO, 2004, Santo Antonio da Platina. **Anais...**

PEZESHKI, S.R. Plant response of flooding. In: WILKINSON, R.E. **Plant-environment interactions**. New York: M. Dekker, 1994. p. 289-321.

PIRES, J.L.F.; SOPRANO, E.; CASSO, B. Adaptações morfofisiológicas da soja em solo inundado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 1, p. 41-50, 2002.

RAIJ, B. van; QUAGGIO, J.A. **Métodos de análise de solo para fins de fertilidade**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1983. 31 p.

SCHILFGAARDE, J.V. Nonsteady flow to drains. In: _____. **Drainage for agriculture**. Madison: American Society of Agronomy, 1974. p. 245-270.

SCHILFGAARDE, J.V.; WILLIAMSOM, P.E. Studies of crops response to drainage growth chambers. **Transaction of the ASAE**. St Joseph, v. 8, p. 94-97, 1965.

SEVERINO, L.S.; LIMA, C.L.D.; BELTRÃO, N.E. de M.; CARDOSO, G.D.; FARIAS, V.A. **Comportamento da mamoneira sob encharcamento do solo**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2005. 14 p. (Embrapa Algodão. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 57).

SILVA, A.S. **O pro-várzeas em propriedades selecionadas do município de Curvelo-MG**. 1982. 77 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1982.

SOUZA, G.J.; BELTRÃO, N.E.M.; SANTOS, J.W. dos. Fisiologia e produtividade do algodoeiro em solo encharcado na fase de plântula. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 3, p.425-430, 2001.

TAVARES, A.C.S. **Sensibilidade da cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) ao excesso de água no solo**. 2009. 221 p. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.

WESSELING, J. Crop growth and wet soils. In: SCHILFGAARDE, J. van. **Drainage for agriculture**. Madison: American Society of Agronomy, 1974. chap. 2, p. 7-37. (Agronomy Monograph, 17).