

JORGE LUIZ SCHIRMER DE MATTOS

AVALIAÇÕES MORFOFISIOLÓGICAS DE ESPÉCIES DE *Brachiaria* SOB  
DIFERENTES DISPONIBILIDADES DE ÁGUA NO SOLO

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Zootecnia, para a obtenção do título de “Doctor Scientiae”.

VIÇOSA  
MINAS GERAIS-BRASIL  
2001

À Zélia Luiza, pela beleza do ser.

A liberdade e a vida só são merecidas  
àqueles que as conquistam de novo a cada dia.  
(Goethe).

Aos pesquisadores José Alberto Gomide  
e Cacilda Borges do Valle,

MINHA HOMENAGEM.

## AGRADECIMENTO

Aos meus pais, Francisco Jesus de Mattos e Guiomar Elena Schirmer de Mattos, pelo amor e exemplo de vida.

Aos meus irmãos Helena, João, José (*in memoriam*), Jerônimo, Eni e Elsa e cunhados e sobrinhos, pelo apoio, carinho e pela amizade.

À Universidade Federal de Viçosa (UFV), pela oportunidade de realização do Programa de Doutorado em Zootecnia.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudos.

Ao professor José Alberto Gomide, pela orientação e pelos ensinamentos proveitosos.

Aos professores Dilermando Miranda da Fonseca e Carlos Alberto Martinez y Huaman, Hugo Alberto Ruiz, Odilon Gomes Pereira e Rasmô Garcia, pelas valiosas críticas e sugestões.

Aos professores Paulo Roberto Cecon e Adair José Regazzi, pela inestimável contribuição durante as análises estatísticas.

Aos professores Jaime Wilson Vargas de Mello, Luiz Claudio Costa, Marco Antonio Oliva Cano, Cacilda Borges do Valle e Paulo Resende Fontes, pelas sugestões apresentadas durante a elaboração do projeto de pesquisa.

Aos alunos estagiários, Adriano, Antonio, Fabiano, Gustavo, Marcelo, Rodrigo, Leonardo, Ricardo, Welton e André Leite Pereira e Kátia Fernanda

Gobbi, em especial, pela dedicação, pelo companheirismo e pela amizade fraterna.

Aos funcionários da Agrostologia, Equideocultura e Estábulo, em especial, Nicolau e Fernando, pelo auxílio na execução dos trabalhos a campo.

Aos funcionários da Unidade de Crescimento de Plantas do Departamento de Biologia Vegetal, Mercês, Bosco e Rogério, pela colaboração espontânea.

Ao colega Edinaldo, pela classificação do solo usado nos experimentos.

Ao colega Gilson, pelas dicas sobre o SAEG.

Aos colegas Luiz Cláudio, Marco Antonio, Carlos Augusto e Domingos, pela amizade e colaboração na execução dos trabalhos.

Aos colegas da Zootecnia, Eduardo, Emerson, Alex, Ismail, Álan, Adriana, Helder Quadros Santos e Roberto Almeida Giolo, pela amizade e convívio fraternos.

Aos companheiros de república, Ernandis, Paulo Henrique e Carlos, pela amizade e boa convivência.

A todos os colegas do FUT-600, em especial a Josias, Fadel, Marlos, Edinaldo, Tônico, Claudivan, Gilsinho, Gilson, Ernandis, Gilmar, Márcio, Jean e Jeferson, que pensam e fazem o futebol como uma forma de lazer.

## **BIOGRAFIA**

JORGE LUIZ SCHIRMER DE MATTOS, filho de Francisco Jesus de Mattos e Guiomar Elena Schirmer de Mattos, nasceu em Condor, Rio Grande do Sul, em 02 de setembro de 1965.

Em dezembro de 1992, graduou-se em Engenharia-Agrônoma pela Universidade de Passo Fundo, em Passo Fundo, Rio Grande do Sul, onde foi Diretor de Cultura do Diretório Acadêmico da Faculdade de Agronomia, Secretário Geral, Presidente do Diretório Central de Estudantes e Membro do Conselho Universitário e do Conselho de Administração e Planejamento da Universidade de Passo Fundo.

Em junho de 1995, obteve o título de Mestre em Zootecnia, pela Faculdade de Zootecnia da Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais, onde foi Vice-Coordenador Geral da Associação de Pós-graduandos e Coordenador Geral da Comissão Organizadora do VII Congresso de Pós-Graduação da ESAL.

Em agosto de 1995, iniciou o Programa de Pós-graduação em Zootecnia, em nível de Doutorado, na Universidade Federal de Viçosa, concentrando seus estudos na área de Forragicultura.

## ÍNDICE

	Página
RESUMO .....	ix
ABSTRACT .....	xi
INTRODUÇÃO.....	1
REFERÊNCIAS BIBLIGRÁFICAS.....	4
<b>Crescimento de Espécies do Gênero <i>Brachiaria</i>, sob Déficit Hídrico, em Casa de Vegetação .....</b>	<b>6</b>
Resumo.....	6
Abstract.....	7
1. Introdução.....	8
2. Material e Métodos.....	9
3. Resultados e Discussão.....	17
3.1. Características morfogênicas sob déficit hídrico.....	17
3.2. Características fisiológicas .....	21
3.2.1. Características fisiológicas sob déficit hídrico .....	21
3.2.2. Características fisiológicas durante recuperação do déficit hídrico .....	27
3.3. Produção de biomassa.....	33
3.3.1. Produção de biomassa sob déficit hídrico .....	33

3.3.2. Produção de biomassa durante recuperação do déficit hídrico .....	41
4. Conclusões.....	49
5. Referências Bibliográficas.....	50
<b>Crescimento de Espécies do Gênero <i>Brachiaria</i> sob Alagamento em Casa de Vegetação .....</b>	<b>56</b>
Resumo .....	56
Abstract .....	57
1. Introdução .....	58
2. Material e Métodos .....	59
3. Resultados e Discussão .....	65
3.1. Características morfogênicas sob alagamento .....	65
3.2. Características fisiológicas .....	67
3.2.1. Características fisiológicas sob alagamento .....	67
3.2.2. Características fisiológicas durante a recuperação do alagamento .....	71
3.3. Produção de biomassa .....	75
3.3.1. Produção de biomassa sob alagamento.....	75
3.3.2. Produção de biomassa durante recuperação do alagamento..	80
4. Conclusões .....	84
5. Referências Bibliográficas .....	85
<b>Crescimento de Espécies de <i>Brachiaria</i> sob Déficit Hídrico e Alagamento a Campo .....</b>	<b>90</b>
Resumo.....	90
Abstract.....	92
1. Introdução.....	94
2. Material e Métodos.....	95
3. Resultados e Discussão.....	103
3.1. Características morfogênicas sob déficit hídrico ou alagamento....	103
3.2. Potencial hídrico de lâminas foliares .....	107

3.3. Produção de biomassa sob déficit hídrico ou alagamento .....	108
3.3.1. Produção de biomassa .....	108
3.3.2. Produção relativa de biomassa .....	113
4. Conclusões.....	115
5. Referências Bibliográficas.....	116
RESUMO E CONCLUSÕES.....	119

## RESUMO

MATTOS, Jorge Luiz Schirmer de, D.S. Universidade Federal de Viçosa, março de 2001. **Avaliações morfofisiológicas de espécies de *Brachiaria* sob diferentes disponibilidades de água no solo.** Orientador: José Alberto Gomide. Conselheiros: Carlos Alberto Martinez y Huaman e Dilermando Miranda da Fonseca.

Objetivou-se avaliar a tolerância à seca e ao alagamento de espécies de *Brachiaria* com base em uma série de características de natureza fisiológica, morfogênica e produtiva avaliadas durante e após período de estresse. Em casa de vegetação, avaliou-se o crescimento de quatro espécies de *Brachiaria* (*B. decumbens*, *B. brizantha*, *B. humidicola* e *B. mutica*) sob condições de déficit hídrico no solo (-0,01, -0,03, -0,1, -0,5 e -1,5 MPa) ou de alagamento (solo na capacidade de campo, lâmina d'água a 1 e 10 cm acima do solo). Em ambos os experimentos, os tratamentos foram arrançados em um esquema fatorial, em blocos ao acaso. Os estresses foram aplicados 22 dias após o corte de uniformização, realizado aos 40 dias de estabelecimento das espécies em vasos. As avaliações compreenderam 23 dias de estresse sob déficit hídrico e 18 dias sob alagamento. Após o período de estresse, um grupo de plantas, em cada experimento, foi mantido sob condições normais de disponibilidade de água no solo, durante aproximadamente uma semana, a fim de se avaliar a capacidade de recuperação das plantas. Em parcelas a campo, avaliou-se o crescimento de três espécies comerciais de *Brachiaria* (*B. decumbens*, *B. brizantha* cv. Marandu e *B. mutica*) e três acessos (*B.*

*brizantha* B-132, *B. humidicola* H-16 e *B. dictyoneura*) sob déficit hídrico (ausência de irrigação) ou alagamento (aplicação de 56 mm/dia de água). Ambas situações de estresse foram impostas durante um período de 28 dias, 19 dias após o corte de uniformização. Em casa de vegetação, o déficit hídrico influenciou as características morfogênicas das espécies de *Brachiaria*, principalmente a taxa de alongamento de lâminas foliares em *B. brizantha* e de senescência em *B. mutica*, que também apresentaram as maiores taxas de alongamento de lâminas foliares. Do ponto de vista fisiológico, observou-se, em geral, controle estomático das taxas fotossintética e de transpiração, durante e após o período de recuperação do déficit hídrico. Todas as espécies recuperaram suas atividades fotossintéticas normais após o período de déficit hídrico, porém somente a *B. brizantha* restabeleceu satisfatoriamente o *status* hídrico dos tecidos foliares. Os maiores efeitos do déficit hídrico foram observados sobre a área de lâminas foliares, principalmente em *B. brizantha* e *B. decumbens*, e sobre a produção de matéria verde seca de lâminas foliares, independente da espécie. O período de recuperação foi insuficiente para o completo restabelecimento após o estresse hídrico, porém a *B. brizantha* sobressaiu-se relativamente às demais espécies. Em casa de vegetação, o alagamento reduziu sensivelmente as taxas de alongamento e fotossintética e aumentou as taxas de senescência nas folhas das espécies de *Brachiaria*, fatos que refletiram negativamente na produção de matéria seca. Entretanto, a *B. mutica* demonstrou-se mais tolerante ao excesso de água no solo, fato atribuído à abundante produção de raízes adventícias. A campo, as características morfogênicas foram mais comprometidas pelo alagamento que pelo déficit hídrico, entretanto, o potencial hídrico das plantas foi mais susceptível ao déficit hídrico do que ao alagamento. A *B. brizantha* B-132 e a *B. mutica* apresentaram as maiores produções de matéria verde seca da parte aérea, respectivamente, sob déficit hídrico e sob alagamento, enquanto a *B. dictyoneura* se sobressaiu às demais espécies, em termos de produção relativa de biomassa, em ambas as situações. Das espécies de *Brachiaria* estudadas, a *B. brizantha* B-132 é a mais recomendada para áreas sujeitas à seca e a *B. mutica*, para áreas sujeitas ao alagamento. O déficit hídrico foi menos prejudicial ao crescimento das plantas do que o alagamento, contudo nenhum dos estresses comprometeu a sobrevivência das espécies de *Brachiaria*.

## ABSTRACT

MATTOS, Jorge Luiz Schirmer de, D.S. University Federal of Viçosa, March 2001. **Morphophysiological evaluations of *Brachiaria* species under different soil water availabilities.** Adviser: José Alberto Gomide. Committee members: Carlos Alberto Martinez y Huaman and Dilermando Miranda da Fonseca.

The morphogenetical, physiological, and growth characteristics of *Brachiaria* species were assessed during and after water stress periods. Two experiments were run with four *Brachiaria* species (*B. decumbens*, *B. brizantha*, *B. humidicola* e *B. mutica*) in greenhouse, one under water deficit condition and the other under flooding condition. The experimental treatments stemmed from a 4 x 5 factorial arrangement in the water deficit experiment, and the 4 x 3 factorial in the flooding experiment. Treatments consisted of four species and water potential soil (-0,01, -0,03, -0,1, -0,5 e -1,5 MPa) in experiment of water deficit, and same four species and three soil water condition (soil field capacity, water lamina of 1 e a 10 cm above the soil surface), in experiment under flooding. Treatments were distributed in randomized blocks, with three replications in both experiments. Soil water conditions were imposed after a 22 days regrowth period in both experiments, over 23 days of stress of water deficit and 18 days of flooding. After each stress period, a group of plants was maintained under normal soil water availability conditions, during approximately seven days and 11 days, respectively, so as to evaluate the recovery of the plants. In field plots, three trade

*Brachiaria* species (*B. decumbens*, *B. brizantha* cv. Marandu *B. mutica*) and three access (*B. brizantha* B-132, *B. humidicola* B-16, *B. dictyoneura*) were grown under soil water deficit and flooding. Both stress situations were imposed during 28 days after a regrowth period of 19 days. In the greenhouse experiment, the water deficit affected the morphogenetical characteristics of *Brachiaria* species, such as leaf blade elongation rate of *B. brizantha* and the leaf blade senescence rate of *B. mutica*. These two species also showed higher leaf blade elongation rate. In general, stomatal control of the photosynthesis and transpiration rates was observed during and after water deficit period. All species recovered their normal photosynthetic activities after water deficit, but only *B. brizantha* recovered its leaf tissue water status. Higher effects of water deficit were observed on green leaf blade area, mainly in *B. brizantha* and *B. decumbens* and on green leaf blade dry matter, in all species. The recovery period was too short for complete plant recovery after water stress, but the *B. brizantha* stood out relatively to the other species. In greenhouse, the flooding markedly reduced the elongation and photosynthesis rates, and increased leaf blade senescence rate of all *Brachiaria* species, which hindered dry matter production. However, *B. mutica* showed higher degree of flooding tolerance, fact attributed its abundant adventitious roots. Field flooding was more harmful to the morphogenetical characteristics than water deficit. The leaf water potential was less in plants submitted to water deficit than in plants under flooding. *B. brizantha* B-132 and *B. mutica* showed higher shoot green dry matter production under water deficit and flooding, respectively. The water deficit was less harmful to growth than flooding, but neither stress prevented survival of the *Brachiaria* species.

## INTRODUÇÃO

A concorrência com as grandes culturas tem reservado às pastagens áreas de solos mais pobres, acidentadas e, ou, mal drenadas. Apesar disso, a produção de carne e leite em regime de pasto no Brasil depende, fundamentalmente, das condições edafoclimáticas que limitam a disponibilidade de forragem.

No Brasil, existem inúmeras áreas submetidas temporária ou continuamente à seca e, ou, ao alagamento. Veranicos são freqüentes durante o período chuvoso, nas principais regiões pastoris do Brasil. Secas estacionais são características na região dos Cerrados. Secas de alguns anos são comuns em grande parte do nordeste brasileiro. Na Amazônia, aproximadamente milhões de hectares estão ocupados com pastagens alagadas. Solos mal drenados predominam em cerca de 10% da área total da região dos Cerrados (ADALMOLI et al., 1986). No pantanal mato-grossense, a maior parte de seus 4 milhões de hectares é utilizada como áreas de pastagens, que são alagadas na época das chuvas. Em Minas Gerais, existe em torno de 1.500.000 hectares de várzeas inundáveis com aptidão agrícola.

A baixa produtividade das pastagens nativas concorreu para o aumento significativo de áreas de pastagens cultivadas no Brasil, estimadas em 100 milhões de hectares, sendo que maior parte é ocupada com espécies do gênero *Brachiaria*, principalmente *B. decumbens* cv. Basilisk e *B. brizantha* cv. Marandu (MACEDO, 1995; ZIMMER e EUCLIDES, 2000).

A diversificação de espécies forrageiras das pastagens brasileiras é perigosamente pequena; a exemplo, pode-se citar o desaparecimento da *B. decumbens* da região amazônica decorrente dos intensos ataques de cigarrinha (SOARES FILHO, 1994). Além disso, vários são os relatos de produtores e pesquisadores da ocorrência de ataque de cigarrinha também em *B. brizantha* cv. Marandu na região centro-oeste do Brasil.

Iniciativas que visem ao melhoramento da diversidade genética e à busca de espécies e, ou, variedades de forrageiras mais adaptadas às condições do Brasil tropical poderiam contribuir para otimizar o uso daquelas áreas deficientes ou inadequadamente exploradas e, ainda, estariam concorrendo para suprir o déficit de forragem nos períodos de menor oferta.

Recentemente, a EMBRAPA (CNPGC e CPAC) importou do CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical) cerca de 500 acessos de espécies do gênero *Brachiaria*, colheitados no leste e sul da África, os quais estão sendo selecionados ou cruzados, visando à obtenção de novas variedades (VALLE e MILES, 1994). Entre esses acessos, encontram-se vários representantes de espécies reconhecidas no Brasil como resistentes à seca e ao alagamento. Todavia, são poucas as informações sobre estas espécies forrageiras, em termos das características morfológicas e fisiológicas, que conferem resistência à seca e ao alagamento.

Estudaram-se nestes trabalhos a tolerância à falta e ao excesso de água no solo de espécies do gênero *Brachiaria* de origem africana, sendo três espécies cultivadas (*B. decumbens* cv. Basilisk, *B. brizantha* cv. Marandu, *B. mutica*) e três acessos (*B. brizantha* B-132, *B. humidicola* H-16 e *B. dictyoneura*). Estas gramíneas apresentam ciclo de assimilação fotossintético de carbono C<sub>4</sub> (tipo C<sub>4</sub>) e descarboxilação fosfoenolpiruvato carboxicinase (sub-tipo PCK) (ELLIS, 1977; GUTIERREZ et al., 1976; PRENDERGAST e HATTERSLEY, 1987; DENGLER et al., 1994).

Com o presente trabalho, objetivou-se determinar o crescimento de plantas de espécies do gênero *Brachiaria* sob condições de déficit hídrico e de alagamento; utilizar diferentes métodos para avaliação da tolerância à seca e ao

alagamento de plantas forrageiras, com base em características morfofisiológicas; e gerar informações que poderão ser úteis em trabalhos futuros, envolvendo seleção, manejo e programas de utilização de plantas forrageiras, de acordo com as especificidades edafoclimáticas de cada região, a exemplo das grandes culturas.

Esta tese está dividida em três capítulos, segundo normas de feitura de tese estabelecidas pela Universidade Federal de Viçosa.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADALMOLI, J., MACEDO, J., AZEVEDO, J. G. et al. Caracterização da região dos Cerrados. In: GODERT, W. (Ed.). **Solos dos Cerrados, tecnologias e estratégias de manejo**. São Paulo: Nobel, 1986. p.33-74.
- DENGLER, N.G., DENGLER, R.E., DONNELLY, P.M., HATTERSLEY, P.W. Quantitative leaf anatomy of C<sub>3</sub> and C<sub>4</sub> grasses (Poaceae): bundle sheath and mesophyll surface area relationships. **Annals of Botany**, London, v.73, n.3, p.241-255, 1994.
- ELLIS, R.P. Distribution of the kranz syndrome in the southern african eragrostioideae and panicoideae according to bundle sheath anatomy and cytology. **Agroplanta**, Pretoria, v.9, n.3, p.73-110, 1977.
- GUTIERREZ, M., EDWARDS, G.E., BROWN, W.V. PEP carboxykinase containing species in the Brachiaria group. **Biochemical Systematics and Ecology**, England, v.4, n.1, p.47-49, 1976.
- MACEDO, M.C.M. Pastagens no ecossistema Cerrados: Pesquisa para o desenvolvimento sustentável. In: SIMPÓSIO SOBRE PASTAGENS NOS ECOSISTEMAS BRASILEIROS, 1, 1995, Brasília. **Anais...** Brasília: SBZ, 1995. p.28-62.
- PRENDERGAST, H.D.V., HATTERSLEY, P.W. Australian C<sub>4</sub> grasses (Poaceae): leaf blade anatomical features in relation to C<sub>4</sub> acid decarboxylation types. **Australian Journal Botany**, Melbourne, v.35, n.4, p.355-82, 1987.

SOARES FILHO, C.V. Recomendações de espécies e variedades de *Brachiaria* para diferentes condições. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGEM, 11, 1994, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1994. p.25-48.

VALLE, C.B., MILES, J.W. Melhoramento de gramíneas do gênero *Brachiaria*. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGEM, 11, 1994, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1994. p.1-23.

ZIMMER, A.H., EUCLIDES, V.P.B. Importância das pastagens para o futuro da pecuária de corte no Brasil. In: SIMPÓSIO DE FORRAGICULTURA E PASTAGEM, 1, 2000, Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA, 2000. p.1-49.

## **Crescimento de Espécies do Gênero *Brachiaria*, sob Déficit Hídrico, em Casa de Vegetação**

**Resumo** - Objetivou-se avaliar a tolerância à seca de espécies de *Brachiaria* (*B. decumbens*, *B. brizantha*, *B. humidicola* e *B. mutica*), a partir de características morfogênicas, fisiológicas e produtivas avaliadas durante e após o período de estresse. Os tratamentos foram arrançados em um esquema fatorial 4 x 5, constituídos das quatro espécies de *Brachiaria* e cinco potenciais hídricos do solo (-0,01, -0,03, -0,1, -0,5 e -1,5 MPa), em um delineamento experimental de blocos ao acaso, com três repetições. O experimento foi instalado em casa de vegetação, em colunas de PVC com 40 cm de altura e 30 cm de diâmetro. Os déficits hídricos foram impostos durante 23 dias. Após o período de estresse, um grupo de plantas foi mantido sob condições normais de disponibilidade de água no solo, durante, aproximadamente, uma semana, a fim de se avaliar a capacidade de recuperação das plantas. Os níveis de estresse foram monitorados a partir de duas/três pesagens diárias de 50% dos vasos, utilizando-se uma balança com divisão de cinco gramas, na qual foi realizada a complementação da água. A taxa de alongamento das lâminas foliares, em *B. brizantha*, foi comprometida e a taxa de senescência de lâminas foliares, em *B. mutica*, aumentada, com o decréscimo do potencial hídrico no solo, denotando a maior sensibilidade destas duas espécies ao déficit hídrico. Observou-se controle estomático sobre as trocas gasosas em folhas de todas as espécies. O déficit hídrico reduziu a fotossíntese líquida em todas espécies, mais acentuadamente em *B. mutica* e *B. humidicola*. Todas as espécies recuperaram suas atividades fotossintéticas normais após o déficit hídrico, mas apenas a *B. brizantha* restabeleceu o *status* hídrico de seus tecidos foliares. O déficit hídrico afetou mais acentuadamente a área de lâminas foliares verdes, em *B. brizantha* e *B. decumbens*, produção de matéria verde seca de lâminas foliares, independente da espécie, e produção de matéria verde seca de colmos, em *B. decumbens* e *B. mutica*. Maior habilidade de recuperação da produção de biomassa foi observada em *B. brizantha*, que reconstituiu as frações lâmina foliar e colmos em nível do controle.

## Effect of Water Deficit on The Growth of *Brachiaria* Species in Greenhouse

**Abstract** - This study aimed to evaluate the tolerance of *Brachiaria* species (*B. decumbens*, *B. brizantha*, *B. humidicola* and *B. mutica*) to low soil water potential. Morphogenetical, physiological and production characteristics were estimated during and after the period stress. The experimental treatments resulted from 4 x 5, factorial arrangement consisting of four *Brachiaria* species and five soil water potential (-0,01; -0,03; -0,1; -0,5 and -1,5 MPa) distributed in randomized block design, with three replications. The experiment was carried out in greenhouse, in PVC column pot 40 cm high and diameter of 30 cm. The soil water potentials were imposed during 23 days after a regrowth period of 22 days. After the period of stress, soil humidity was maintained at field capacity for one week to evaluate the recovery of the plants. Leaf blade elongation rate in *B. brizantha* and leaf blade senescence rate in *B. mutica* varied across soil water potential, suggesting these species to be less tolerant to low soil water potential. Stomatal gas exchange control in was observed in all species. Water deficit reduced photosynthesis rate of all species, particularly in *B. mutica* and *B. humidicola*. The species recovered their photosynthesis rate after water deficit, but only *B. brizantha* recovered its leaf tissue water status potential. Soil water deficit had a detrimental effect on green leaf dry matter production of all species through reduced production of green leaf dry matter mainly in *B. brizantha* and *B. decumbens* and reduced culm dry matter production of *B. humidicola* and *B. mutica*. Complete recovery was not observed in any species, more so in *B. brizantha*.

## 1. Introdução

A seca interfere nas relações hídricas, na fisiologia e na morfologia das plantas forrageiras a ponto de causar estresse hídrico, que, a depender de sua magnitude, pode limitar severamente a produção de forragem e até mesmo a sobrevivência da espécie.

O estresse hídrico desenvolve-se na planta, quando a taxa de transpiração excede a taxa de absorção e o transporte de água na planta (BERKOWITZ, 1998). Acredita-se que as raízes atuam como sensor do déficit de água no solo, enviando sinais (ácido abscísico) à parte aérea, detectado pelas células-guardas dos estômatos, mesmo antes de qualquer déficit hídrico ser observado nas folhas (ZHANG e DAVIES, 1990; SALAH e TADIEU, 1997). Ocorre que a baixa disponibilidade de água no solo acarreta desidratação, redução do crescimento e aceleração da senescência dos tecidos na planta. O déficit hídrico compromete o crescimento, por reduzir as taxas de expansão foliar e fotossíntese (LUDLOW e NG, 1976; BENETT e SULLIVAN, 1981).

Segundo LUDLOW e NG (1977), a expansão foliar é mais sensível ao déficit hídrico do que outros processos vegetais. Entretanto, vários são os relatos de que o déficit hídrico afeta não só a taxa de alongamento (LUDLOW e NG, 1976), mas também as taxas de aparecimento (NG et al., 1975; VAN LOO, 1992) e senescência (McIVOR, 1984) de lâminas foliares, que reduzem a área foliar em espécies gramíneas forrageiras.

A magnitude com que o déficit hídrico afeta o crescimento e a produção, pela redução na área foliar, depende da relação entre a taxa de expansão e o potencial hídrico foliar durante o estresse e a recuperação, após chuva ou irrigação (LUDLOW e NG, 1977). Tal fato é de suma importância, uma vez que a recuperação do crescimento das folhas e dos perfilhos após o déficit hídrico influi na produtividade e perenidade das pastagens (CHU et al., 1979).

As plantas desenvolvem certos mecanismos de adaptação à seca. Fechamento estomático (NG et al., 1975; CHAVES, 1991), ajustamento osmótico

(THOMAS, 1986; BARKER et al., 1993), ajustamento da parede celular (NEUMANN, 1995), produção de folhas menores (KLAR et al., 1978), redução da área foliar (ROSENTHAL et al. 1987; CHAVES, 1991) e aumento na densidade e profundidade de raízes (BENETT e DOSS, 1960; DOSS et al., 1960; RIVERA et al., 1982; KANO et al., 1999) são considerados mecanismos de tolerância à seca. No entanto, a sensibilidade dos estômatos ao déficit hídrico (HENZELL et al., 1975) e a redução da área foliar são mecanismos que limitam a produtividade, uma vez que reduzem a absorção de CO<sub>2</sub> e a interceptação de luz, respectivamente.

Estima-se que, dos 48 milhões de hectares de pastagens cultivadas na região dos Cerrados, cerca de 85% são ocupados com espécies de *Brachiaria*, principalmente *B. decumbens* (55%), *B. brizantha* (20%) e *B. humidicola* (9%) (MACEDO, 1995). Tem-se aventado que a *B. decumbens* e *B. brizantha* se apresentam tolerantes à seca (SOARES FILHO, 1994). Todavia, pouco se conhece sobre os atributos que conferem tolerância à seca a estas espécies.

Objetivou-se avaliar a tolerância à seca de espécies de *Brachiaria* (*B. decumbens*, *B. brizantha*, *B. humidicola* e *B. mutica*), a partir de atributos morfogênicos, fisiológicos e produtivos, durante e após déficit hídrico.

## 2. Material e Métodos

Avaliou-se o comportamento de quatro espécies do gênero *Brachiaria* (*B. decumbens* cv. Basilisk, *B. brizantha* cv. Marandu, *B. humidicola* e *B. mutica*) durante os períodos de déficit hídrico e de recuperação do estresse.

Os tratamentos foram arrançados em esquema fatorial 4 x 5, referentes a quatro espécies de *Brachiaria* e cinco potenciais hídricos do solo (-0,01, -0,03, -0,1, -0,5 e -1,5 MPa). O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, com três repetições.

O experimento foi instalado em casa de vegetação, telada lateralmente, na Unidade de Crescimento de Plantas do Departamento de Biologia Vegetal da

UFV, Viçosa-MG. As plantas foram cultivadas em colunas de PVC com capacidade de 28,27 dm<sup>3</sup> (40 cm de altura e 30 cm de diâmetro).

Utilizaram-se amostras retiradas às profundidades de 0-20 e 20-40 cm de um solo classificado como argisolo (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA, 1999), cujas características físicas e químicas são apresentadas no Quadro 1.

Quadro 1 - Características físicas e químicas de amostras de um argisolo às profundidades de 0-20 e de 20-40 cm

Característica	Profundidade (cm)	
	0-20	20-40
Composição granulométrica (kg/kg)		
• Areia grossa <sup>1</sup>	0,38	0,36
• Areia fina <sup>1</sup>	0,17	0,15
• Silte <sup>1</sup>	0,05	0,06
• Argila <sup>1</sup>	0,40	0,43
pH em água (1:2,5)	5,3	5,2
Ca <sup>2+</sup> (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> ) <sup>2</sup>	1,0	0,6
Mg <sup>2+</sup> (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> ) <sup>2</sup>	0,5	0,2
Al <sup>3+</sup> (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> ) <sup>2</sup>	0,1	0,1
P (mg/dm <sup>3</sup> ) <sup>3</sup>	2,0	1,0
K (mg/dm <sup>3</sup> ) <sup>3</sup>	40	13
H + Al (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> ) <sup>4</sup>	2,7	2,1
Soma de bases (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	1,57	0,85
CTC efetiva (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	1,67	0,95
CTC total (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	4,27	2,95
Saturação por bases (%)	36,7	28,8
Saturação por alumínio (%)	6,0	10,5

<sup>1</sup> Método da pipeta (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 1979).

<sup>2</sup> Extrator: KCl 1,0 mol/L (DEFELIPO e RIBEIRO, 1981).

<sup>3</sup> Extrator: Mehlich-1 (DEFELIPO e RIBEIRO, 1981).

<sup>4</sup> Extrator: Ca (OAc)<sub>2</sub> 0,5 mol/L, pH 7,0 (DEFELIPO e RIBEIRO, 1981).

O solo foi destorroado e passado em peneira com malhas de 7 mm de abertura e submetido ao revolvimento e à secagem ao ar, durante 40 dias.

Em amostra de solo, retirada à profundidade de 0-40 cm, obteve-se a curva característica de retenção de água no solo ( $\hat{Y} = 0,156443 - 0,0466138 \log |\Psi_{\text{solo}}|$ ), em que os valores de  $\hat{Y}$  (conteúdo de água no solo) compreenderam os níveis de 0,25; 0,22; 0,20; 0,16 e 0,15 kg/kg, equivalentes aos valores de  $\Psi_{\text{solo}}$  (potencial hídrico do solo) de -0,01; -0,03, -0,1; -0,5; -1,0 e -1,5 MPa (RICHARDS, 1949). A partir dessa curva característica de retenção de água no solo, estimaram-se os valores do  $\Psi_{\text{solo}}$  aplicados em cada tratamento.

Na amostra de solo colheitada a 0-20 cm de profundidade, foram aplicados 498 mg/dm<sup>3</sup> de calcário dolomítico, 3792 mg/dm<sup>3</sup> de superfosfato simples, 321 mg/dm<sup>3</sup> de cloreto de potássio e 111 mg/dm<sup>3</sup> de sulfato de amônio e transferida para a parte superior dos vasos.

Dois dias antes da semeadura/plantio, foram adicionados sete litros de água aos vasos, de modo a elevar a umidade do solo até um valor próximo à capacidade de campo estimada em 0,25 kg/kg, condição de umidade do solo equivalente a -0,01 MPa mantida até o início do período de déficit hídrico.

As quatro gramíneas foram cultivadas, cada uma em 30 vasos, totalizando 120 vasos, sendo que a metade destes foi destinada às avaliações durante o período de déficit hídrico e os outros 60 vasos, às avaliações realizadas no período de recuperação do estresse.

As diferentes etapas de execução do experimento são apresentadas no Quadro 2.

A *B. decumbens*, *B. brizantha* e *B. humidicola* foram estabelecidas via sementes e a *B. mutica*, por mudas, com vistas a obter cinco plantas por vaso.

Após a emergência das plântulas, foram aplicados 139 mg/dm<sup>3</sup> de sulfato de amônio em cobertura, semanalmente. O corte de uniformização foi feito a 15 cm acima do nível do solo em *B. mutica* e a 10 cm nas outras espécies.

Quadro 2 - Diferentes etapas da execução do experimento

Etapas	Data
Semeadura/plantio	18/01/1998
Emergência/brotação	01/02/1998
Desbaste	08/02/1998
Corte uniformização	12/03/1998
Início do período de déficit hídrico	03/04/1998
Final do período de déficit hídrico	26/04/1998
Início do período de recuperação	27/04/1998
Final do período de recuperação	03/05/1998

Cada nível de potencial hídrico do solo foi imposto a um conjunto de 24 vasos, seis de cada espécie, perfazendo um total de 120 vasos. A irrigação dos vasos submetidos ao potencial hídrico do solo de -0,03 a -1,5 MPa foi suspensa até que o respectivo  $\Psi_{\text{solo}}$  fosse alcançado, o que ocorreu em torno de dois a sete dias após a suspensão da irrigação. Os vasos correspondentes aos tratamentos com  $\Psi_{\text{solo}}$  de -0,01 MPa foram irrigados normalmente durante o período de estresse, mantendo-se a umidade do solo em nível da capacidade de campo.

Os níveis de estresse foram monitorados a partir de duas a três pesagens diárias de 50% dos vasos (60 vasos), utilizando-se uma balança com divisão de cinco gramas, fazendo-se nessas ocasiões a complementação da água, de modo a manter a umidade do solo no nível concernente a cada tratamento. A cada três dias, porém, realizou-se uma pesagem de todos os vasos, ao final da tarde, de maneira a corrigir eventuais variações entre o peso dos vasos de um mesmo tratamento.

Em cada rega, a correção da umidade do solo foi feita com base na diferença entre o peso atual do vaso e o peso prefixado para cada tratamento. Assumindo-se que a água da torneira apresentou relação peso/volume de 1:1, a

irrigação foi realizada de modo a complementar a água faltante em termos de volume (mL). Isso foi feito mediante o uso de proveta contendo capacidade de 1000 mL, com graduação de 10 mL.

O final do período de estresse hídrico ocorreu quando as folhas baixas das plantas submetidas a -1,5 MPa apresentaram sintomas visíveis de murcha.

Ao final do período de estresse hídrico, as plantas da metade dos vasos (60 unidades experimentais), representando as três repetições (blocos), foram cortadas no nível do solo e colhidas para posteriores avaliações. Por sua vez, as plantas da outra metade dos vasos foram irrigadas normalmente, mantendo-se a umidade do solo de todos os vasos próxima à capacidade de campo, por um período de 9 dias, com vistas à avaliação da capacidade de recuperação das espécies ao estresse. No final do período de recuperação, estas plantas foram submetidas ao corte a 10 cm do solo e avaliadas.

A temperatura e a umidade relativa do ar foram monitoradas dentro da casa de vegetação, com auxílio de um termohigrógrafo, a partir do corte de uniformização das avaliações (12/03/1998) até o final do experimento (03/05/1998). Os valores médios  $\pm$  desvio-padrão da temperatura máxima e mínima foram da ordem de  $29,9 \pm 3,0^\circ\text{C}$  e  $21,0 \pm 2,6^\circ\text{C}$ , respectivamente. Os valores médios  $\pm$  desvio-padrão da umidade relativa máxima e mínima foram de  $65,8 \pm 6,7\%$  e  $47,2 \pm 10,1\%$ , respectivamente.

Com o propósito de estudar as características morfogênicas, identificaram-se, por meio de anéis coloridos, dois perfilhos mais vigorosos por vaso. As avaliações das características morfogênicas foram realizadas durante 19 dias (03 a 22/04/1998). Em 03/04/1998, com o auxílio de uma régua milimetrada, procedeu-se à medição do comprimento das lâminas foliares expandidas e emergentes presentes em cada perfilho. Após este procedimento, mediu-se o comprimento das lâminas emergentes subsequentes, duas vezes por semana, até o dia 22/04/1998. O comprimento final da lâmina foliar foi atingido com a exposição da lígula e compreendeu a distância entre o ápice e a região da lígula de uma mesma folha.

Os cálculos da taxa de alongamento de lâminas foliares por perfilho foram equacionados subtraindo-se o comprimento inicial desta porção foliar de seu comprimento final, dividindo-se a diferença pelo número de perfilhos marcados (dois) e pelo número de dias considerados. A taxa de aparecimento de lâminas foliares por perfilho resultou da divisão do número de lâminas foliares surgidas pelo número de dias em que transcorreram as avaliações.

O grau de senescência dos tecidos das lâminas foliares foi registrado de forma indireta, ou seja, medindo-se a parte do tecido ainda verde. Assim, subtraindo-se o comprimento final do tecido verde do comprimento inicial, estimou-se a parte senescente. Considerou-se parte senescente os tecidos de lâminas foliares que apresentaram coloração marrom clara. A taxa de senescência de lâminas foliares por perfilho resultou da divisão da parte senescente do tecido pelo número de perfilhos estudados e pelo número de dias envolvidos.

As características fisiológicas compreenderam medições instantâneas do potencial hídrico de lâminas foliares, obtidas com o emprego de uma bomba de pressão, de acordo com SCHOLANDER et al. (1965), bem como da fotossíntese líquida, condutância estomática e transpiração, determinadas com o auxílio de um analisador de gases no infravermelho (IRGA), modelo ADC, LCA-2 (Analytical Development Company, Inglaterra) com câmaras fotossintéticas Parkinson modelo PLC (B).

As medições com o IRGA forneceram também os valores da radiação fotossinteticamente ativa (RFA) (400-700 nm). As avaliações das características fisiológicas foram feitas sempre no mesmo horário solar, ao longo do período experimental, sendo que das 4-6 horas (antemanhã) efetuaram-se as leituras com a bomba de pressão e das 9-11 horas e 30 minutos (manhã), as avaliações com o IRGA. Tais avaliações foram feitas nas lâminas de folhas recém-expandidas. As medições com a bomba de pressão e o IRGA ocorreram nos dias 13 a 15/04, 21 a 23/04 e 24 a 26/04/1998, de modo que 1/3 (relativos a um bloco) dos vasos foi avaliado por dia, somando ao todo três avaliações no tempo.

Para a medição do potencial hídrico de lâminas foliares, colheu-se uma lâmina foliar por unidade experimental, a qual foi seccionada com tesoura na

região da lígula e imediatamente submetida ao processo de medição. Nas determinações com o IRGA, cinco leituras de uma mesma lâmina foliar foram registradas por vaso (cinco unidades observacionais), perfazendo 20 unidades experimentais por dia (equivalente a um bloco).

Para determinação das características de produção de biomassa, as plantas foram colhidas em 26/04/1998 e separadas em parte aérea verde (lâminas e colmos + bainhas + inflorescências, quando presentes) e parte aérea senescente (partes de lâminas foliares destacadas das plantas) e sistema radicular, a fim de se determinar o peso da matéria fresca destas porções. A área de lâminas foliares verde foi medida em um sistema de análise de imagens (AREA METTER  $\Delta T$ , Delta T Devices Ltda, Inglaterra). Amostras representativas das porções referentes à parte aérea foram colocadas de três a sete dias em estufa com ventilação forçada a 70°C, até atingirem peso constante, com vistas à obtenção do peso da matéria seca destas frações. Com os dados de matéria verde seca de lâminas foliares e de colmos, calculou-se a relação lâmina/colmo. A recuperação do sistema radicular foi feita somente nos vasos submetidos aos  $\Psi_{\text{solo}}$  de -0,01, -0,1 e -1,5 Mpa, usando-se um trado tipo caneca com 50 mm de diâmetro, com o qual foram retiradas duas amostras por vaso, à profundidade de 0-40 cm, sendo uma localizada no centro e a outra próxima à borda da unidade experimental. De imediato, estas amostras foram colocadas sobre um jogo de peneiras com malhas decrescentes até 2 mm, onde receberam jatos de água de torneira, a fim de se separar o solo das raízes. Concluído o processo de recuperação das raízes, juntou-se o material oriundo das duas amostras, formando-se uma amostra composta, a qual foi colocada em estufa com ventilação forçada a 70°C, por 72 horas, de modo a se conhecer o peso da matéria seca desta fração.

A partir do peso da matéria seca das raízes das amostras compostas retiradas de um volume conhecido de solo (1,57 dm<sup>3</sup>), estimou-se o peso da matéria seca do sistema radicular por vaso.

Ao final do período de recuperação, foram avaliadas características fisiológicas e produção de biomassa, conforme procedimentos descritos

anteriormente. As características fisiológicas consistiram do potencial hídrico de lâminas foliares, fotossíntese líquida, condutância estomática e transpiração.

As avaliações da produção de biomassa envolveram as seguintes características: matéria verde seca de lâminas foliares e de colmos, área de lâminas foliares e relação lâmina/colmo.

A análise de variância dos dados avaliados durante os períodos de estresse hídrico e de recuperação considerou as fontes de variação: bloco, espécie,  $\Psi_{\text{solo}}$ , espécie x  $\Psi_{\text{solo}}$  e erro experimental. Utilizou-se o módulo do potencial hídrico do solo  $|\Psi_{\text{solo}}|$  e do potencial hídrico de lâminas foliares  $|\Psi_l|$ , para o ajuste dos modelos matemáticos mais adequados aos dados experimentais.

As médias das características avaliadas em resposta ao fator qualitativo (espécie) foram submetidas ao teste de Tukey, a 5% de significância, enquanto as respostas ao fator quantitativo (potencial hídrico do solo) foram ajustadas pelas equações de regressão. Escolheu-se a equação de melhor ajuste aos dados experimentais com base no coeficiente de determinação, na significância da regressão e na não-significância da falta de ajustamento testado pelo teste F, a 5% de probabilidade, na significância dos coeficientes de regressão testados pelo teste “t” de Student, a 1% (\*\*) e 5% (\*) de probabilidade, e na natureza biológica da característica em estudo.

Os dados da radiação fotossinteticamente ativa (RFA) são apresentados em termos de valores médios  $\pm$  desvio-padrão. Isso se justifica pela ausência de luz artificial e constante, por ocasião das medições. Os dados de fotossíntese líquida, condutância estomática e transpiração foram corrigidos, por regra de três simples, usando-se os valores médios da RFA. Os valores da fotossíntese líquida, condutância estomática e transpiração são médias de cinco medições (unidades observacionais) realizadas em três unidades experimentais e de três avaliações no tempo (45 observações). Os valores do potencial hídrico de lâminas foliares são médias de medições feitas em três unidades experimentais e de três avaliações no tempo (nove observações). Realizaram-se testes para se estimarem correlações lineares, em nível de até 5% de probabilidade, envolvendo as seguintes

características: potencial hídrico de lâminas foliares x condutância estomática, fotossíntese líquida x condutância estomática e transpiração x condutância estomática, matéria verde seca de lâminas foliares x potencial hídrico de lâminas foliares, matéria verde seca de colmos x potencial hídrico de lâminas foliares e relação lâmina/colmo x potencial hídrico de lâminas foliares.

### 3. Resultados e Discussão

#### 3.1. Características morfogênicas sob déficit hídrico

A *B. mutica* apresentou maior ( $P < 0,05$ ) taxa de aparecimento de lâminas foliares que as demais espécies, as quais não diferiram entre si (Quadro 3). Observou-se tendência de diminuição da taxa de aparecimento de lâminas foliares com o  $\Psi_{\text{solo}}$ , resposta que não alcançou significância ( $P > 0,05$ ).

Quadro 3 - Taxa de aparecimento de lâminas foliares (TApL) em espécies de *Brachiaria* (período de estresse)

Espécie	TApL (lâminas foliares/dia.perfilho)
<i>B. brizantha</i>	0,09b
<i>B. decumbens</i>	0,08b
<i>B. humidicola</i>	0,07b
<i>B. mutica</i>	0,26a

a > b ( $P < 0,05$ ).

A taxa de alongamento de lâminas foliares de *B. brizantha* decresceu com  $\Psi_{\text{solo}}$  (Figura 1). Para as demais espécies, observou-se a mesma tendência, sem, entretanto, alcançar nível de significância ( $P < 0,05$ ). A não-significância da resposta da *B. mutica* e *B. decumbens* dos valores observados sob  $\Psi_{\text{solo}}$  foi de -0,5 e -0,1 MPa, respectivamente.

$$\hat{Y}_{brizantha} = 43,8518 - 5,30646^* \log(\Psi_{solo}); R^2 = 0,74$$

$$\hat{Y}_{mutica} = \bar{Y} = 44,9$$

$$\hat{Y}_{decumbens} = \bar{Y} = 14,9$$

$$\hat{Y}_{humidicola} = \bar{Y} = 5,2$$

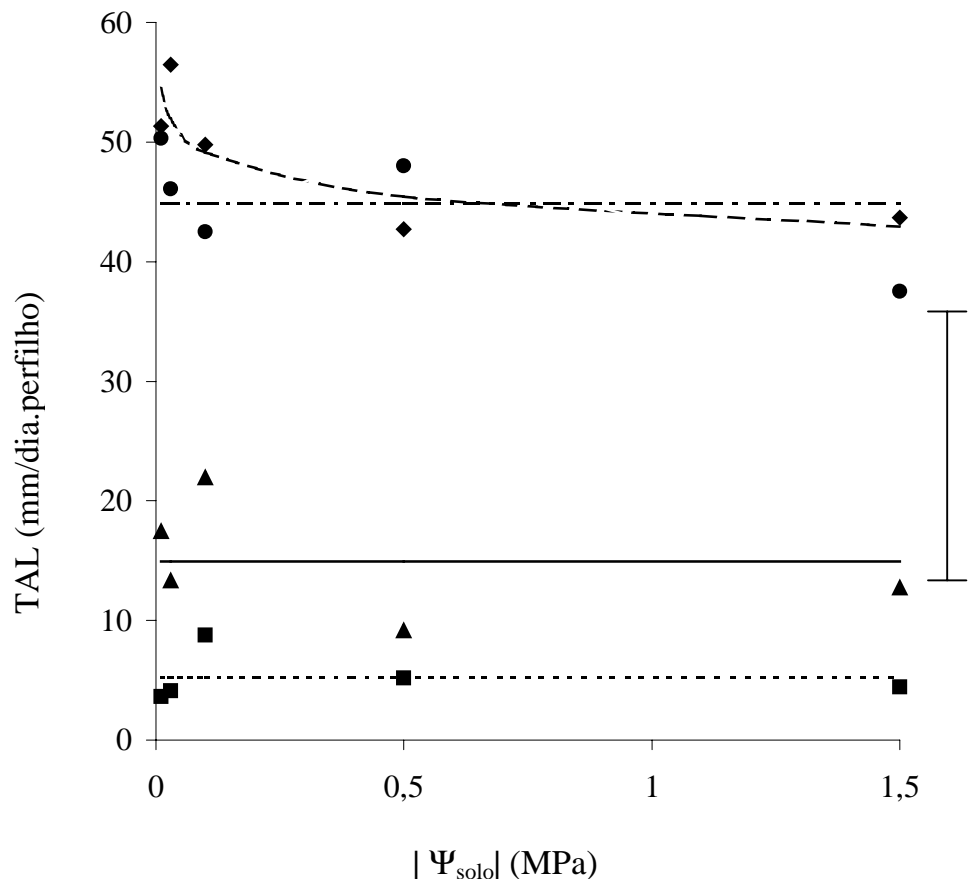


Figura 1 - Valores estimados (linhas) e observados (símbolos) da taxa de alongamento de lâminas foliares (TAL), em *B. humidicola* (..... ; ■), *B. decumbens* (— ; ▲), *B. mutica* (- · - · - ; ●) *B. brizantha* (- - - - ; ◆), em função do potencial hídrico do solo  $|\Psi_{solo}|$ . Diferença mínima significativa em relação aos valores médios observados (I). Período de estresse.

A redução da taxa de alongamento de lâminas foliares em *B. brizantha* poderia ser decorrente da perda da turgescência celular, quer seja pela ocorrência, apenas parcial, do ajuste osmótico, quer seja pela não-ocorrência deste e, ou, da alteração da extensibilidade da parede celular em resposta ao sinal hormonal (provavelmente ácido abscísico) advindo das raízes (GOWING et al., 1990; ZANGH e DAVIES, 1990; SAAB et al., 1992; BARKER, 1993; DOOD e DAVIES, 1996; SALAH e TARDIEU, 1997).

Os maiores valores ( $P < 0,05$ ) de taxa de alongamento de lâminas foliares foram observados em *B. brizantha* e *B. mutica* (Figura 1).

A taxa de senescência de lâminas foliares cresceu ( $P < 0,05$ ) com decréscimo do  $\Psi_{\text{solo}}$  em *B. mutica*, entretanto, apenas tendência de aumento foi observada em *B. decumbens* e *B. humidicola* (Figura 2). Por outro lado, as espécies não diferiram ( $P > 0,05$ ) em termos de taxa de senescência de lâminas foliares.

As diferenças morfogênicas observadas sugerem maior dinâmica no fluxo de tecidos em perfilhos de *B. mutica*, que apresentou altas taxas de aparecimento, alongamento e senescência de lâminas foliares.

É digno de nota o pequeno efeito do déficit hídrico sobre as características morfogênicas. Tais resultados são surpreendentes, uma vez que os processos de aparecimento, alongamento e senescência de folhas, na maioria das espécies, são geralmente afetados pela baixa disponibilidade de água no solo. Portanto, é questionável a não-significância para efeito de estresse hídrico sobre as características morfogênicas da maioria das espécies. Sem dúvida, a adoção de um nível de significância mais alto, bem como número maior de repetições, possibilitaria obtenção de significância dos efeitos do déficit hídrico sobre as taxas de aparecimento, alongamento e senescência de lâminas foliares das espécies de *Brachiaria*.

$$\hat{Y}_{mutica} = 0,03220196 + 243,903\Psi_{solo} - 557,279\Psi^2 + 266,999\Psi^3 ; R^2 = 0,99$$

$$\hat{Y}_{humidicola} = \bar{Y} = 6,64$$

$$\hat{Y}_{decumbens} = \bar{Y} = 4,97$$

$$\hat{Y}_{brizantha} = \bar{Y} = 3,25$$

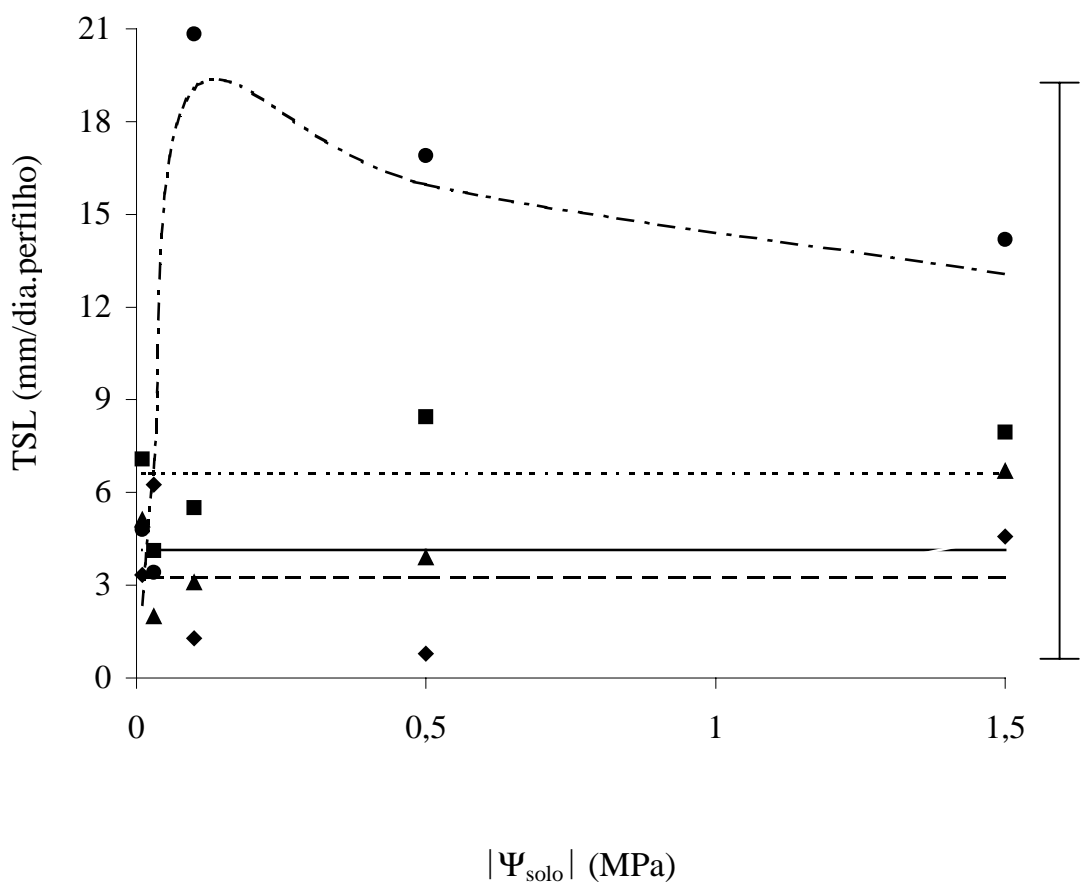


Figura 2 - Valores estimados (linhas) e observados (símbolos) da taxa de senescência de lâminas foliares (TSL), em *B. brizantha* (----- ; ◆), *B. humidicola* ( ..... ; ■), *B. decumbens* ( ——— ; ▲) e *B. mutica* (----- ; ●), em função do potencial hídrico do solo  $|\Psi_{solo}|$ . Diferença mínima significativa em relação aos valores médios observados (I). Período de estresse.

## 3.2. Características fisiológicas

### 3.2.1. Características fisiológicas sob déficit hídrico

O potencial hídrico das lâminas foliares ( $\Psi_1$ ) de todas as espécies de *Brachiaria* diminuiu com o decréscimo do potencial hídrico do solo (Figura 3). O decréscimo do  $\Psi_1$  registrado nos níveis de  $\Psi_{\text{solo}}$  de -1,5 MPa (ponto de murcha permanente), relativamente ao controle (capacidade de campo = -0,01 MPa), foi da ordem de oito vezes em *B. mutica* e de aproximadamente quatro vezes nas demais espécies. Todavia, apenas sob os valores de  $\Psi_{\text{solo}}$  de -1,5 MPa, houve diferença entre as espécies de *Brachiaria*, condições em que a *B. mutica* apresentou  $\Psi_1$  inferior aos das outras três espécies.

Também a condutância estomática de *B. mutica*, *B. decumbens* e *B. humidicola* variou diretamente com o potencial hídrico do solo, mas a intensidade desse efeito variou conforme a espécie (Figura 4). Assim, a *B. mutica*, que apresentou o mais alto valor de condutância estomática sob condição de capacidade de campo, atingiu valor tão baixo quanto ao das outras espécies sob os mais baixos  $\Psi_{\text{solo}}$ .

A fotossíntese líquida em *B. mutica*, *B. decumbens* e *B. brizantha*, embora sensível à variação do potencial hídrico do solo entre os valores de -0,01 e -0,1 MPa, permaneceu insensível à posterior queda no  $\Psi_{\text{solo}}$ ; por outro lado, a *B. humidicola* mostrou queda linear entre a capacidade de campo e o ponto de murcha permanente (Figura 5). Tal fato explica os menores valores ( $P < 0,05$ ) da fotossíntese líquida em *B. humidicola* relativamente à *B. mutica*, sob  $\Psi_{\text{solo}}$  de -1,5 MPa.

O declínio do  $\Psi_{\text{solo}}$  afetou ( $P < 0,05$ ) a transpiração apenas em *B. humidicola* e *B. mutica* (Figura 6). Para *B. decumbens* e *B. brizantha* os valores observados revelaram ( $P > 0,05$ ) apenas tendência semelhante à transpiração de *B. mutica*.

$$\hat{Y}_{mutica} = 0,647321 + 0,240841^{**} \log(\Psi_{solo}); R^2 = 0,94$$

$$\hat{Y}_{brizantha} = 0,371816 + 0,162244^{**} \log(\Psi_{solo}); R^2 = 0,97$$

$$\hat{Y}_{decumbens} = 0,318575 + 0,112857^{**} \log(\Psi_{solo}); R^2 = 0,97$$

$$\hat{Y}_{humidicola} = 0,316755 + 0,112884^{**} \log(\Psi_{solo}); R^2 = 0,94$$

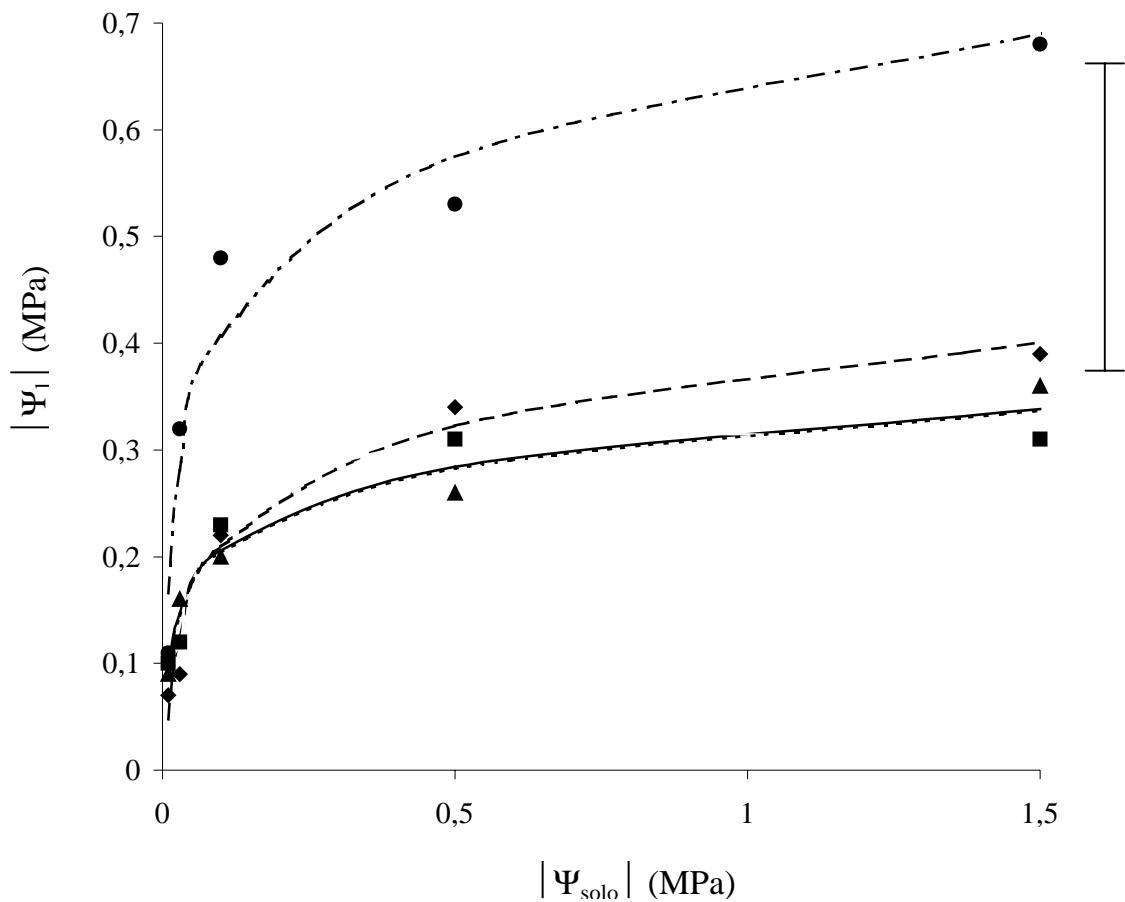


Figura 3 - Valores estimados (linhas) e observados (símbolos) do potencial hídrico de lâminas foliares  $|\Psi_1|$ , em *B. mutica* (-----; ●), *B. brizantha* (-·-·-·-·-; ◆), *B. decumbens* (—; ▲) e *B. humidicola* (·····; ■), em função do potencial hídrico do solo  $|\Psi_{solo}|$ . Diferença mínima significativa em relação aos valores médios observados (I). Período de estresse.

$$\hat{Y}_{decumbens} = 0,133129 - 0,0196919 * \log(\Psi_{solo}); R^2 = 0,78$$

$$\hat{Y}_{humidicola} = 0,211073 - 0,0570069 ** \Psi_{solo}; R^2 = 0,80$$

$$\hat{Y}_{mutica} = 0,162918 - 0,0564 ** \log(\Psi_{solo}); R^2 = 0,80$$

$$\hat{Y}_{brizantha} = \bar{Y} = 0,14$$

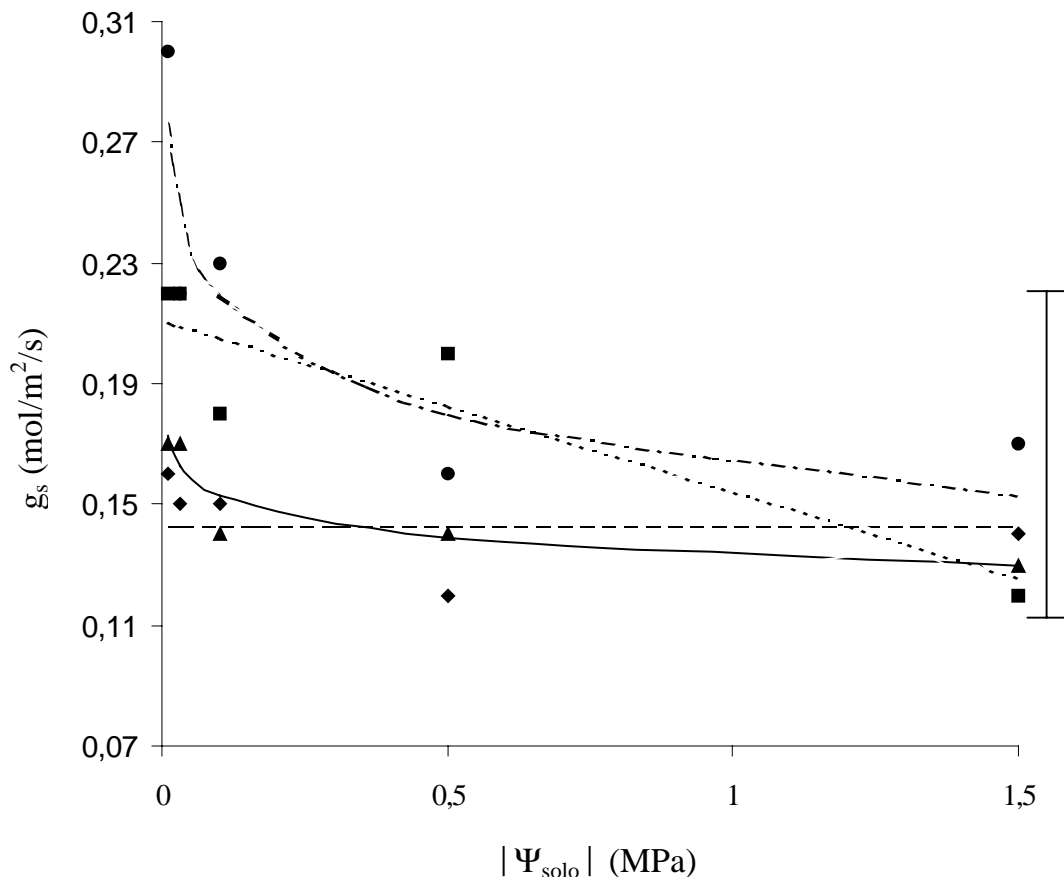


Figura 4 - Valores estimados (linhas) e observados (símbolos) da condutância estomática ( $g_s$ ), em *B. mutica* (----- ; ●), *B. brizantha* (----- ; ◆), *B. decumbens* (— ; ▲) e *B. humidicola* (..... ; ■), em função do potencial hídrico do solo  $|\Psi_{solo}|$ . (RFA =  $565 \pm 68 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ ). Diferença mínima significativa em relação aos valores médios observados (I). Período de estresse.

$$\hat{Y}_{mutica} = 10,5956 - 2,07805^{**} \log(\Psi_{solo}); R^2 = 0,80$$

$$\hat{Y}_{decumbens} = 8,67628 - 1,6623^{**} \log(\Psi_{solo}); R^2 = 0,93$$

$$\hat{Y}_{brizantha} = 8,27559 - 1,1022^{*} \log(\Psi_{solo}); R^2 = 0,64$$

$$\hat{Y}_{humidicola} = 11,065 - 3,43696^{**} \Psi_{solo}; R^2 = 0,78$$

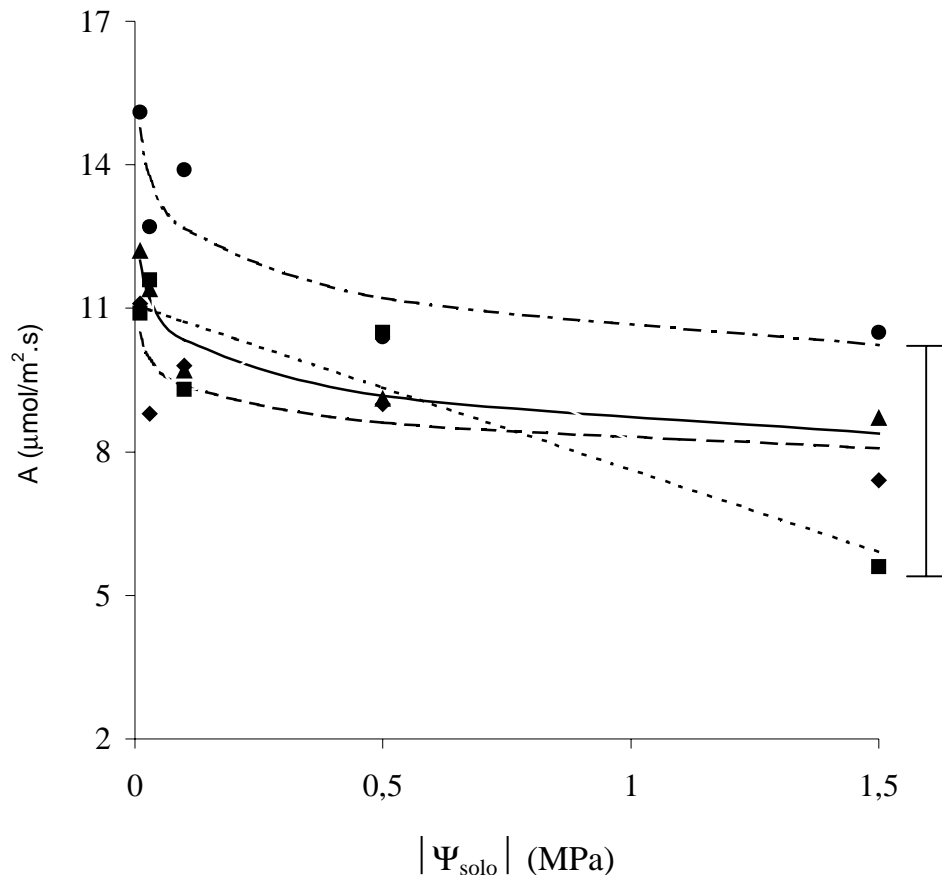


Figura 5 - Valores estimados (linhas) e observados (símbolos) da fotossíntese líquida (A), em *B. mutica* ( - - - - - ; ●), *B. decumbens* ( — — — ; ▲), *B. brizantha* ( - - - - - ; ◆) e *B. humidicola* ( ······· ; ■), em função do potencial hídrico do solo  $|\Psi_{solo}|$ . (RFA =  $565 \pm 68 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ ). Diferença mínima significativa em relação aos valores médios observados (I). Período de estresse.

$$\hat{Y}_{humidicola} = 5,49459 + 3,20177^* \Psi_{solo} - 2,73175^{**} \Psi_{solo}^2; R^2 = 0,84$$

$$\hat{Y}_{mutica} = 4,11193 - 0,506166^* \log(\Psi_{solo}); R^2 = 0,75$$

$$\hat{Y}_{decumbens} = \bar{Y} = 4,20$$

$$\hat{Y}_{brizantha} = \bar{Y} = 3,82$$

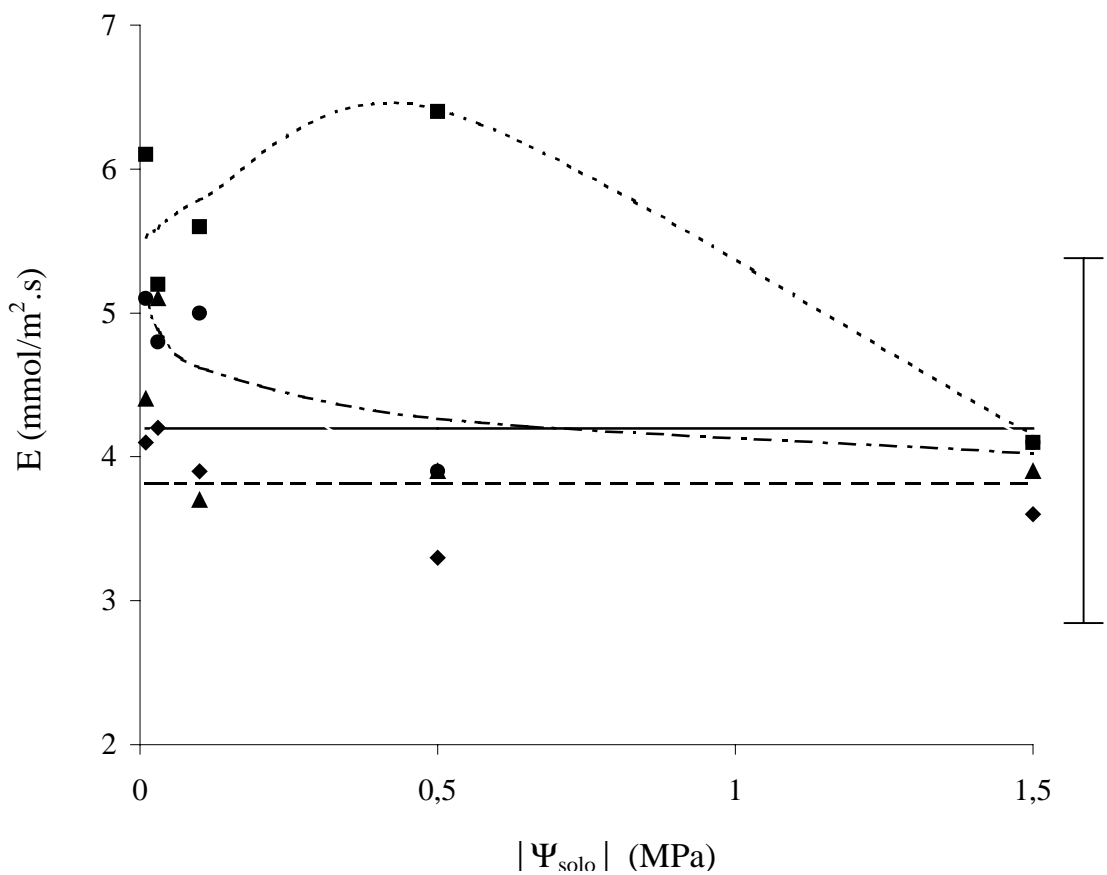


Figura 6 - Valores estimados (linhas) e observados (símbolos) da transpiração (E), em *B. humidicola* (..... ; ■), *B. mutica* (----- ; ●), *B. decumbens* (— ; ▲) e *B. brizantha* (----- ; ◆), em função do potencial hídrico do solo  $|\Psi_{solo}|$ . (RFA =  $565 \pm 68 \mu\text{mol/m}^2/\text{s}$ ). Diferença mínima significativa em relação aos valores médios observados (I). Período de estresse.

As espécies de *Brachiaria* diferiram em termos de transpiração sob  $\Psi_{\text{solo}}$  de -0,5 MPa, condição em que a *B. humidicola* superou a *B. brizantha*.

O efeito negativo do déficit hídrico sobre as características fisiológicas, verificado no presente estudo, corrobora os resultados de uma gama considerável de experimentos envolvendo diferentes espécies de gramíneas, metodologias e condições de cultivo (DOLEY e TRIVETT, 1974; NG et al., 1975; LUDLOW e NG, 1976; BULDGEN e FRANÇOIS, 1998).

Assim, como era esperado, o comportamento estomático exerceu controle efetivo sobre as trocas gasosas, uma vez que a fotossíntese líquida e a transpiração se correlacionaram linear e positivamente com a condutância estomática (Quadro 4).

Quadro 4 - Correlações lineares entre condutância estomática ( $g_s$ ) e fotossíntese líquida (A), transpiração (E) e potencial hídrico de lâminas foliares ( $\Psi_1$ ), em espécies de *Brachiaria* (período de estresse)

Espécies	$g_s \times A$	$g_s \times E$	$g_s \times \Psi_1$
	----- Coeficiente de correlação <sup>1</sup> -----		
<i>B. decumbens</i>	0,93	0,64	0,60
<i>B. brizantha</i>	0,79	0,85	-
<i>B. humidicola</i>	0,95	0,70	0,55
<i>B. mutica</i>	0,87	0,75	0,75

<sup>1</sup>Probabilidade < 0,05.

De qualquer forma, os valores observados para condutância estomática e transpiração revelaram tendência de decréscimo, em função do  $\Psi_{\text{solo}}$ .

Estreita relação da fotossíntese líquida com a condutância estomática também foi observada em *Panicum maximum* (BROWN e SIMMONS, 1979). Esta estreita relação da condutância estomática com as trocas gasosas, sob

condições de déficit hídrico, pode ser creditada à maior contribuição dos estômatos à resistência ao fluxo difusivo, relativamente aos demais componentes da resistência da folha e da camada limítrofe (HSIAO, 1973; DOLEY e TRIVETT, 1974; LUDLOW e NG, 1976; BROWN e SIMMSONS, 1979).

Por sua vez, o fechamento estomático decorre da ação do ácido abscísico sobre os estômatos, em resposta ao déficit hídrico (ZHANG e DAVIS, 1990; BANO et al., 1993; LIANG et al., 1997). De fato, o comportamento estomático foi relativamente sensível ao estresse hídrico detectado em nível foliar, decorrente da diminuição da disponibilidade de água no solo. Assim, foram observadas as correlações lineares positivas entre a condutância estomática e o  $\Psi_1$  em *B. mutica*, *B. decumbens* e *B. humidicola*.

O efeito do  $\Psi_{\text{solo}}$  sobre o  $\Psi_1$ , em *B. humidicola*, desencadeou resposta linear negativa na condutância estomática e na fotossíntese líquida e quadrática na transpiração. Conclui-se que esta espécie foi a mais sensível, do ponto de vista fisiológico, ao déficit hídrico, comparativamente às demais espécies de *Brachiaria* estudadas. A maior sensibilidade ao estresse hídrico da *B. humidicola* também foi verificada em relação a outras espécies de gramíneas, de acordo com os estudos de SOUZA et al. (1982) e MACHADO et al. (1983).

### 3.2.2. Características fisiológicas durante recuperação do déficit hídrico

O “efeito residual” do  $\Psi_{\text{solo}}$  sobre o  $\Psi_1$  foi severo em *B. mutica*, moderado em *B. decumbens*, leve em *B. humidicola* e inexistente em *B. brizantha* (Figura 7). Por outro lado, as espécies diferiram ( $P < 0,05$ ) em termos de  $\Psi_1$  apenas nos dois níveis mais baixos de  $\Psi_{\text{solo}}$ . Diante de tal resultado, é possível inferir que o período de recuperação foi insuficiente para a retomada completa do *status* hídrico das lâminas foliares em *B. mutica*, *B. decumbens* e *B. humidicola*, fato que poderia estar ligado aos componentes do  $\Psi_1$ , provavelmente, ao potencial osmótico (FORD e WILSON, 1981; THOMAS, 1991).

$$\hat{Y}_{mutica} = 0,290342 + 0,0899442 \cdot \log(\Psi_{solo}); R^2 = 0,98$$

$$\hat{Y}_{decumbens} = 0,0740591 + 0,419611 \cdot \sqrt{\Psi_{solo}} - 0,294199 \cdot \Psi_{solo}; R^2 = 0,99$$

$$\hat{Y}_{humidicola} = 0,11384684 \times 1,20960507^{**\Psi_{solo}}; R^2 = 0,71$$

$$\hat{Y}_{brizantha} = \bar{Y} = 0,09$$

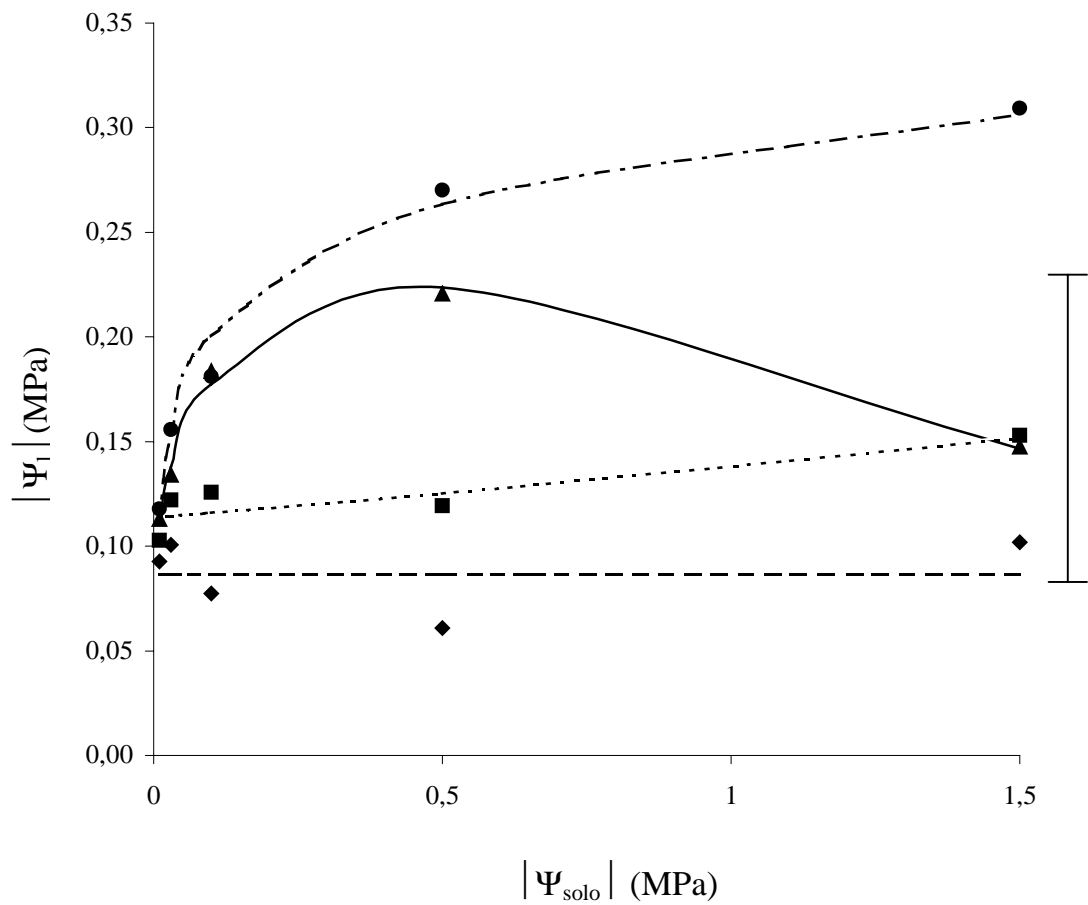


Figura 7 - Valores estimados (linhas) e observados (símbolos) do potencial hídrico de lâminas foliares  $|\Psi_l|$ , em *B. brizantha* (----- ; ◆), *B. humidicola* (..... ; ■), *B. decumbens* (— ; ▲) e *B. mutica* (----- ; ●), em função do potencial hídrico do solo  $|\Psi_{solo}|$ . Diferença mínima significativa em relação aos valores médios observados (I). Período de recuperação.

Verificou-se “efeito residual” do  $\Psi_{\text{solo}}$  sobre a condutância estomática e transpiração somente em *B. brizantha*; todavia, nenhuma diferença ( $P>0,05$ ) foi observada entre as espécies, em se tratando destas características (Figuras 8 e 9). Algumas espécies podem apresentar “efeito residual” do déficit hídrico por vários dias após reidratação dos tecidos foliares, que pode inclusive limitar a absorção de  $\text{CO}_2$  (MANSFIELD e DAVIES, 1985). De acordo com esses autores, este controle da abertura estomática seria a segunda linha de defesa das plantas ao estresse hídrico, uma vez que previne gastos prematuros da água inicialmente suprida, com vistas a melhorar a eficiência do uso de água armazenada nos tecidos.

Não se detectou “efeito residual” do  $\Psi_{\text{solo}}$  sobre a fotossíntese líquida ( $\hat{Y} = \bar{Y} = 8,25 \mu\text{mol}/\text{m}^2.\text{s}$ ), tampouco as espécies diferiram entre si ( $P>0,05$ ). Tal fato sugere que as espécies de *Brachiaria* recuperaram suas atividades fotossintéticas normais, ao contrário de alguns resultados relatados na literatura em que a recuperação foi incompleta (LUDLOW e NG, 1976) ou se caracterizou por um “efeito compensatório” (PÁEZ e GONZÁLEZ., 1995).

Observou-se controle estomático sobre a fotossíntese líquida e transpiração em todas as espécies de *Brachiaria* (Quadro 5).

Por outro lado, não se verificou relação entre a condutância estomática e o  $\Psi_1$  nas espécies de *Brachiaria*, senão uma fraca correlação em *B. humidicola* [ $r = 0,56$ ]; ( $P<0,05$ )]. Ocorre que nem sempre a condutância estomática responde estreitamente ao  $\Psi_1$ , de sorte que podem ocorrer mudanças nesta relação ao longo do dia, fenômeno denominado ajustamento dos estômatos (MUCHOW et al., 1980).

Seria admissível, portanto, que a medição do  $\Psi_1$  e da condutância estomática em horários distintos teria contribuído para a fraca ou inexistente associação entre estas duas características no presente estudo.

$$\hat{Y}_{mutica} = \bar{Y} = 0,13$$

$$\hat{Y}_{decumbens} = \bar{Y} = 0,12$$

$$\hat{Y}_{humidicola} = \bar{Y} = 0,12$$

$$\hat{Y}_{brizantha} = 0,167764 - 0,313957 \cdot \sqrt{|\Psi_{solo}|} + 0,219793 \cdot \Psi_{solo}; R^2 = 0,73$$

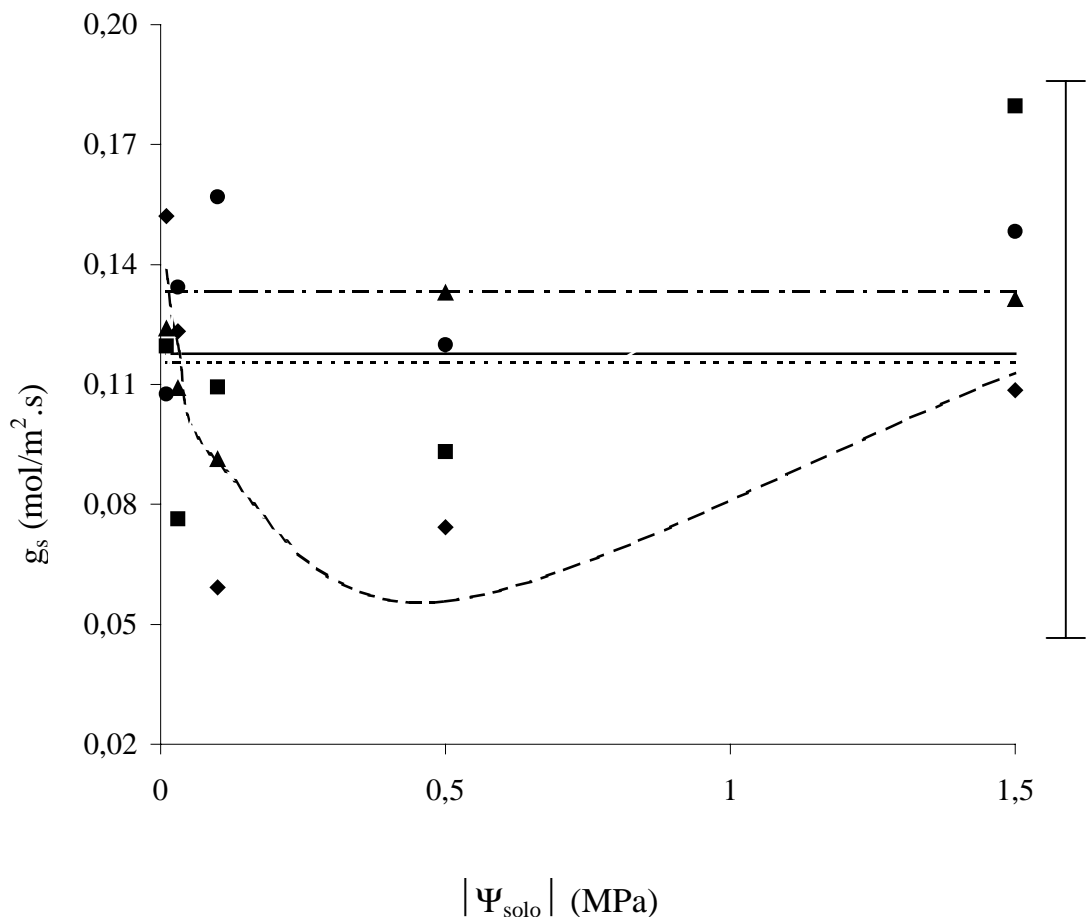


Figura 8 - Valores estimados (linhas) e observado (símbolos) da conduância estomática ( $g_s$ ) em *B. brizantha* (----- ; ◆), *B. humidicola* (.....; ■), *B. decumbens* (——— ; ▲) e *B. mutica* (-·-·-·- ; ●) em função do potencial hídrico dos solos  $|\Psi_{solo}|$ . (RFA =  $554 \pm 132 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ ). Diferença mínima significativa em relação aos valores médios observados (I). Período de recuperação.

$$\hat{Y}_{decumbens} = \bar{Y} = 3,52$$

$$\hat{Y}_{humidicola} = \bar{Y} = 3,49$$

$$\hat{Y}_{mutica} = \bar{Y} = 3,41$$

$$\hat{Y}_{brizantha} = 2,36832 + 0,0162697^* / \Psi_{solo}; R^2 = 0,73$$

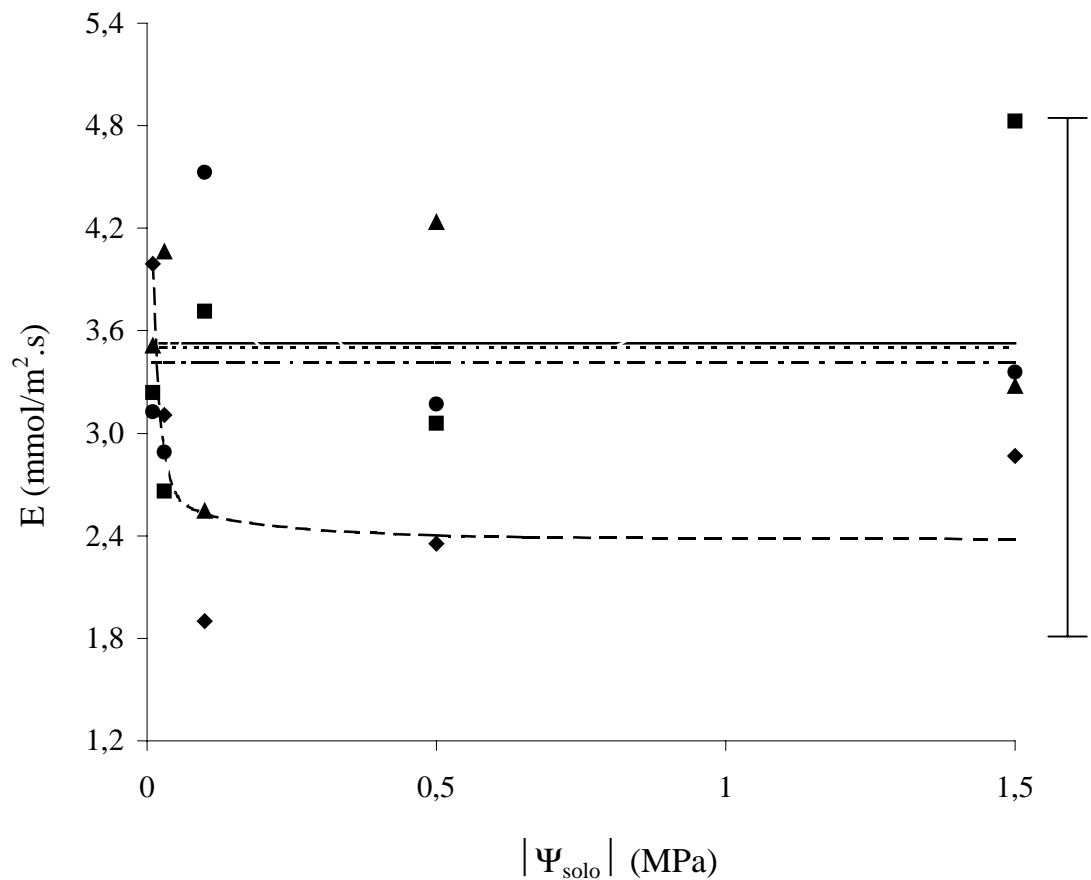


Figura 9 - Valores estimados (linhas) e observados (símbolos) da transpiração (E) em *B. brizantha* (----- ; ◆), *B. mutica* (----- ; ●), *B. humidicola* (..... ; ■) e *B. decumbens* (——— ; ▲) em função do potencial hídrico do solo  $|\Psi_{solo}|$ . (RFA =  $554 \pm 132 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ ). Diferença mínima significativa em relação aos valores médios observados (I). Período de recuperação.

Quadro 5 - Correlações lineares entre condutância estomática ( $g_s$ ) e fotossíntese líquida (A) e transpiração (E), em espécies de *Brachiaria* período de recuperação)

Espécies	$g_s \times A$	$g_s \times E$
	----- Coeficiente de correlação <sup>1</sup> -----	
<i>B. decumbens</i>	0,71	0,87
<i>B. brizantha</i>	0,87	0,91
<i>B. humidicola</i>	0,56	0,86
<i>B. mutica</i>	0,84	0,75

<sup>1</sup>Probabilidade < 0,05.

De qualquer forma, outros fatores que não somente o prévio  $\Psi_{\text{solo}}$  poderiam também estar contribuindo, tal como possíveis diferenças em termos de idade da folha, para a variação entre espécies, níveis de  $\Psi_{\text{solo}}$  e características, quanto à capacidade recuperação do déficit hídrico (DOLEY e TRIVETT, 1974; LUDLOW e NG, 1974).

Em que pese o fato de que a recuperação do estresse prévio não tenha se verificado completamente em termos fisiológicos, é possível inferir que as espécies de *Brachiaria* estudadas, ao restabelecerem suas atividades fotossintéticas normais, foram hábeis em tolerar a falta de água no solo. Isso equivale a dizer que os danos causados sobre as características fisiológicas durante o período de déficit hídrico, principalmente em *B. humidicola*, não comprometeram totalmente o aparato fotossintético das lâminas foliares recém-expandidas das plantas de *Brachiaria*. Entretanto, é incerto que as lâminas foliares das folhas mais velhas não tenham sido severamente danificadas.

### 3.3. Produção de biomassa

#### 3.3.1. Produção de biomassa sob déficit hídrico

A área de lâminas foliares verdes em *B. brizantha* e *B. decumbens* decresceu com a diminuição da disponibilidade de água no solo, tendendo a estabilizar-se em direção aos níveis mais baixos de  $\Psi_{\text{solo}}$  ( $P < 0,05$ ). Para a *B. mutica* e a *B. humidicola*, verificou-se a mesma tendência, sem alcançar significância ( $P > 0,05$ ) (Figura 10).

A diminuição da área de lâmina foliar verde, em resposta ao déficit hídrico, decorreria, provavelmente, do efeito negativo do déficit hídrico sobre a taxa de alongamento, comprometendo o tamanho da folha e acentuando a senescência (DOLEY e TRIVETT, 1974; PANDE e SINGH, 1981; BARUCH, 1994a; PÁEZ et al., 1995 e BLUM, 1996).

As espécies de *Brachiaria* diferiram ( $P < 0,05$ ) quanto à área de lâmina foliar verde apenas nos níveis mais altos de  $\Psi_{\text{solo}}$ , condições em que a *B. brizantha* sobressaiu-se em relação à *B. humidicola* apenas (Figura 10).

Embora não tenham ocorrido diferenças estatísticas entre a *B. decumbens*, a *B. mutica* e a *B. humidicola*, o tamanho do aparelho assimilatório da *B. decumbens* tendeu a ser maior que o da *B. mutica* e *B. humidicola* sob os níveis mais altos de  $\Psi_{\text{solo}}$ . Por outro lado, sob níveis mais baixos de  $\Psi_{\text{solo}}$ , esta tendência ocorreu em favor da *B. brizantha*.

A redução da área foliar sob condições de déficit hídrico tem sido considerada importante mecanismo de tolerância à seca, visto que menor superfície de tecido foliar exposta à radiação solar resulta em menor perda de água via transpiração (CHAVES, 1991). A julgar por este ponto de vista, a *B. brizantha* e *B. decumbens* parecem mais adaptadas à seca que a *B. humidicola* e a *B. mutica*.

$$\hat{Y}_{brizantha} = 0,774012 - 0,189404 * \log(\Psi_{solo}); R^2 = 0,65$$

$$\hat{Y}_{decumbens} = 0,515895 - 0,187593^{**} \log(\Psi_{solo}); R^2 = 0,86$$

$$\hat{Y}_{mutica} = \bar{Y} = 0,492$$

$$\hat{Y}_{humidicola} = \bar{Y} = 0,31$$

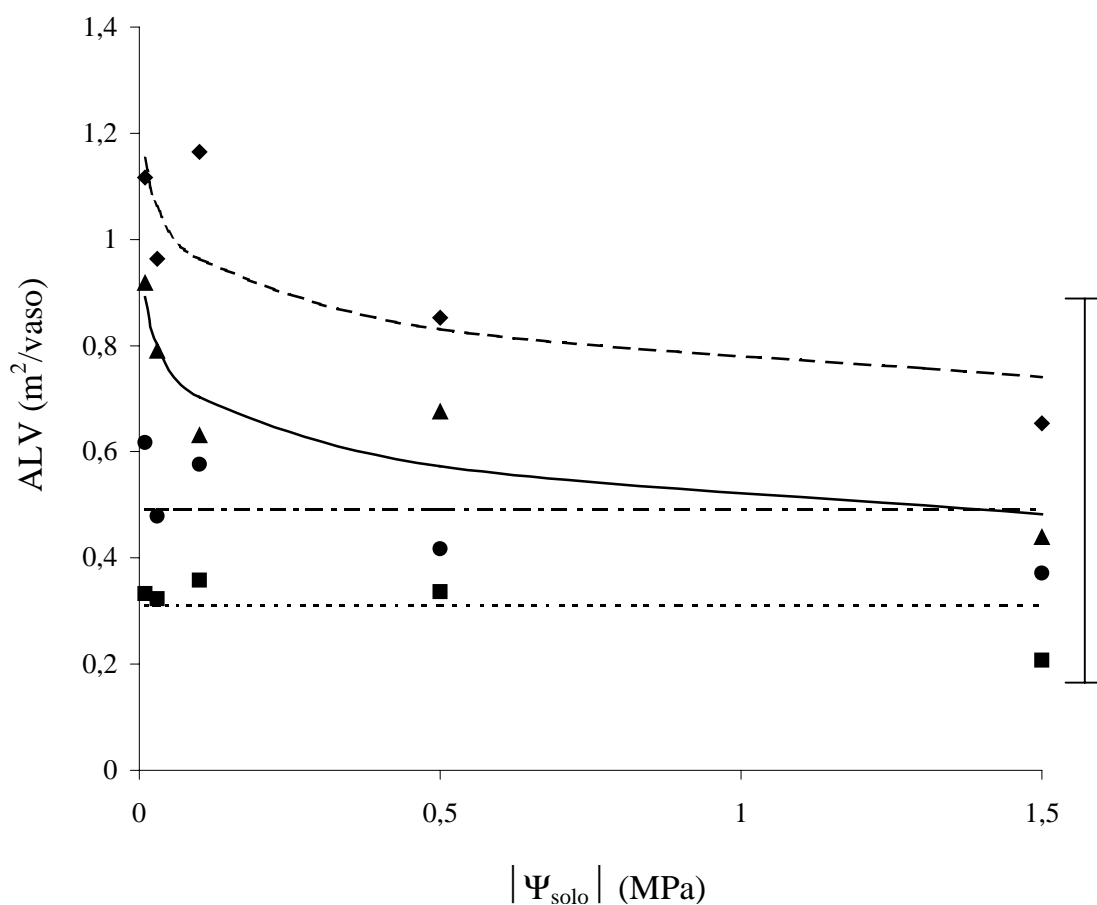


Figura 10 - Valores estimados (linhas) e observados (símbolos) da área de lâminas foliares verdes (ALV) em *B. humidicola* (..... ; ■), *B. mutica* (----- ; ●), *B. decumbens* (— ; ▲) e *B. brizantha* (- - - - - ; ◆) em função do potencial hídrico do solo  $|\Psi_{solo}|$ . Diferença mínima significativa em relação aos valores médios observados (I). Período de estresse.

Entretanto, se por um lado tal mecanismo é benéfico, na medida em que contribui para diminuir as perdas transpiratórias, por outro é indesejável, uma vez que reduz o tamanho do aparelho assimilatório e também a porção mais digestível da forragem. De fato, estas duas espécies demonstraram-se insensíveis ao  $\Psi_{\text{solo}}$  em termos de taxa transpiratória ( $\text{mmol/m}^2.\text{s}$ ) de folhas recém-expandidas individuais (item 3.2). Ocorre que a *B. mutica* e a *B. humidicola* parecem ter levado certa vantagem sobre a *B. brizantha* e a *B. decumbens* durante o déficit hídrico, pois, em geral, apresentaram menor área de lâmina foliar verde e efetivo controle estomático sobre a transpiração.

A produção de matéria verde seca de lâminas foliares decresceu linearmente com o potencial hídrico do solo ( $\Psi_{\text{solo}}$ ), independente da espécie de *Brachiaria* (Figura 11). Esse decréscimo foi da ordem de 26%, comparando-se os valores obtidos sob capacidade de campo (-0,01 MPa) e ponto de murcha permanente (-1,5 MPa). Substancial diferença foi observada entre as espécies, quanto à produção de matéria verde seca de lâminas foliares ( $P < 0,05$ ), sendo observado maior valor para *B. brizantha* e menor para *B. humidicola*.

Quadro 6 - Matéria verde seca de lâminas foliares (MVSL) em espécies de *Brachiaria* (período de estresse)

Espécies	MVSL (g/vaso)
<i>B. decumbens</i>	28,5a
<i>B. brizantha</i>	39,7a
<i>B. humidicola</i>	12,8b
<i>B. mutica</i>	16,4b

a > b ( $P < 0,05$ ).

$$\hat{Y} = 25,0765 - 4,08685 * \Psi_{solo}; R^2 = 0,85$$

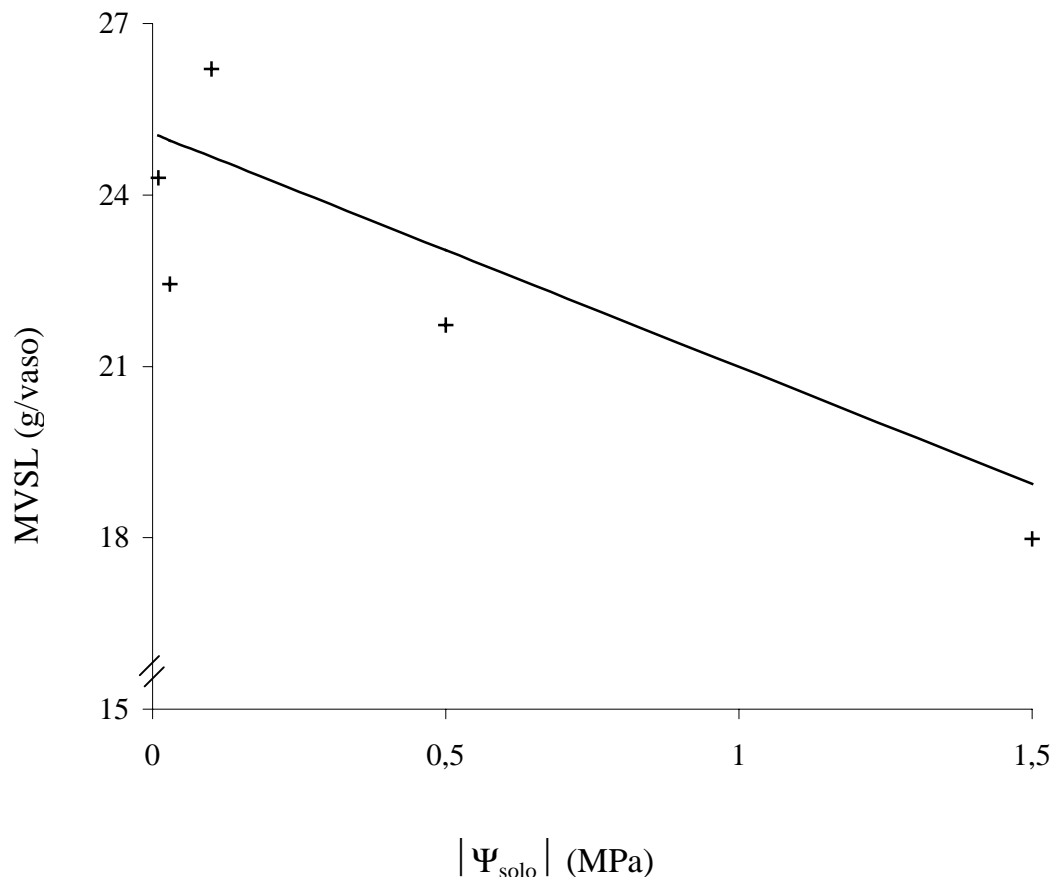


Figura 11 - Valores estimados (—) e observados (+) da matéria verde seca de lâminas foliares (MVSL) em espécies de *Brachiaria* em função do potencial hídrico do solo  $|\Psi_{solo}|$ . Período de estresse.

Observou-se resposta linear decrescente da produção de matéria verde seca de colmos, em *B. decumbens* e *B. mutica*, com o  $\Psi_{\text{solo}}$  ( $P < 0,05$ ). Para a *B. brizantha* e *B. humidicola*, visualiza-se apenas tendência inicial semelhante (Figura 12).

As espécies diferiram ( $P < 0,05$ ) em termos de produção de matéria verde seca de colmos, sob o  $\Psi_{\text{solo}}$  de -0,01 a -0,1MPa, condições em que a *B. decumbens* superou apenas a *B. humidicola*.

O momento do corte das plantas coincidiu, provavelmente, com o pleno estágio de alongamento de colmos em *B. decumbens* e *B. mutica*, daí a maior sensibilidade destas espécies ao déficit hídrico em termos de produção de colmo. Isso decorre do fato de que o órgão da planta que está crescendo com maior rapidez, durante o período de déficit hídrico, é o mais afetado pelo estresse (ASPINALL et al., 1964). De fato, a variação nos níveis de  $\Psi_{\text{solo}}$  de -0,01 para -1,5 MPa acarretou sensível redução na produção de matéria verde seca de colmos, que foi da ordem de 38% em *B. decumbens* e de 32% em *B. mutica*. A rigor, isso poderia ser interpretado como algo desejável do ponto de vista nutricional, pois a fração colmo, geralmente, confere menor qualidade à forragem. Ocorre, porém, que o déficit hídrico pode afetar anterior e, ou, concomitantemente a produção de lâminas foliares e acarretar decréscimo na produção total de forragem verde, o que é indesejável.

A matéria seca do sistema radicular decresceu ( $P < 0,05$ ) linearmente com o  $\Psi_{\text{solo}}$  em *B. decumbens* (Figura 13). Para a *B. mutica* e a *B. humidicola* observou-se a mesma tendência e para a *B. brizantha*, tendência contrária, no entanto, seus valores médios não responderam significativamente ao  $\Psi_{\text{solo}}$ . Talvez, a maior concentração do sistema radicular nas camadas mais superficiais do solo nos vasos tenha tornado as raízes da *B. decumbens* (CORRÊA et al., 1999), bem como da *B. mutica* e *B. humidicola*, mais suscetíveis ao estresse hídrico, visto que a disponibilidade de água no solo varia com a profundidade (MAJERUS, 1975).

$$\hat{Y}_{decumbens} = 64,829 - 16,3761^{**} \Psi_{solo}; R^2 = 0,99$$

$$\hat{Y}_{mutica} = 47,1228 - 9,97314^{*} \Psi_{solo}; R^2 = 0,86$$

$$\hat{Y}_{brizantha} = \bar{Y} = 33,53$$

$$\hat{Y}_{humidicola} = \bar{Y} = 24,35$$

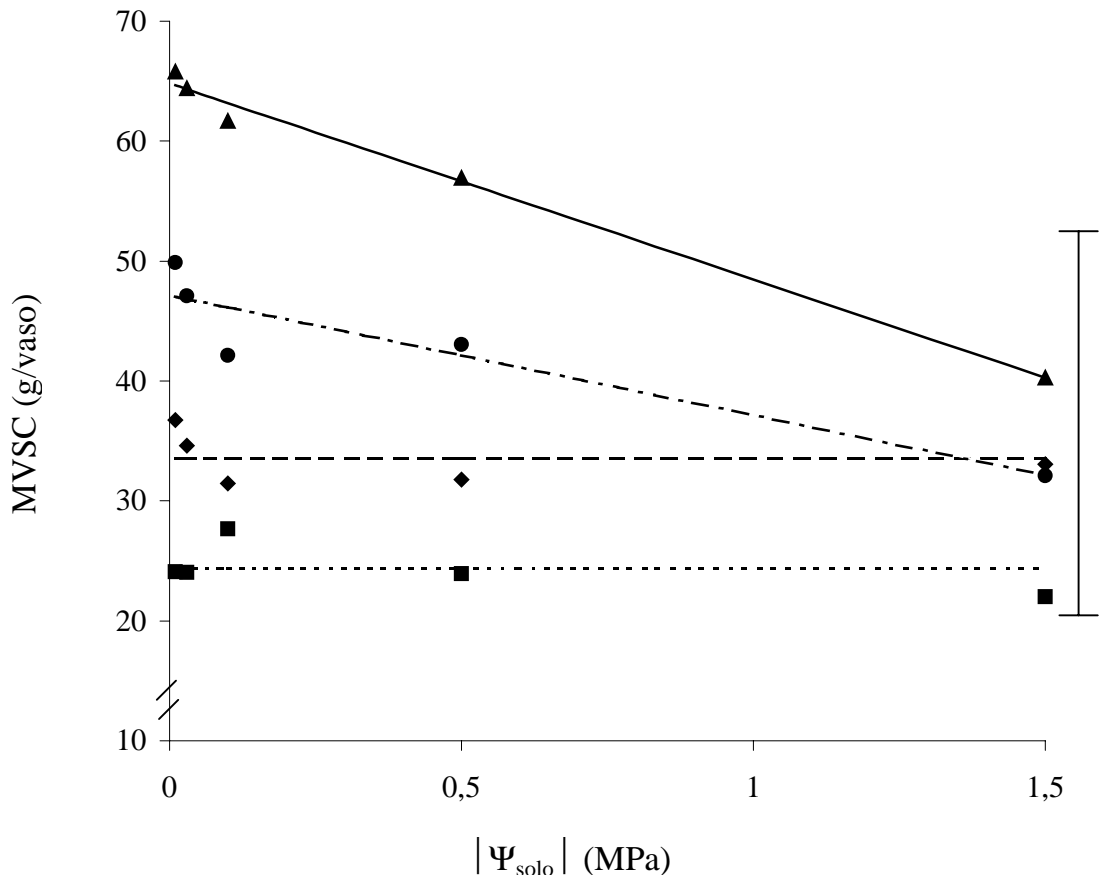


Figura 12 - Valores estimados (linhas) e observados (símbolos) da matéria verde seca de colmos (MSCV) em *B. humidicola* (.....; ■), *B. mutica* (-----; ●), *B. brizantha* (-----; ◆) e *B. decumbens* (—; ▲) em função do potencial hídrico do solo  $|\Psi_{solo}|$ . Diferença mínima significativa em relação aos valores médios observados (I). Período de estresse.

$$\hat{Y}_{decumbens} = 38,7917426 - 14,027657\Psi_{solo}; R^2 = 0,99$$

$$\hat{Y}_{brizantha} = \bar{Y} = 37,7$$

$$\hat{Y}_{mutica} = \bar{Y} = 26,5$$

$$\hat{Y}_{humidicola} = \bar{Y} = 10,5$$

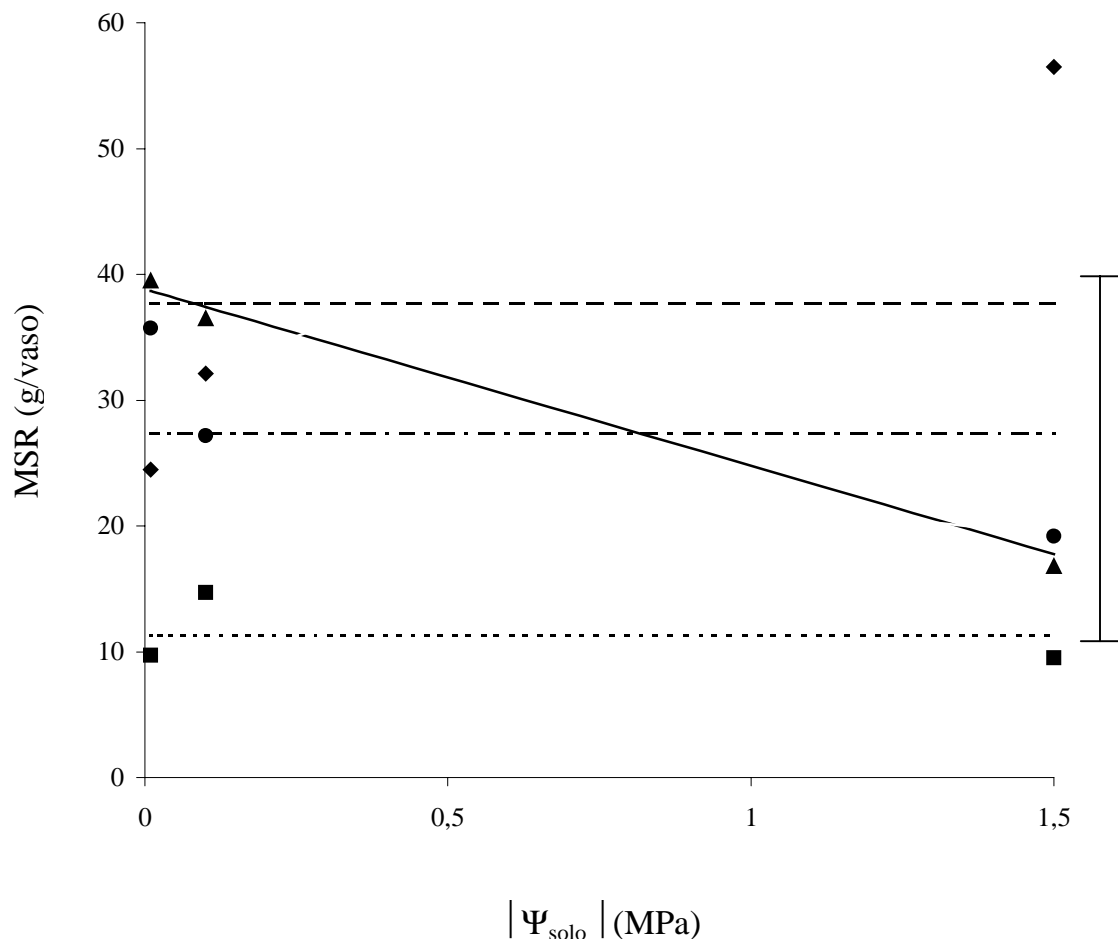


Figura 13 - Valores estimados da matéria seca do sistema radicular (MSR) em *B. humidicola* (..... ; ■), *B. mutica* (----- ; ●), *B. brizantha* (----- ; ◆), *B. decumbens* (— ; ▲) em função do potencial hídrico do solo  $|\Psi_{solo}|$ . Diferença mínima significativa em relação aos valores médios observados (I). Período de estresse.

Também a pequena altura do vaso (KANO et al., 1999) pode ter limitado o crescimento radicular, em direção às camadas mais profundas do solo ou ainda ocorreu pouco tempo para as raízes se ajustarem fisiológica e morfológicamente ao déficit hídrico, uma vez que a queda no potencial hídrico do solo é muito rápida em condição de vaso (PASSIOURA, 1988).

De qualquer forma, os resultados obtidos para *B. decumbens* são contrastantes com a maioria dos relatos encontrados na literatura para espécies tolerantes à seca, as quais apresentam, sob déficit hídrico, maiores produção e profundidade do sistema radicular (DOSS et al., 1960; PÁEZ et al., 1995; KANO et al., 1999). Não obstante, efeitos negativos do déficit hídrico sobre o sistema radicular também foram observados em espécies forrageiras de clima temperado (JARGIELLO e HARKOT, 1989) e tropical (BARUCH, 1994a). Tal fato seria resultante do declínio na assimilação líquida ocasionado pelo decréscimo no potencial hídrico das folhas, associado ao fato de que, nestas condições, a fotossíntese diminui mais rapidamente do que a respiração (PANDE e SINGH, 1981). No presente estudo, o déficit hídrico ocasionou significativa queda tanto do potencial hídrico como na fotossíntese líquida das folhas de *B. decumbens*.

A tendência de aumento da matéria seca do sistema radicular com déficit hídrico, em *B. brizantha*, resultou em superioridade ( $P < 0,05$ ) desta espécie, sob o nível mais baixo de  $\Psi_{\text{solo}}$  (Figura 13).

Não se observou efeito do  $\Psi_{\text{solo}}$  sobre a relação lâmina/colmo de ( $P > 0,05$ ). Todavia detectaram diferenças entre as espécies, registrando-se valores maiores ( $P < 0,05$ ) de relação lâmina/colmo para a *B. brizantha* (Quadro 7). Tal fato é digno de nota, visto que a maior relação lâmina/colmo significa maior alocação de biomassa para produção de lâminas foliares, fato que contribui para a melhoria na qualidade nutricional da forragem.

Quadro 7 - Relação lâmina/colmo (RLC) de espécies de *Brachiaria* (período de estresse)

Espécies	RLC (g/g)
<i>B. decumbens</i>	0,52b
<i>B. brizantha</i>	1,27a
<i>B. humidicola</i>	0,56b
<i>B. mutica</i>	0,39b

a > b (P<0,05).

BARUCH (1994a) observou que o déficit hídrico reduziu a matéria seca mais acentuadamente na fração colmo que na folha de *A. gayanus* e *H. rufa*, enquanto em *B. mutica* e *E. polystachya* a relação folha/colmo se demonstrou estável.

### 3.3.2. Produção de biomassa durante recuperação do déficit hídrico

Todas as espécies exibiram “efeito residual” do estresse hídrico sobre a área de lâminas foliares verdes (Figura 14). Tal fato, associado à dependência do aparecimento de novas folhas (DOLEY e TRIVETT, 1974) e ao atraso no restabelecimento das taxas de alongamento foliar (CHU et al., 1979; TOFT et al., 1987), é atribuído ao curto período de recuperação, que foi de apenas sete dias. Isso seria decorrente da senescência dos primórdios existentes ou do atraso da formação de novos primórdios, resultantes dos baixos potenciais hídricos no domo apical (HUSAIN e ASPINALL, 1970).

Enquanto o efeito residual do  $\Psi_{\text{solo}}$  sobre a área de lâminas foliares verdes da *B. brizantha* se mostrou proporcional à magnitude do estresse hídrico anterior, para as demais espécies sua magnitude foi a mesma para o  $\Psi_{\text{solo}} \leq -0,1$  MPa.

$$\hat{Y}_{brizantha} = 0,802659 - 0,195597^{**} \Psi_{solo}; R^2 = 0,93$$

$$\hat{Y}_{decumbens} = 0,410639 + 0,00201671^{**} / \Psi_{solo}; R^2 = 0,85$$

$$\hat{Y}_{mutica} = 0,263941 + 0,00347806^{**} / \Psi_{solo}; R^2 = 0,97$$

$$\hat{Y}_{humidicola} = 0,169369 + 0,00259624^{**} / \Psi_{solo}; R^2 = 0,94$$

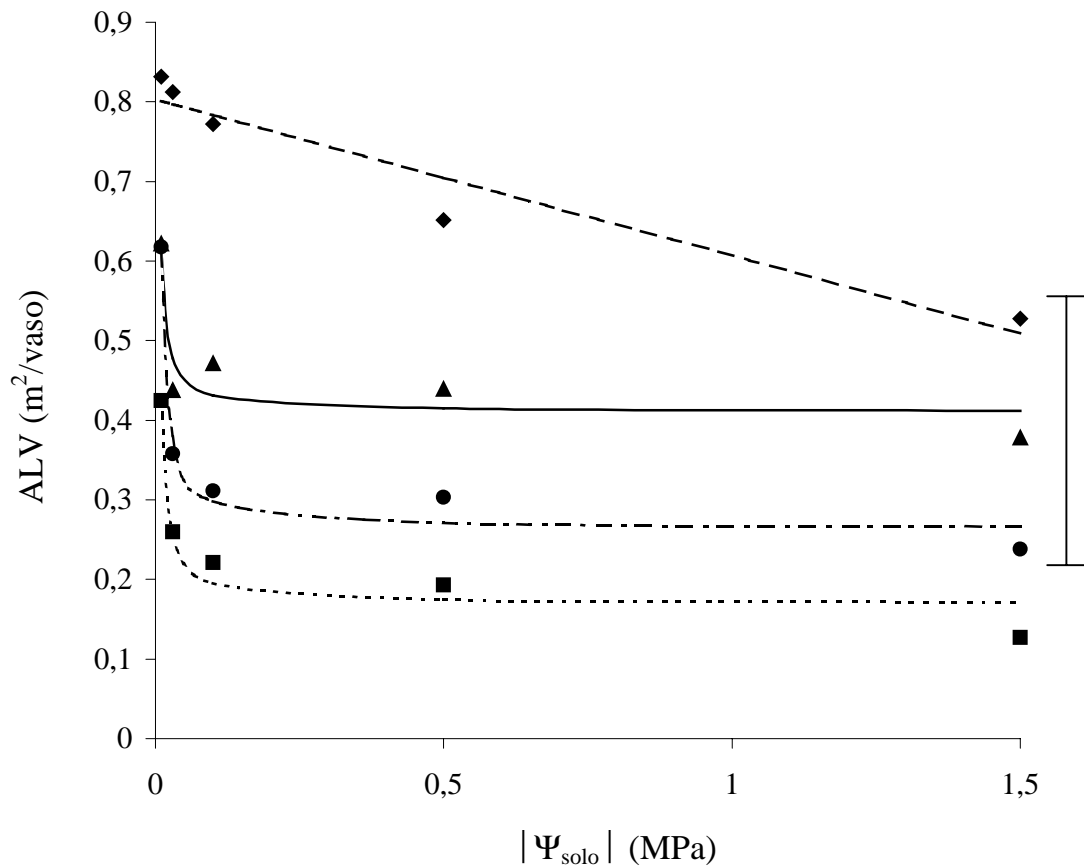


Figura 14 - Valores estimados (linhas) e observados (símbolos) da área de lâminas foliares verde (ALV) em *B. humidicola* (.....; ■), *B. mutica* (-----; ●), *B. decumbens* (—; ▲) e *B. brizantha* (-----; ◆) em função do potencial hídrico do solo  $|\Psi_{solo}|$ . Diferença mínima significativa em relação aos valores médios observados (I). Período de recuperação

Correlações negativas foram observadas entre o potencial hídrico de lâminas foliares prévio e a área de lâminas foliares verdes, em *B. brizantha* [ $r = -0,78$ ; ( $P < 0,01$ )], *B. humidicola* [ $r = -0,61$ ; ( $P < 0,01$ )] e *B. mutica* [ $r = -0,66$ ; ( $P < 0,01$ )], fato que evidencia o efeito residual do prévio estresse hídrico sobre estas espécies.

Observou-se recuperação satisfatória da produção de matéria verde seca de lâminas foliares em *B. brizantha* e incompleta nas demais espécies, principalmente *B. mutica* e *B. humidicola* (Figura 15). O fato de a *B. brizantha* ser altamente responsiva a adubação nitrogenada, associado ao considerável sistema radicular e à recuperação do *status* hídrico, talvez explique o restabelecimento da matéria verde seca das suas lâminas foliares. Também a utilização de substância de reservas (HORST e NELSON, 1979; KIGEL e DOTAN, 1982), acumuladas durante o período de déficit hídrico, poderia ter contribuído para a recuperação da matéria verde seca das lâminas foliares em *B. brizantha*. Entretanto, é digno de nota o fato desta espécie ter sido mais eficiente na recuperação do peso do que da área de seu tecido foliar (Figuras 14 e 15). Isso denota certa “prioridade” na utilização dos fotoassimilados para a recuperação do crescimento, em termos de peso e espessura do tecido foliar, em detrimento do crescimento em expansão.

A incompleta recuperação da matéria verde seca e da área das lâminas foliares, em *B. decumbens*, *humidicola* e *B. mutica*, poderia estar ligada também aos baixos potenciais hídricos foliares das espécies, que estariam limitando as taxas de aparecimento e alongamento das lâminas foliares. Entretanto, não se observou nenhuma correlação ( $P > 0,05$ ) da matéria verde seca com os níveis de potencial hídrico registrados durante o período de recuperação. Correlações negativas foram observadas entre o  $\Psi_1$  prévio e o peso da matéria verde seca de lâminas foliares, somente em *B. humidicola* [ $r = -0,53$ ; ( $P < 0,05$ )] e *B. mutica* [ $r = -0,69$ ; ( $P < 0,01$ )], o que, de certa forma, sugere o efeito residual do estresse hídrico sobre estas espécies.

A recuperação da produção de matéria verde seca de colmos foi significativa apenas em *B. decumbens* e *B. brizantha* (Figura 16).

$$\hat{Y}_{brizantha} = \bar{Y} = 33,04$$

$$\hat{Y}_{decumbens} = 18,0368 - 2,64677 \log(\Psi_{solo}); R^2 = 0,85$$

$$\hat{Y}_{mutica} = 10,2603 + 0,112156^{**} / \Psi_{solo}; R^2 = 0,94$$

$$\hat{Y}_{humidicola} = 7,97931 + 0,0813145^{**} / \Psi_{solo}; R^2 = 0,91$$

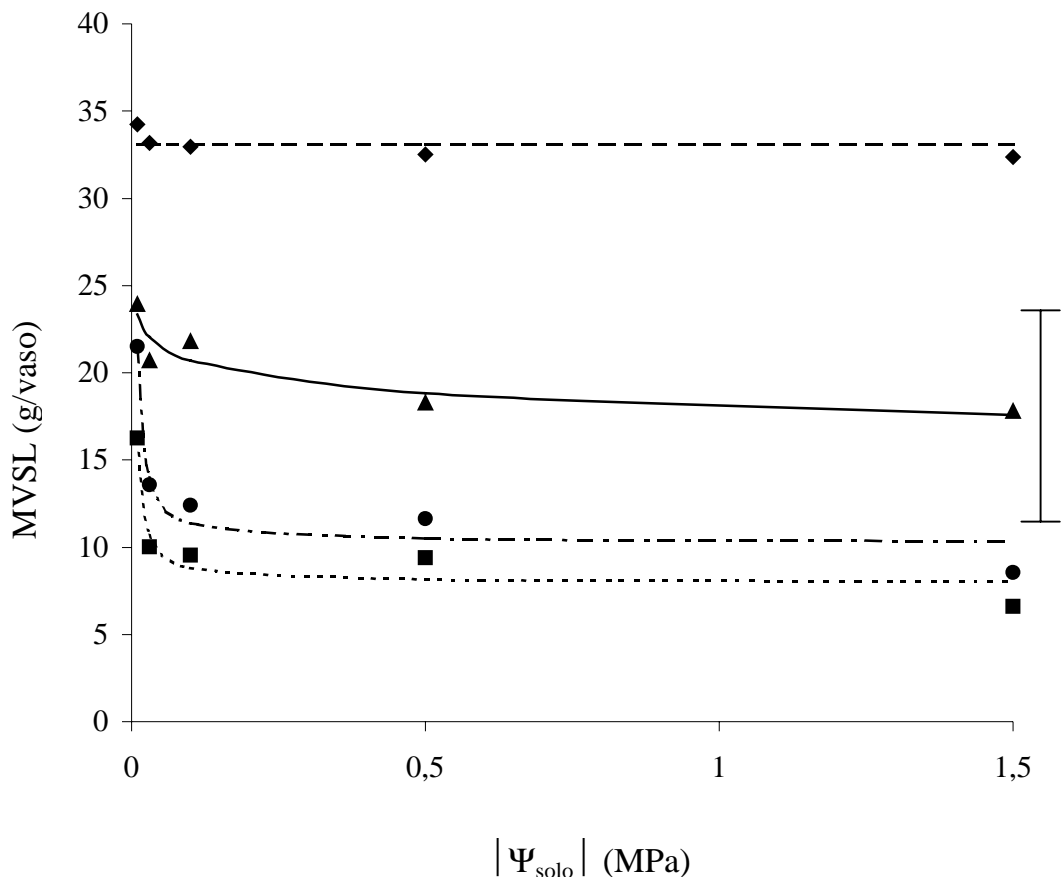


Figura 15 - Valores estimados (linhas) e observados (símbolos) da matéria verde seca de lâminas foliares (MVSL) em *B. humidicola* ( ..... ; ■), *B. mutica* ( ..... ; ●), *B. decumbens* (——— ; ▲) e *B. brizantha* (----- ; ◆) em função do potencial hídrico do solo  $|\Psi_{solo}|$ . Diferença mínima significativa em relação aos valores médios observados (I). Período de recuperação.

$$\hat{Y}_{decumbens} = \bar{Y} = 41,80$$

$$\hat{Y}_{mutica} = 34,6907 - 5,88986^{**} \log(\Psi_{solo}); R^2 = 0,86$$

$$\hat{Y}_{brizantha} = \bar{Y} = 34,96$$

$$\hat{Y}_{humidicola} = 18,6899 - 5,18353^{**} \log(\Psi_{solo}); R^2 = 0,95$$

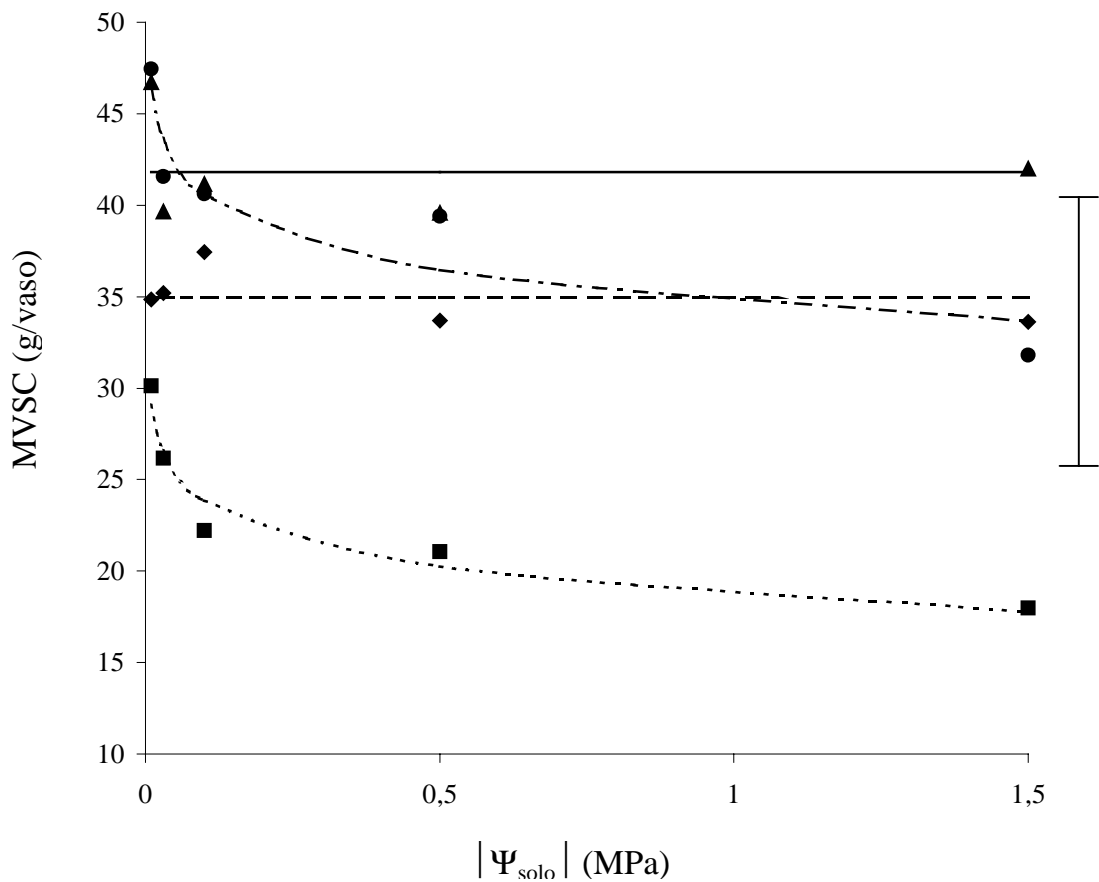


Figura 16 - Valores estimados (linhas) e observados (símbolos) da matéria verde seca de colmos (MVSC) em *B. humidicola* (..... ; ■), *B. brizantha* (----- ; ◆), *B. mutica* (----- ; ●) e *B. decumbens* (— ; ▲) em função do potencial hídrico do solo  $|\Psi_{solo}|$ . Diferença mínima significativa em relação aos valores médios observados (I). Período de recuperação.

As espécies diferiram em termos de matéria verde seca de colmos apenas sob o  $\Psi_{\text{solo}}$  de -1,5 MPa, condição em que a *B. decumbens* superou a *B. humidicola*.

Correlações negativas foram observadas entre o  $\Psi_1$  prévio e a produção de matéria verde seca de colmos em *B. humidicola* [(r = -0,66; (P<0,01)] e *B. mutica* [(r = -0,70; (P<0,01)]. Portanto, a incompleta recuperação da matéria verde seca de colmos, semelhante à de lâminas foliares, em *B. humidicola* e *B. mutica*, parece estar ligada à intensa perda de umidade de seus tecidos foliares, por ocasião do estresse hídrico.

Observou-se “efeito residual” do estresse hídrico sobre a relação lâmina/colmo, em *B. decumbens*, *B. humidicola* e *B. mutica* (Figura 17). Já a *B. brizantha*, pouco sensível ao efeito residual do  $\Psi_{\text{solo}}$ , apresentou os mais altos valores da relação lâmina/colmo em todos os níveis de  $\Psi_{\text{solo}}$ .

Evidentemente, o restabelecimento da relação lâmina/colmo em *B. brizantha* decorre da efetiva recuperação do peso da matéria verde seca tanto das lâminas foliares como dos colmos. Por outro lado, a recuperação incompleta da relação lâmina/colmo em *B. mutica*, *B. humidicola* e *B. decumbens* é resultante, principalmente, da menor recuperação da matéria verde seca da fração de lâminas foliares das plantas previamente estressadas. Correlações negativas foram observadas entre o  $\Psi_1$  prévio e a relação lâmina/colmo, porém somente em *B. mutica* [(r = -0,65; (P<0,01)], o que evidencia o efeito residual do estresse hídrico.

Vale salientar que a altura do corte por ocasião da colheita ao final do período de recuperação foi a 10 cm acima do nível do solo, ao passo que, na colheita realizada ao final do período de déficit hídrico, o corte foi feito rente ao solo. Tal fato implica na possibilidade de que as diferenças entre as plantas estressadas e as plantas controle tenham sido ainda maiores no período de recuperação. A esse fato também se devem as menores produções registradas por ocasião do período de recuperação, relativamente ao período de déficit hídrico.

$$\hat{Y}_{brizantha} = \bar{Y} = 0,947$$

$$\hat{Y}_{decumbens} = 0,519712 - 0,0677849^* \Psi_{solo}; R^2 = 0,86$$

$$\hat{Y}_{humidicola} = 0,393173 + 0,00124987^{**} / \Psi_{solo}; R^2 = 0,63$$

$$\hat{Y}_{mutica} = 0,27779 + 0,00166536^{**} / \Psi_{solo}; R^2 = 0,98$$

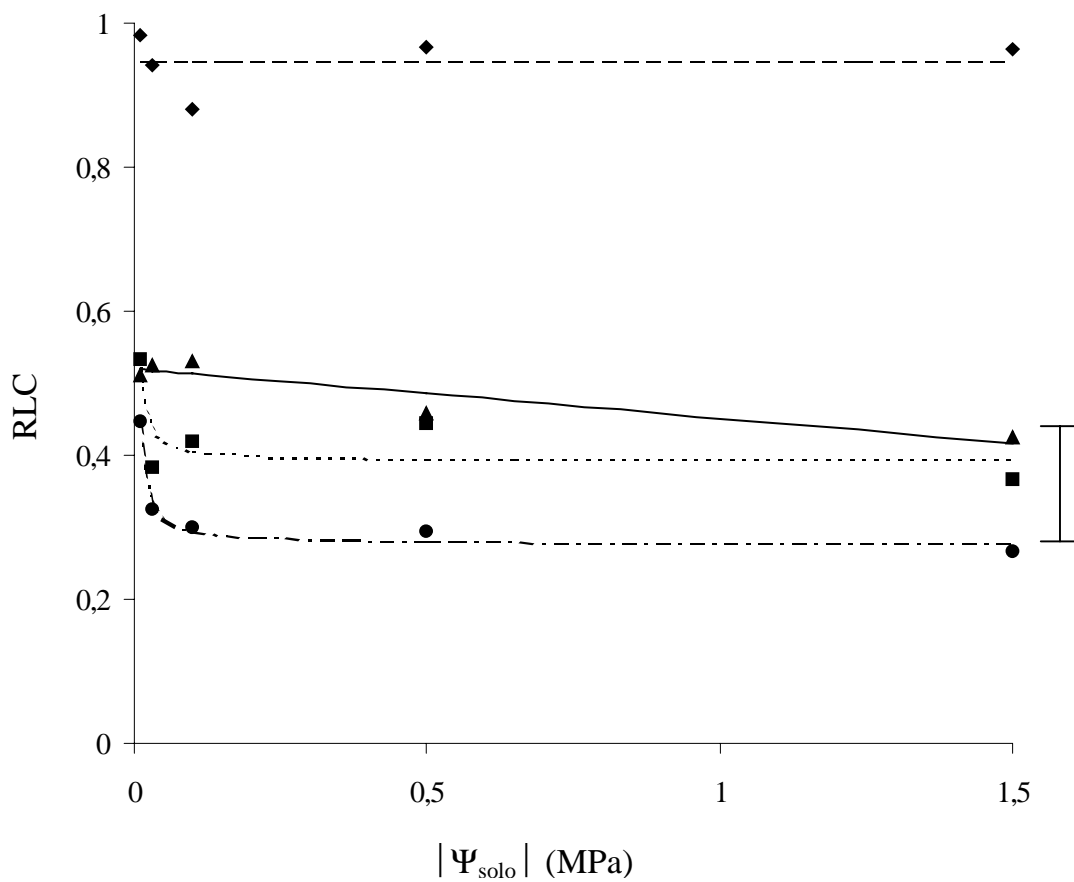


Figura 17 - Valores estimados (linhas) e observados (símbolos) da relação lâmina/colmo (RLC) em *B. mutica* ( ····· ; ●), *B. humidicola* ( ······· ; ■), *B. decumbens* ( ——— ; ▲) e *B. brizantha* ( - - - - - ; ◆) em função do potencial hídrico do solo  $|\Psi_{solo}|$ . Diferença mínima significativa em relação aos valores médios observados (I). Período de recuperação.

Também por conta disso, não se comparou a produção de biomassa durante o período de estresse com aquela verificada no período de recuperação.

É certo também que o período de recuperação utilizado nesta pesquisa foi insuficiente para a completa reconstituição dos tecidos das plantas previamente estressadas. De qualquer forma, parece de capital importância que as conclusões quanto à tolerância à seca sejam obtidas com base em resultados observados durante o déficit hídrico e, principalmente, após a suspensão do estresse, o que permite avaliar a capacidade de adaptação à falta d'água e também de recuperação do tecidos das plantas.

Assim, conclui-se que nenhuma espécie de *Brachiaria* reconstituiu completamente os tecidos das plantas previamente estressadas relativamente às plantas controle. Entretanto, a *B. humidicola* foi a espécie que demonstrou menor habilidade para restabelecer os tecidos das plantas previamente estressadas, seguida pela *B. mutica* e *B. decumbens*.

É importante salientar também que, apesar dos danos causados pelo déficit hídrico sobre o crescimento das espécies de *Brachiaria*, a magnitude do estresse não comprometeu a sobrevivência das mesmas.

#### 4. Conclusões

A *B. brizantha* foi a espécie que apresentou maior tolerância ao déficit hídrico, em decorrência de:

- menor sensibilidade dos seus estômatos durante o déficit hídrico, que resultou em menor efeito sobre as taxas de fotossíntese e transpiração;
- mais altas taxas de alongamento das lâminas foliares e mínima taxa de senescência das lâminas foliares;
- expressiva produção de matéria seca de raízes; e
- recuperação satisfatória do *status* hídrico de seus tecidos e da produção de matéria verde seca de lâminas foliares e colmos.

## 5. Referências Bibliográficas

- ASPINALL, D., NICHOLS, P.B., MAY, L.H. The effects of soil moisture stress on the growth of barley. I. vegetative development and grain yield. **Australian Journal of Agricultural Research**, Melbourne, v.15, n.5, p.729-745, 1964.
- BANO, A., DÖRFFLING, K., BETTIN, D., HAHN, H. Abscisic acid and cytokinins as possible root-shoot- signals in xilem sap of rice plants in drying soil. **Australian Journal of Plant Physiology**, Melbourne, v.20, n.1, p.109-115, 1993.
- BARKER, D.J., SULLIVAN, C.Y., MOSER, L.E. Water deficit effects on osmotic potential, cell wall elasticity, and proline in five forage grasses. **Crop Science**, Madison, v.85, n.2, p.270-275. 1993.
- BARUCH, Z. Responses to drought and flooding in tropical forage grasses.I. Biomass allocation, leaf growth and mineral nutrients. **Plan and Soil**, The Hague, v.164, n.1, p.87-96, 1994a.
- BENNETT, O.L., DOSS, B.D. Effect of the soil moisture level on root distribution of cool-season forage species. **Agronomy Journal**, Madison, n.4, v.52, p.204-207, 1960.
- BENNETT, J.M., SULLIVAN, C.Y. Effect of water stress preconditioning on net photosynthetic rate of grain *Sorghum*. **Photosynthetica**, Praha, v.15, n.3, p.330-337, 1981.
- BERKOWITZ, G.A. Water and salt stress. In: RAGHAVENDRA, A. S. (Ed.). **Photosynthesis: comprehensive treatise**. Cambridge: Cambridge University, 1998. p.226-237.
- BLUM, A. Crop responses to drought and the interpretation of adaptation. In: BELLASSEN, E. (Ed.). **Drought tolerance in higher plants: genetical, physiological and molecular biological analysis**. Dordrecht: Kluwer academic, 1996. p.57-70.
- BROWN, R.H., SIMMONS, R.E. Photosynthesis of grass species differing in CO<sub>2</sub> fixation pathways. I. Water-use efficiency. **Crop Science**, Madison, v.19, n.3, p.375-379, 1979.

- BULDGEN, A., FRANÇOIS, J. Physiological reactions to imposed water deficit by *Andropogon gayanus* cv. bisquamulatus e *Cenchrus ciliaris* cv. biloela in mixed fodder crop. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v.131, n.1, p.31-38, 1998.
- CHAVES, M.M. Effects of water deficits on carbon assimilation. **Journal of Experimental Botany**, London, v.42, n.234, p.1-16, 1991.
- CHU, A.C., McPHERSON, H.G., HALLIGAN, G. Recovery growth following water deficits of different duration in prairie grass. **Australian Journal Plant Physiology**, Melbourne, v.6, n.2, p.255-263, 1979.
- CORRÊA, M.R., KANNO, T., MACEDO, M.C.M., EUCLIDES, V.P.B., BERETTA, L.G.R., SANTOS, J.D., BONO, J.A.M. Produção de raízes em cinco forrageiras tropicais sob pastejo na região dos Cerrados In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 36, 1999, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: SBZ, 1999. p.73.
- DEFELIPO, B.V., RIBEIRO, A.C. **Análise química do solo**. Viçosa, MG: UFV, 1981. 15p.
- DOLEY, A., TRIVETT, N.B.A. Effect of low water potentials on transpiration and photosynthesis in mitchell grass (*Astrebla lappacea*). **Australian Journal of Plant Physiology**, Melbourne, v.1, n.4, p.539-550, 1974.
- DOOD, I.C., DAVIES, W.J. The relationship between leaf growth and ABA accumulation in the grass leaf elongation zone. **Plant Cell and Environment**, Oxford, v.19, n.9, p.1047-1056, 1996.
- DOSS, B.D., ASHLEY, D.A, BENNETT, O.L. Effect of soil moisture regime on root distribution of warm season forage species. **Agronomy Journal**, Madison, v.52, n.10, p.569-572, 1960.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, DF: SPI, 1999. 412p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Sistema Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Manual de métodos e análise de solo**. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1979. (s.n.p.)

- FORD, C., WILSON, J.R. Changes in levels of solutes during osmotic adjustment to water stress in leaves of four tropical pasture species. **Australian Journal of Plant Physiology**, Melbourne, v.8, n.1, p.77-91, 1981.
- GOWING, D.J.G., DAVIES, W.J., JONES, H.G. A positive root-sourced signal as an indicator of soil drying in apple, *Malus x domestica*. **Journal of Experimental Botany**, London, v.41, n.233, p.1535-1540, 1990.
- HENZELL, R.G., McCREE, K.J., VAN BAVEL, C.H.M, SCHERTZ, K.F. Method for screening sorghum genotypes for stomatal sensitivity to water deficit. **Crop Science**, Madison, v.15, n.4, p.516-518, 1975.
- HORST, G.L., NELSON, C.J. Compensatory growth tall fescue following drought. **Agronomy Journal**, Madison, v.71, n.5, p.559-563, 1979.
- HSIAO, T.C. Plant responses to water stress. **Annual Review of Plant Physiology**, Palo Alto, v.24, p.519-570, 1973.
- HUSAIN, I., ASPINALL, D. Water stress and apical morphogenesis in barley. **Annals of Botany**, London, v.34, n.3, p.393-407, 1970.
- JARGIELLO, J., HARKOT, W. Effect of soil moisture on the growth and development of seedling of some grass species. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 16, France, 1989. **Proceedings...** France: [s.n.], 1989. p.13-14.
- KANO, T., UOZUMI, S. MACEDO, M.C.M., SANTOS JR., J.D., BERETTA, L.G.R., CORRÊA, M.R. Avaliação de quatro espécies de *Brachiaria* submetidas ao estresse hídrico. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 36, Porto Alegre, 1999. Anais... Porto Alegre: SBZ, 1999. p.79.
- KIGEL, J., DOTAN, A. Effect of different durations of water withholding on regrowth potential and non-structural carbohydrate content in rhodes grass (*Chloris gayana* Kunth). **Australian Journal of Plant Physiology**, Melbourne, v.9, n.1, p.113-120, 1982.
- KLAR, A.E., USBRTI JR., A., HENDERSON, D.W. Diferencial responses of guinea grass populations to drought stress. **Crop Science**, Madison, v.18, n.5, p.853-857, 1978.

- LIANG, J., ZHANG, J., WONG, M.H. Can stomatal closure caused by xylem ABA explain the inhibition of leaf photosynthesis under soil drying? **Photosynthesis Research**, Dordrecht, v.51, n.2, p.149-159, 1997.
- 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**, Melbourne, v.3, n.3, p.401-413, 1976.
- LUDLOW, M.M., NG, T.T. Leaf elongation rate in *Panicum maximum* var. trichoglume following removal of water stress. **Australian Journal of Plant Physiology**, Melbourne, v.4, n.2, 263-272, 1977.
- LUDLOW, M.M., NG, T.T. Water stress suspends leaf ageing. **Plant Science Letters**, Amsterdam, v.3, n.4, p.235-240, 1974.
- MACHADO, R.C.R., SOUZA, H.M.F., MORENO, M.A. et al. Variáveis relacionadas com a tolerância de gramíneas forrageiras ao déficit hídrico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.18, n.6, p.603-608, 1983.
- MAJERUS, M.E. Responses of root and shoot growth of three grass species to decreases in soil water potential. **Journal of Range Management**, v.26, n.6, p.473-476, 1975.
- MANSFIELD, T.A., DAVIES, W.J. Mechanisms for leaf control of gas exchange. **Bioscience**, v.35, n.3, p.158-164, 1985.
- MACEDO, M.C.M. Pastagens no ecossistema Cerrados: Pesquisa para o desenvolvimento sustentável. In: SIMPÓSIO SOBRE PASTAGENS NOS ECOSISTEMAS BRASILEIROS, 1, 1995, Brasília. **Anais...** Brasília: SBZ, 1995. p.28-62.
- McIVOR, J.G. Leaf growth and senescence in *Urochloa mosambicensis* and *U. oligotricha* in a seasonally dry tropical environment. **Australian Journal Agriculture Research**, v.35, p.177-187, 1984.
- MUCHOW, R.C., FISCHER, M.J., LUDLOW, M.M., MYERS, R.J.K. Stomatal behaviour of kenaf and sorghum in a semiarid tropical environment. II. During the day. **Australian Journal of Plant Physiology**, Melbourne, v.7, n.5, p.621-628, 1980.

- NEUMANN, P.M. The role of wall adjustment in plant resistance to water deficits. **Crop Science**, Madison, v.35, n.5, p.1258-1266, 1995.
- NG, T.T., WILSON, J.R., LUDLOW, M.M. Influence of water stress on water relations and growth of a tropical (C<sub>4</sub>) grass, *Panicum maximum* var. trichoglume. **Australian Journal of Plant Physiology**, Melbourne, v.2, n.4, p.581-595, 1975.
- PÁEZ, A., O. GONZÁLEZ, M.E. Water stress and clipping management effects of guineagrass: II. Photosynthesis and water relations. **Agronomy Journal**, Madison, v.87, n.4, p.706-711, 1995.
- PÁEZ, A., O. GONZÁLEZ, M.E., YRAUSQUÍN, X. et al. Water stress and clipping management effects of guineagrass. I. Growth and biomass allocation. **Agronomy Journal**, Madison, v.87, n.4, p.698-706, 1995.
- PANDE, H., SINGH, J.S. Comparative biomass and water status of four range grasses grown under two soil water conditions. **Journal of Range Management**, Denver, v.34, n.6, p.480-484, 1981.
- PASSIOURA, J.B. Water transport in and to roots. **Annual Review Plant Physiology Plant Molecular Biology**, Palo Alto, v.39, 245-265, 1988.
- RICHARDS, L.A. Methods of measuring soil moisture tension. **Soil Science**, Baltimore, v.68, n.1, p. 95-112, 1949.
- RIVERA, E., SILVA, S., VICENTE-CHANDLER, J. Distribution of pigeon peas, cassava, coffee and grass roots in a ultisol. **Journal of Agriculture of University of Puerto Rico**, p.278-285, 1982.
- ROSENTHAL, W.D., ARKIN, G.F., SHOUSE, P.J., JORDAN, W.R. Water deficit effects on transpiration and leaf growth. **Agronomy Journal**, Madison, v.79, n.6, p.1019-1026, 1987.
- SAAB, I.N., SHARP, R.E., PRITCHARD, J. Effect of inhibition of abscisic acid accumulation on the spatial distribution of elongation in the primary root and mesocotyl of maize at low water potentials. **Plant Physiology**, Maryland, v.99, n.1, p.26-33, 1992.

- SALAH, H.B.H., TARDIEU, F. Control of leaf expansion rate of droughted maize plants under fluctuating evaporative demand. **Plant Physiology**, Maryland, v.114, n.3, p.893-900, 1997.
- SCHOLANDER, P.F., HAMMEL, H.T., BRADSTREET, E.D., HEMINGSEN, E.A. Sap pressure in vascular plants. **Science**, Washington, v.148, n.3668, p.339-346, 1965.
- SOARES FILHO, C.V. Recomendações de espécies e variedades de *Brachiaria* para diferentes condições. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGEM, 11, 1994, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1994. p.25-48.
- SOUZA, H.M.F., MACHADO, R.C.R., MORENO, M.A., ALVIM, P.T. Avaliação da resistência à seca, em gramíneas forrageiras, mediante determinação do “ponto de compensação hídrica”. **Revista Theobroma**, Itabuna, v.12, n.3, p.141-147, 1982.
- THOMAS, H. Accumulation and consumption of solutes in swards of *Lolium perenne* during drought and after rewatering. **The New Phytologist**, New York, v.118, n.1, p.35-48, 1991.
- THOMAS, H. Effect of rate of dehydration on leaf water status and osmotic adjustment in *Dactylis glomerata* L., *Lolium perenne* L. e *Lolium multiflorum* Lam. **Annals of Botany**, London, v.57, n.2, p.225-235, 1986.
- TOFT, N.L., McNAUGHTON, S.J., GEORGIADIS, N.J. Effects of water stress and simulated grazing on leaf elongation and water relations of an east african grass, *Eustachys paspaloides*. **Australian Journal of Plant Physiology**, v.14, n. 2, 211-226, 1987.
- VAN LOO, E.N. Tillering expansion and growth of plants two cultivar of perennial ryegrass grown using hydroponics at two water potential. **Annals of Botany**, London, v.70, n.6, p.511-518. 1992.
- ZHANG, J., DAVIES, W.J. Changes in concentration of ABA in the xylem sap as a function of changing soil water status can account for changes in leaf conductance and growth. **Plant and Cell Environment**, Oxford, v.13, n.2, p.271-285, 1990.

## **Crescimento de Espécies do Gênero *Brachiaria* sob Alagamento em Casa de Vegetação**

**Resumo** - Objetivou-se avaliar a tolerância ao alagamento de espécies de *Brachiaria* (*B. decumbens*, *B. brizantha*, *B. humidicola* e *B. mutica*), a partir de características morfogênicas, fisiológicas e produtivas avaliadas durante e após período de alagamento. Os tratamentos foram arranjos segundo esquema fatorial 4 x 3, constituídos das quatro espécies de *Brachiaria* e três níveis de disponibilidade de água no solo (capacidade de campo, lâmina a 1 e 10 cm acima do solo). O delineamento experimental foi de blocos ao acaso, com três repetições. O experimento foi instalado em casa de vegetação, utilizando-se colunas de PVC com 60 cm de altura x 30 cm de diâmetro. Os níveis de alagamento foram impostos a partir do 22<sup>o</sup> dia de rebrota após corte de uniformização. Após o período de alagamento, a recuperação das plantas foi avaliada sob condições normais de disponibilidade de água no solo, durante 11 dias. O acréscimo de água aos vasos, necessário para satisfazer a lâmina d'água a 1 e 10 cm do nível do solo nos respectivos vasos, foi controlado com o auxílio de furos presentes nas paredes dos vasos a 1 e 10 cm acima do nível do solo, respectivamente. O alagamento comprometeu a taxa de alongamento e acentuou a taxa de senescência das lâminas foliares, independentemente da espécie. Observou-se controle estomático das trocas gasosas em folhas de todas as espécies. O alagamento reduziu a fotossíntese líquida das espécies de *Brachiaria*, exceto de *B. mutica*, que superou as demais espécies sob a lâmina d'água de 10 cm acima do solo. As espécies não recuperaram suas atividades fotossintéticas normais após o alagamento, exceto a *B. mutica*, e tampouco restabeleceram completamente o *status* hídrico de seus tecidos foliares. O alagamento reduziu significativamente a área e o peso das lâminas foliares verdes, exceto em *B. mutica*, que apresentou apenas ligeira tendência de queda. Verificou-se forte efeito residual do alagamento sobre as características produtivas em *B. brizantha* e *B. decumbens*. A *B. mutica* apresentou numerosas raízes adventícias, que, possivelmente, lhe conferiram superior tolerância ao alagamento.

## Effect of Flooding on the Growth of *Brachiaria* Species in Greenhouse

**Abstract** - This study aimed to evaluate the tolerance *Brachiaria* species (*B. decumbens*, *B. brizantha*, *B. humidicola* e *B. mutica*) to flooding with regard to morphogenetical, physiological and production characteristics assessed during and after the stress period. Treatments resulted from a 4 x 3, factorial arrangement of four *Brachiaria* species and three flooding conditions (field capacity, 1 and 10 cm water lamina above the soil surface) distributed in randomized block design, with three replications. The experiment was carried out in greenhouse, in PVC column pot 60 cm high and 30 cm of diameter. The flooding was imposed during 18 days from the 22<sup>nd</sup> days of regrowth, after uniformization clipping. After drainage, soil water condition was maintained at field capacity during 11 days to assess the plant recovery from the stress. Small holes made 1 and 10 cm above soil level allowed to control the desired water lamina level in the pots. Flooding hindered leaf blade elongation rate and increased leaf blade senescence rate, regardless of specie. Stomatal control of gas exchanges was observed in all species. The flooding reduced the photosynthesis rate of all species, except *B. mutica*, which out-yielded the others species under the 10 cm water level. The species were not able to recover their normal photosynthesis rates after flooding, except the *B. mutica*. No species completely recovered the water status of its leaves. Flooding significantly reduced the area and weight of green leaf blade, except in *B. mutica* which showed only a slight decrease tendency. Flooding had a strong residual effect on the production characteristics of *B. brizantha* and *B. decumbens*. The numerous adventitious roots of *B. mutica* would have played an important role in its tolerance to flooding.

## 1. Introdução

Grande parte da produção pecuária brasileira concentra-se na região dos Cerrados. Solos mal drenados predominam em cerca de 10% da área total da região dos Cerrados (ADALMOLI et al., 1986). Estas áreas poderão se constituir em alternativas úteis para o cultivo de pastagens durante o período da seca, que limita a produção de forragem nas áreas bem drenadas. Entretanto, pouco se conhece sobre as espécies mais adaptadas aos solos alagados, a viabilidade de seu uso e dos possíveis impactos ecológicos (PENTEADO et al., 1996).

Em geral, os danos causados às plantas, pelo alagamento, variam com frequência, duração (ANDERSON, 1972), altura da lâmina d'água (ANDERSON, 1974b), temperatura da água (BEARD e MARTIN, 1970) e tipo de sedimento (ARMSTRONG et al., 1994). O excesso de água no solo acarreta diminuição da difusão do oxigênio, necessário ao processo respiratório das raízes, causando hipoxia (baixa concentração de oxigênio) ou anoxia (ausência de oxigênio) no solo (THOMSON e GREENWAY, 1991).

O alagamento também afeta a condutância estomática (HUANG et al., 1994a) e reduz as taxas fotossintética e de crescimento (BARUCH, 1994a), resultando em queda da produção da parte aérea (BARUCH, 1994b) e de raízes (FLARESSO e SAIBRO, 1991).

A tolerância à anaerobiose resulta de vários fatores interagindo em nível molecular, bioquímico e anatômico (PERATA e ALPI, 1993). Assim, as plantas desenvolvem certos mecanismos de adaptação metabólica (respiração anaeróbica, tendo como produto final o malato), anatômica (aerênquimas) e morfológica (formação de raízes adventícias) (CRAWFORD, 1977; DREW et al., 1979; SAAB e SACHS, 1996).

Diferenças entre espécies de gramíneas forrageiras, quanto à tolerância ao alagamento, são citadas na literatura (HUMPHRIES, 1962; ANDERSON, 1974a; ETHERINGTON, 1984; FLARESSO e SAIBRO, 1991; BARUCH, 1994a

e PENTEADO et al., 1996). Entretanto, poucos são os relatos de trabalhos avaliando a tolerância ao alagamento das espécies de *Brachiaria*.

A *B. mutica* e *B. arrecta* têm sido promissoras na revegetação de áreas de depleção de reservatórios hidroelétricos e em áreas submetidas à lâmina d'água de 30 cm acima do solo, a 40°C (OLIVEIRA, 1994; MOLAS et al., 1982). Todavia, a *B. mutica* não persistiu após o segundo período chuvoso em solos de várzea, periodicamente inundados; ao passo que a *B. arrecta* persistiu até o terceiro período chuvoso (DRUDI e BRAGA, 1990). Já a *B. humidicola* reuniria condições de se estabelecer e sobreviver sob alagamento de 30 dias de duração (PLATZECK, 1989). Todavia, os estudos de natureza morfofisiológica para avaliar a tolerância ao alagamento das espécies gênero *Brachiaria* são em menor número ou inexistentes.

Objetivou-se avaliar quatro espécies do gênero *Brachiaria* (*B. mutica*, *B. humidicola*, *B. decumbens* e *B. brizantha*), a partir de atributos morfogênicos, fisiológicos e produtivos, durante e após o alagamento.

## 2. Material e Métodos

Avaliou-se o comportamento de quatro espécies do gênero *Brachiaria* (*B. mutica*, *B. humidicola*, *B. decumbens* cv. Basilisk e *B. brizantha* cv. Marandu) durante e após período de alagamento.

Os tratamentos foram arranjados em esquema fatorial 4 x 3, envolvendo as quatro espécies de *Brachiaria* e três níveis de *status* hídrico do solo (solo na capacidade de campo e água a 1 cm e a 10 cm acima do solo). O delineamento experimental foi de blocos ao acaso, com três repetições.

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, aberta lateralmente, em vasos de colunas de PVC com 60 cm de comprimento x 30 cm de diâmetro, com fundo vedado.

O solo usado foi classificado como argisolo (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA, 1999), cujas características

físicas e químicas das amostras retiradas às profundidades de 0-20 e de 20-40 cm são apresentadas no Quadro 1. As amostras de solo foram destorroadas e peneiradas utilizando-se peneira com malhas de 7 mm de abertura e submetidas à secagem ao ar, durante 30 dias.

Quadro 1 - Características químicas e físicas de amostras de um argisolo colhidas às profundidades de 0-20 e de 20-40 cm

Característica	Profundidade (cm)	
	0-20	20-40
Composição granulométrica (kg/kg)		
• Areia grossa <sup>1</sup>	0,16	0,12
• Areia fina <sup>1</sup>	0,08	0,08
• Silte <sup>1</sup>	0,22	0,22
• Argila <sup>1</sup>	0,54	0,60
pH em água (1:2,5)	5,6	5,26
Ca <sup>2+</sup> (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> ) <sup>2</sup>	2,6	2,5
Mg <sup>2+</sup> (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> ) <sup>2</sup>	0,5	0,5
Al <sup>3+</sup> (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> ) <sup>2</sup>	0,1	0,0
Fósforo (mg/dm <sup>3</sup> ) <sup>3</sup>	3,7	2,0
Potássio (mg/dm <sup>3</sup> ) <sup>3</sup>	25	13
Ferro (mg/dm <sup>3</sup> ) <sup>3</sup>	120,0	830
Manganês (mg/dm <sup>3</sup> ) <sup>3</sup>	27,0	25,0
Carbono orgânico (dag/kg) <sup>4</sup>	2,33	1,55
H + Al (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> ) <sup>5</sup>	4,5	3,0
Soma de bases (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	3,14	2,99
CTC efetiva (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	3,24	3,99
CTC total (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	7,64	5,99
Saturação por bases (%)	41,1	50,0
Saturação por alumínio (%)	3,1	0,0

<sup>1</sup> Método da pipeta (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 1979).

<sup>2</sup> Extrator: KCl 1,0 mol/L (DEFELIPO e RIBEIRO, 1981).

<sup>3</sup> Extrator: Mehlich-1 (DEFELIPO e RIBEIRO, 1981).

<sup>4</sup> Carbono orgânico; processo de Walkley-Black (JACKSON, 1958).

<sup>5</sup> Extrator: Ca (OAc)<sub>2</sub> 0,5 mol/L, pH 7,0 (DEFELIPO e RIBEIRO, 1981).

A capacidade de campo, estimada em 0,48 kg/kg (equivalente a -0,01 MPa), foi obtida por intermédio da curva característica de retenção de água no solo, segundo a equação:  $\hat{Y} = 0,27372 - 0,103807 \log |\Psi_{\text{solo}}|$  (RICHARDS, 1949).

O solo da camada de 0-20 cm de profundidade recebeu 722 mg/dm<sup>3</sup> de calcário dolomítico, 3770 mg/dm<sup>3</sup> de superfosfato simples, 351 mg/dm<sup>3</sup> de cloreto de potássio e 111 mg/dm<sup>3</sup> de sulfato de amônio.

A terça parte inferior do vaso foi preenchida com solo correspondente às amostras retiradas no campo, às profundidades de 20-40 cm, e a terça parte imediatamente superior, complementada com solo referente à camada de 0-20 cm, compreendendo um volume total de solo por vaso de 28,78 dm<sup>3</sup>/vaso.

Dois dias antes da semeadura/plantio, foram adicionados, parceladamente, em torno de 12 litros de água em cada vaso até o solo atingir umidade próxima à sua capacidade de campo. Esta condição de umidade no solo foi monitorada e mantida até o início da imposição do alagamento.

As quatro gramíneas foram cultivadas, cada uma em 18 vasos, perfazendo um total 72 vasos. Deste total de vasos, a metade (36 unidades experimentais) foi destinada às avaliações durante o período de alagamento e os outros 36 vasos foram reservados às avaliações desenvolvidas no período de recuperação ao estresse.

As diferentes etapas de execução do experimento são apresentadas no Quadro 2.

A *B. decumbens*, *B. brizantha* e *B. humidicola* foram estabelecidas por meio de sementes e a *B. mutica*, por mudas.

Após a emergência das plântulas, foram aplicados 139 mg/dm<sup>3</sup> de sulfato de amônio, via solução aquosa, semanalmente em cobertura. Após o desbaste, foram deixadas cinco plantas em cada vaso.

O corte de uniformização foi realizado a 10 cm acima do nível do solo, em todos os vasos, exceto naqueles de *B. mutica*, que foi realizado a 15 cm do solo.

Quadro 2 - Diferentes etapas da execução do experimento

Etapas	Data
Semeadura/plantio	18/01/1998
Emergência/brotação	01/02/1998
Desbaste	08/02/1998
Corte de uniformização	12/03/1998
Início do período de alagamento	04/04/1998
Final do período de alagamento	21/04/1998
Início do período de recuperação	22/04/1998
Final do período de recuperação	02/05/1998

A cada nível de disponibilidade de água no solo correspondeu um grupo de 24 vasos, sendo seis de cada espécie, perfazendo um total de 72 vasos. A imposição do alagamento ocorreu com a adição de água aos vasos submetidos às duas lâminas d'água no solo. Os vasos com o solo na capacidade de campo continuaram sendo irrigados normalmente, sendo que a complementação de água foi feita com base em duas/três pesagens diárias dos vasos. O acréscimo de água aos vasos, necessário para satisfazer as condições de lâmina d'água a 1 e 10 cm acima do nível do solo e também sua manutenção, foi controlado em função de furos presentes nas paredes dos vasos, a 1 e 10 cm acima do nível do solo, respectivamente.

O período de alagamento foi suspenso quando as folhas baixas das plantas, submetidas ao alagamento, apresentaram acentuada senescência. Nesta ocasião, as plantas da metade dos vasos, de cada tratamento, totalizando 36 unidades experimentais, foram cortadas ao nível do solo para posteriores avaliações. As plantas da outra metade dos vasos foram conduzidas por um período subsequente de 11 dias, objetivando-se avaliar a capacidade de recuperação após a suspensão do alagamento. Nos dois primeiros dias de recuperação, os vasos foram drenados por meio de furos feitos no fundo dos

mesmos, os quais foram fechados após atingirem níveis de água próximos à capacidade de campo. A partir de então, a umidade do solo foi mantida próxima à capacidade de campo. Ao final do período de recuperação, as plantas de todos os vasos foram cortadas a 10 cm do solo e avaliadas.

A temperatura e a umidade relativa do ar foram monitoradas dentro da casa de vegetação, com auxílio de um termohigrógrafo, por ocasião do período das avaliações (12/03 a 02/05/1998). Os valores médios  $\pm$  desvio-padrão da temperatura máxima e mínima foram da ordem de  $29,9 \pm 3,0^\circ\text{C}$  e  $21,0 \pm 2,4^\circ\text{C}$ , respectivamente. Os valores médios  $\pm$  desvio-padrão da umidade relativa máxima e mínima foram de  $66,7 \pm 6,1\%$  e  $47,5 \pm 10,1\%$ , respectivamente.

Com vistas ao estudo das características morfogênicas, identificaram-se, por meio de anéis coloridos, os dois perfilhos mais vigorosos por vaso. Avaliaram-se as características morfogênicas destes perfilhos de cada vaso, durante 18 dias de alagamento (04 a 21/04/1998). Procedeu-se à determinação da taxa de aparecimento, alongamento e senescência de lâminas foliares.

As medições das características fisiológicas e da radiação fotossinteticamente ativa ocorreram nas seguintes datas: 06 a 07/04 e 19 a 20/04/1998. O potencial hídrico das lâminas foliares foi avaliado das 6-7 horas (antemanhã) e a radiação fotossinteticamente ativa (400-700 nm), fotossíntese líquida, condutância estomática e transpiração, das 9-11 horas e 30 minutos (manhã).

Ao final do período de alagamento, realizou-se a colheita da parte aérea das plantas e recuperação das raízes, com o objetivo de estimar as características relacionadas à produção de biomassa.

Amostras de solo para a estimativa do sistema radicular foram colhidas usando-se um tubo de PVC com 50 mm de diâmetro, de fina espessura e medindo 1,20 m de comprimento. O tubo de PVC foi introduzido no vaso, facilitado pelas condições úmidas do mesmo, até atingir o fundo do vaso, e retirado após uma série de movimentos circulares necessários para desprender a amostra de solo de interesse.

As características produtivas avaliadas foram: matéria verde seca de lâminas foliares e de colmos, área de lâminas foliares verdes, relação lâmina/colmo e matéria seca do sistema radicular.

No período de recuperação, as características fisiológicas (potencial hídrico de lâminas foliares, fotossíntese líquida, condutância estomática e transpiração) foram avaliadas nos dias 30/04 e 01/05/1998. As medições realizadas no dia 30/04/1998, com a bomba de pressão e o IRGA, ocorreram das 5-7 horas (antemanhã) e das 8:30h às 11:30h (manhã) e no dia 01/05, das 6-7 horas e das 8:30h às 9:30h, respectivamente.

Em 02/05/1998, realizou-se o corte das plantas a 10 cm acima do nível do solo, colheitando-se o material presente na parte aérea, com a finalidade de conhecer as características produtivas das espécies. As avaliações da produção de biomassa envolveram as seguintes características: área de lâminas foliares verdes, matéria verde seca de lâminas foliares, matéria verde seca de colmos e relação lâmina/colmo.

Informações complementares concernentes aos métodos e equipamentos utilizados no presente experimento encontram-se no item 2 do primeiro capítulo.

A análise de variância dos dados considerou as fontes de variação: bloco, espécie, condição de alagamento, espécie x condição de alagamento e erro experimental. Os valores médios dos dados experimentais foram comparados pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Utilizou-se o módulo do potencial hídrico do solo  $|\Psi_{\text{solo}}|$  para o ajuste do modelo matemáticos mais adequado na obtenção da curva característica de retenção de água no solo.

Os dados da radiação fotossinteticamente ativa (RFA) serão apresentados em termos de valores médios  $\pm$  desvio-padrão, em decorrência da ausência de luz artificial e constante, por ocasião das medições. Os dados de fotossíntese líquida, condutância estomática e transpiração foram corrigidos, por meio de regra de três simples, usando-se os valores médios da RFA. Os valores da fotossíntese líquida, condutância estomática e transpiração são médias oriundas de cinco medições (unidades observacionais), de três unidades experimentais e duas avaliações no

tempo (30 observações). Os valores do potencial hídrico de lâminas foliares são médias de medições realizadas em três unidades experimentais (repetições) e de duas avaliações no tempo (seis observações). Testes de correlações lineares foram realizados até 5% de probabilidade entre as seguintes características: potencial hídrico de lâminas foliares x condutância estomática, fotossíntese x condutância estomática e transpiração x condutância estomática.

### 3. Resultados e Discussão

#### 3.1. Características morfológicas sob alagamento

Não se observou efeito dos níveis de alagamento sobre a taxa de aparecimento de lâminas foliares em nenhuma das quatro espécies de *Brachiaria*. As taxas de aparecimento de lâminas foliares da *B. mutica* e *B. humidicola* se igualaram e superaram ( $P < 0,05$ ) as da *B. decumbens* e *B. brizantha*, as quais não diferiram entre si (Quadro 3).

Quadro 3 - Taxa de aparecimento (TApL), alongamento (TAL) e senescência (TSL) de lâminas foliares de espécies de *Brachiaria* (período de alagamento)

Característica	Espécies			
	<i>B. decumbens</i>	<i>B. brizantha</i>	<i>B. humidicola</i>	<i>B. mutica</i>
TApL (lâmina/dia.perfilho)	0,12b	0,08b	0,30a	0,38a
TAL (mm/dia.perfilho)	24,33bc	33,33b	16,61c	53,92a
TSL (mm/dia.perfilho)	30,64a	21,07ab	9,70b	23,06ab

a > b > c ( $P < 0,05$ ).

O alagamento comprometeu a taxa de alongamento de lâminas foliares, de todas as espécies (Quadro 4). A *B. mutica* apresentou os maiores ( $P < 0,05$ ) valores de taxa de alongamento de lâminas foliares relativamente às outras espécies (Quadro 3).

Quadro 4 - Taxa de alongamento (TAL) e de senescência (TSL) de lâminas foliares, em função das condições de alagamento (período de alagamento)

Característica	Condição de alagamento		
	CC	1 cm	10 cm
	----- mm/dia.perfilho -----		
TAL	37,19a	30,20ab	28,67b
TSL	12,13b	17,75b	33,30a

a > b ( $P < 0,05$ ).

A redução nas taxas de alongamento das lâminas foliares pode ter diferentes causas, como desbalanço hormonal (ARMSTRONG et al., 1994), diminuição da extensibilidade da parede celular (ZHANG e DAVIES (1986), deficiência de nutrientes (LETEY et al.1962; ROGERS e DAVIES, 1973; ATWELL e STEER, 1990 e BARUCH, 1994a) e absorção de íons tóxicos (ASHRAF e MEHMOOD, 1990; ASHRAF e YASMYN, 1991). É provável também que a queda na taxa de alongamento seja decorrente dos efeitos negativos do alagamento sobre a fotossíntese líquida, em *B. decumbens*, *B. humidicola* e *B. brizantha*, e ao baixo potencial hídrico das lâminas foliares, em *B. mutica* (item 3.2.1).

A senescência foliar foi mais intensa ( $P < 0,05$ ) sob a lâmina d'água de 10 cm (Quadro 4). Esse comportamento repete resultados com espécies forrageiras perenes de estação fria (FLARESSO e SAIBRO, 1991) e gramíneas forrageiras tropicais (BARUCH, 1994a). O alagamento ocasiona rápida perda do conteúdo de clorofila (BEARD e MARTIN, 1970; ASHRAF e

MEHMOOD,1990; ASHRAF e CHISHTI, 1993), danos à membrana, peroxidação de lipídios e aumento da produção de superóxidos e peróxidos de hidrogênio no tecido foliar (YAN et al. 1996). Essa senescência prematura induzida pelo alagamento também está associada com a redistribuição de nutrientes das folhas mais velhas para as mais jovens (DREW e SISWORO, 1977; TROUGHT e DREW, 1980).

Visto que a adição de nitrogênio pode reverter os efeitos do alagamento (WENKERT et al., 1981), é possível que a aplicação semanal de 139 mg/dm<sup>3</sup> de sulfato de amônio via solução aquosa tenha contribuído para atenuar o processo de senescência nas lâminas foliares mais jovens.

Os resultados observados sugerem que, do ponto de vista morfogênico, nenhuma espécie sobressaiu-se quanto à tolerância ao alagamento. De qualquer forma, é notória a sensibilidade ao alagamento das espécies de *Brachiaria* em termos de taxa de alongamento e, sobretudo, de senescência de lâminas foliares. Ademais, vale salientar que a variação nessas decorrentes do excesso de água no solo, foi mais pronunciada em *B. brizantha* e, sobretudo, em *B. decumbens*, embora sem significância estatística. Assim, a julgar por estes resultados, a *B. decumbens* seria uma espécie pouco recomendável para cultivo em áreas propensas ao alagamento.

## **3.2. Características fisiológicas**

### **3.2.1. Características fisiológicas sob alagamento**

O potencial hídrico das lâminas foliares ( $\Psi_1$ ) revelou a interação condição de alagamento x espécies, sendo que os menores valores foram registrados para a *B. mutica* sob lâminas d'água de 1 e 10 cm acima do solo (Quadro 5).

Estes resultados contrastam com aqueles observados em genótipos de *Triticum aestivum* (HUANG et al., 1994b) e gramíneas forrageiras tropicais

(BARUCH, 1994b), em que pouca variação do  $\Psi_1$  foi detectada, em resposta à hipoxia ou ao alagamento.

Quadro 5 - Potencial hídrico de lâminas foliares de espécies de *Brachiaria*, em função das condições de alagamento (período de alagamento)

Condição de alagamento	Espécies			
	<i>B. decumbens</i>	<i>B. brizantha</i>	<i>B. humidicola</i>	<i>B. mutica</i>
	----- -MPa -----			
CC	0,13Aa	0,17Aa	0,12Aa	0,14Aa
1 cm	0,22Aa	0,11Aa	0,19Aa	0,39Bb
10 cm	0,21Aa	0,19Aa	0,16Aa	0,44Bb

A > B na linha compara espécies; a > b na coluna compara condições de alagamento (P<0,05).

A condutância estomática e a transpiração não variaram em função do nível de alagamento (Quadro 6). A *B. mutica* e *B. humidicola* superaram (P<0,05) a *B. brizantha* e a *B. decumbens* em termos destas características (Quadro 7).

Quadro 6 - Condutância estomática ( $g_s$ ) e transpiração (E), em função das condições de alagamento (período de alagamento)

Característica	Condição de alagamento		
	CC	1 cm	10 cm
$g_s$ (mol/m <sup>2</sup> .s)	0,18a	0,17a	0,18a
E (mmol/m <sup>2</sup> .s)	4,17a	4,18a	3,91a

Radiação fotossinteticamente ativa =  $481 \pm 67 \mu\text{mol/m}^2.\text{s}$ .  
a > b na linha compara condições de alagamento (P<0,05).

Quadro 7 - Condutância estomática ( $g_s$ ) e transpiração (E) de espécies de *Brachiaria* (período de alagamento)

Característica	Espécies			
	<i>B. decumbens</i>	<i>B. brizantha</i>	<i>B. humidicola</i>	<i>B. mutica</i>
$g_s$ (mol/m <sup>2</sup> .s)	0,12b	0,13b	0,22a	0,23a
E (mmol/m <sup>2</sup> .s)	3,07b	3,07b	5,94a	4,27a

Radiação fotossinteticamente ativa =  $481 \pm 67 \mu\text{mol/m}^2.\text{s}$ , a > b na linha compara espécies (P<0,05).

Estes resultados estão em desacordo com os observados em *Triticum aestivum* (SOJKA et al., 1975; HUANG et al., 1994a; HUANG et al., 1994b), em que os estômatos se demonstraram sensíveis à hipoxia já na primeira semana. Respostas distintas da condutância estomática ao alagamento também foram verificadas entre gramíneas tropicais (BARUCH, 1994b). Em *Zea mays*, a transpiração decresceu significativamente entre o quinto e sétimo dia sob alagamento, mas recuperou-se a partir de então, no decorrer do período de estresse (WENKERT et al., 1981).

Os sintomas de murchamento nas folhas do topo do dossel das *Brachiarias* não foram tão acentuados quanto nas folhas baixas; talvez por isso, não se observou efeito do alagamento sobre a condutância estomática.

Não obstante, é digno de nota o fato de que o potencial hídrico das lâminas foliares, em *B. mutica*, atingiu níveis substancialmente baixos, sem, contudo, afetar a condutância estomática, a transpiração e a fotossíntese líquida, fato que poderia ser creditado ao ajustamento osmótico nas células-guardas (ASHRAF e CHISHTI, 1993). Por conta disso, a *B. mutica* caracterizou-se como uma espécie que tolera baixos potenciais hídricos nos seus tecidos foliares.

Somente a fotossíntese líquida da *B. mutica* não variou com os níveis de alagamento e as espécies diferiram apenas sob lâmina d'água de 1 e 10 cm acima do solo, condições em que a *B. mutica* se mostrou superior, sobretudo em relação à *B. decumbens* (Quadro 8).

Quadro 8 - Fotossíntese líquida de espécies de *Brachiaria* em função das condições de alagamento (período de alagamento)

Condição de alagamento	Espécies			
	<i>B. decumbens</i>	<i>B. brizantha</i>	<i>B. humidicola</i>	<i>B. mutica</i>
	----- $\mu\text{molCO}_2/\text{m}^2.\text{s}$ -----			
CC	11,26Aa	9,0Aa	11,83Aa	11,07Aa
1 cm	4,40Bb	8,35ABa	9,18ABab	11,09Aa
10 cm	4,91Bb	5,21Ba	6,18Bb	14,0Aa

A > B na linha compara espécies; a > b na coluna compara condições de alagamento (P<0,05).  
 Radiação fotossinteticamente ativa =  $481 \pm 67 \mu\text{mol}/\text{m}^2.\text{s}$ .

O comportamento estomático exerceu controle sobre as trocas gasosas, uma vez que se observou correlação linear positiva da fotossíntese líquida e da transpiração com a condutância estomática (Quadro 9).

Quadro 9 - Correlações lineares entre condutância estomática ( $g_s$ ) e fotossíntese líquida (A) e transpiração (E) em espécies de *Brachiaria* (período de alagamento)

Espécies	$g_s \times A$	$g_s \times E$
	----- Coeficiente de correlação <sup>1</sup> -----	
<i>B. decumbens</i>	0,92	0,95
<i>B. brizantha</i>	0,76	0,88
<i>B. humidicola</i>	0,88	0,99
<i>B. mutica</i>	0,69	0,74

<sup>1</sup>Probabilidade < 0,01.

Tais correlações denotam participação determinante da resistência estomática no cômputo geral da resistência contrária ao fluxo difusivo do CO<sub>2</sub> e vapor d'água, comparativamente aos outros componentes da resistência da folha.

Por outro lado, nenhuma correlação significativa foi verificada entre a condutância estomática e o potencial hídrico de lâminas foliares nas espécies de *Brachiaria*.

Tal fato é mais relevante para a *B. mutica*, dado os baixos níveis do potencial hídrico em suas lâminas foliares. Entretanto, observou-se correlação linear negativa ( $r = -0,80$ ;  $P < 0,01$ ) entre a transpiração e o  $\Psi_1$  para esta espécie. Deduz-se, então, que a perda de água via transpiração teria contribuído substancialmente para o baixo *status* hídrico das lâminas foliares em *B. mutica*. Talvez, neste caso, o surgimento de raízes adventícias (BRADFORD e HSIAO, 1982), um novo dreno por fotoassimilados, explique a manutenção da abertura dos estômatos e da taxa transpiratória sob estresse, ainda que às custas de razoável desidratação dos tecidos foliares.

### **3.2.2. Características fisiológicas durante a recuperação do alagamento**

As espécies diferiram ( $P < 0,05$ ) quanto ao  $\Psi_1$  somente sob lâmina d'água de 10 cm, condição em que a *B. humidicola* e *B. mutica* apresentaram sinais de recuperação superiores às demais espécies (Quadro 10). Entretanto, a recuperação do *status* hídrico das lâminas foliares foi incompleta em todas as espécies de *Brachiaria*. Nota-se, no entanto, que o “efeito residual” do alagamento sobre o  $\Psi_1$  foi mais severo em *B. brizantha* e *B. decumbens* e moderado em *B. mutica* e *B. humidicola*, ainda que não-significativo para esta última espécie (Quadro 10). A princípio, o curto período de recuperação das plantas, poderia ter contribuído para o incompleto restabelecimento do *status* hídrico das espécies de *Brachiaria*. Todavia, os baixos  $\Psi_1$  em *B. decumbens* e *B. brizantha* evidenciam que houve recuperação incompleta, mas também o *status* hídrico das lâminas foliares destas espécies tornou-se ainda mais crítico.

Quadro 10 - Potencial hídrico de lâminas foliares de espécies de *Brachiaria*, em função das condições de alagamento (período de recuperação)

Condição de alagamento	Espécies			
	<i>B. decumbens</i>	<i>B. brizantha</i>	<i>B. humidicola</i>	<i>B. mutica</i>
	-MPa			
CC	0,07Aa	0,09Aa	0,09Aa	0,12Aa
1 cm	0,20Aa	0,28Aa	0,16Aa	0,19Aab
10 m	0,60Bb	0,82Bb	0,27Aa	0,35Ab

A > B na linha compara espécies; a > b na coluna compara condições de alagamento (P<0,05).

É provável que, neste caso, a medição do potencial hídrico tenha se realizado em lâminas foliares intensamente desidratadas pelo prévio alagamento, pois utilizaram-se as lâminas foliares de folhas surgidas durante o período de estresse, em vista do curto tempo para a completa expansão das folhas surgidas a partir do reinício da irrigação.

Também em *Zea mays* verificou-se déficit hídrico após a drenagem do solo, conforme WENKERT et al. (1981). Segundo estes autores, isso decorreu do limitado comprimento do sistema radicular, formado então basicamente por raízes adventícias, incapazes de alcançar o solo após drenagem e absorver água e nutrientes em quantidades adequadas.

As espécies diferiram (P<0,05) quanto à condutância estomática apenas sob a lâmina d'água a 10 cm do solo, condição em que a *B. mutica* se sobressaiu em relação às outras espécies (Quadro 11). Ligeira tendência de menor recuperação observada nos valores da condutância estomática, em *B. decumbens* e *B. brizantha*, reflete a insuficiente recuperação do *status* hídrico dos tecidos foliares, registrada em termos de potencial hídrico das lâminas foliares para estas espécies.

Quadro 11 - Condutância estomática em espécies de *Brachiaria*, em função das condições de alagamento (período de recuperação)

Condição de alagamento	Espécies			
	<i>B. decumbens</i>	<i>B. brizantha</i>	<i>B. humidicola</i>	<i>B. mutica</i>
	mol/m <sup>2</sup> .s			
CC	0,10Aa	0,08Aa	0,11Aa	0,10Ab
1 cm	0,04Aa	0,05Aa	0,06Aa	0,10Ab
10 cm	0,04Ba	0,04Ba	0,09Ba	0,17Aa

A > B na linha compara espécies; a > b na coluna compara condições de alagamento (P<0,05).  
 Radiação fotossinteticamente ativa = 695 ± 44 μmol/m<sup>2</sup>.s.

O efeito residual do alagamento sobre a fotossíntese líquida foi bastante severo em *B. decumbens* e *B. brizantha*, moderado em *B. humidicola* e inexistente em *B. mutica*, que recuperou sua taxa fotossintética, apresentando não só as mais altas taxas fotossintéticas, mas também tendência de efeito compensatório após as duas condições de alagamento, relativamente a capacidade de campo (Quadro 12).

Quadro 12 - Fotossíntese líquida de espécies de *Brachiaria*, em função das condições de alagamento (período de recuperação)

Condição de alagamento	Espécies			
	<i>B. decumbens</i>	<i>B. brizantha</i>	<i>B. humidicola</i>	<i>B. mutica</i>
	μmol/m <sup>2</sup> .s			
CC	7,41Aa	6,27Aa	5,62Aa	6,26Aa
1 cm	0,79Bb	3,34Bab	2,21Bb	7,13Aa
10 cm	0,67Bb	0,09Bb	2,05Bb	9,54Aa

A > B na linha compara espécies; a > b na coluna compara condições de alagamento (P<0,05).  
 Radiação fotossinteticamente ativa = 695 ± 44 μmol/m<sup>2</sup>.s.

De modo geral, as espécies de *Brachiaria* não recuperaram totalmente suas taxas transpiratórias (Quadro 13), sendo observada melhor recuperação em *B. humidicola* e *B. mutica* (Quadro 14).

Quadro 13 - Transpiração (E) de espécies de *Brachiaria*, em função das condições de alagamento (período de recuperação)

Condição de alagamento	E (mmol/m <sup>2</sup> .s)
CC	3,40a
1 cm	2,47b
10 cm	2,98ab

Radiação fotossinteticamente ativa =  $695 \pm 44 \mu\text{mol/m}^2.\text{s}$ ; a > b (P<0,05).

Quadro 14 - Transpiração de espécies de *Brachiaria* (período de recuperação)

Espécie	E (mmol/m <sup>2</sup> .s)
<i>B. decumbens</i>	2,29b
<i>B. brizantha</i>	2,19b
<i>B. humidicola</i>	3,76a
<i>B. mutica</i>	3,57a

Radiação fotossinteticamente ativa =  $695 \pm 44 \mu\text{mol/m}^2.\text{s}$ , a > b (P<0,05).

Correlações positivas da condutância estomática com a fotossíntese líquida e transpiração foram observadas, denotando controle dos estômatos sobre as trocas gasosas das espécies de *Brachiaria* (Quadro 15).

Não se verificou correlação da condutância estomática com o  $\Psi_1$  sob alagamento, mas sim com  $\Psi_1$  durante período de recuperação, ainda que apenas em *B. brizantha* [(r = 0,80); (P<0,01)].

Quadro 15 - Correlações lineares entre condutância estomática ( $g_s$ ) e fotossíntese líquida (A) e transpiração (E), em espécies de *Brachiaria* (período de recuperação)

Espécies	$g_s \times A$	$g_s \times E$
	Coeficiente de correlação <sup>1</sup>	
<i>B. decumbens</i>	0,98	0,95
<i>B. brizantha</i>	0,84	0,92
<i>B. humidicola</i>	0,88	0,99
<i>B. mutica</i>	0,76	0,72

<sup>1</sup>Probabilidade < 0,01.

Ocorre que nem sempre a condutância estomática responde estreitamente ao  $\Psi_1$ , visto que podem ocorrer mudanças nesta relação, ao longo do dia, fenômeno que é denominado ajustamento dos estômatos (MUCHOW et al., 1980). Assim, seria admissível que a diferença no horário de medição (item 2) do  $\Psi_1$  e da condutância estomática teria contribuído para a fraca ou inexistente associação entre estas duas características.

### 3.3. Produção de biomassa

#### 3.3.1. Produção de biomassa sob alagamento

O alagamento ( $P < 0,05$ ) comprometeu a área de lâminas foliares verdes das espécies de *Brachiaria*, exceto em *B. mutica* (Quadro 16). Tais resultados corroboram os relatos de BARUCH (1994a) relativamente à alta sensibilidade ao alagamento da área foliar de gramíneas forrageiras tropicais.

Quadro 16 - Área de lâminas foliares verdes em espécies de *Brachiaria*, em função das condições de alagamento (período de alagamento)

Condição de alagamento	Espécies			
	<i>B. decumbens</i>	<i>B. brizantha</i>	<i>B. humidicola</i>	<i>B. mutica</i>
	m <sup>2</sup> /vaso			
CC	0,69Aa	0,71Aa	0,34Ba	0,62Aa
1 cm	0,44ABb	0,21Cb	0,25BCab	0,49Aa
10 cm	0,18Bc	0,09Bb	0,11Bb	0,51Aa

A > B > C na linha compara espécies; a > b > c compara condições de alagamento (P<0,05).

As espécies diferiram em termos de área de lâminas foliares verdes, sendo que a *B. humidicola* foi inferior às demais espécies sob a capacidade de campo (CC), ao passo que, sob alagamento, a *B. mutica* se sobressaiu às outras espécies. A acentuada redução da área de lâminas foliares das espécies de *Brachiaria* decorre da alta senescência foliar sob alagamento do solo.

Também é notória a sensibilidade da matéria verde seca das lâminas foliares das espécies de *Brachiaria* ao excesso de água no solo, embora esta sensibilidade tenha sido variável entre as espécies (Quadro 17).

A lâmina d'água de 10 cm comprometeu a produção de matéria verde seca de lâminas foliares em torno de 82% em *B. brizantha*, 66% em *B. humidicola*, 59% em *B. decumbens* e 14% em *B. mutica*. Estes resultados confirmam os relatos de BARUCH (1994a), quanto à sensibilidade de gramíneas forrageiras tropicais ao alagamento.

A produção de matéria verde seca de colmos revela a interação espécies x alagamento (P<0,05). A *B. brizantha* respondeu negativamente, enquanto a *B. mutica* respondeu positivamente ao alagamento, e a *B. humidicola* e a *B. decumbens* se mostraram insensíveis (Quadro 18).

Quadro 17 - Matéria verde seca de lâminas foliares em espécies de *Brachiaria*, em função das condições de alagamento (período de alagamento)

Condição de alagamento	Espécies			
	<i>B. decumbens</i>	<i>B. brizantha</i>	<i>B. humidicola</i>	<i>B. mutica</i>
	g/vaso			
CC	24,5ABa	27,7Aa	17,5Ba	21,1ABa
1 cm	16,5ABb	9,7Bb	13,9ABa	18,3Aa
10 cm	10,1Bb	5,9Bb	6,0Bb	18,1Aa

A > B na linha compara espécies; a > b compara condições de alagamento (P<0,05).

Quadro 18 - Matéria verde seca de colmos em espécies de *Brachiaria*, em função das condições de alagamento (período de alagamento)

Condição de alagamento	Espécies			
	<i>B. decumbens</i>	<i>B. brizantha</i>	<i>B. humidicola</i>	<i>B. mutica</i>
	g/vaso			
CC	29,6Aa	35,6Aa	22,4Aa	30,5Ab
1 cm	29,0Ba	10,3Cb	18,1BCa	49,6Aa
10 cm	23,7Ba	10,0Bb	8,2Ba	49,2Aa

A > B na linha compara espécies; a > b compara condições de alagamento (P<0,05).

As diferenças entre as espécies, em termos de produção de matéria verde seca de colmos, somente foram observadas sob os dois níveis de alagamento, condições em que a *B. mutica* superou as demais espécies.

Sob a lâmina d'água de 10 cm observou-se queda no peso da matéria verde seca de colmos da ordem de 72% em *B. brizantha* e aumento de 61% em *B. mutica*.

A maior produção de matéria verde seca de colmos de *B. mutica* sob alagamento poderia ser explicada em função do surgimento de grande número de raízes adventícias a partir do 1<sup>o</sup> e 2<sup>o</sup> nós visíveis, cujo peso da matéria seca foi

incorporado à fração colmo no presente estudo. A alocação substancial dos assimilados para os colmos (neste caso para o colmo e as raízes adventícias) em *B. mutica* poderia ser interpretado também como um mecanismo de adaptação ao alagamento, dado o incremento em altura da planta (ANDERSON, 1974b) e suprimento de oxigênio as raízes submersas, via aerênquimas (BARUCH, 1994a). Daí a presença marcante da *B. mutica* em áreas alagadas, usualmente observada em várias propriedades rurais.

As espécies de *Brachiaria* não responderam ( $P>0,05$ ) à variação da condição de alagamento, quanto à produção de matéria seca do sistema radicular (Quadro 19), embora tenham diferido entre si. BARUCH (1994a) também não observou efeito do alagamento sobre a produção de matéria seca do sistema radicular em espécies forrageiras tropicais.

Quadro 19 - Matéria seca do sistema radicular (MSR) em espécies de *Brachiaria* (período de alagamento)

Espécie	MSR (g/vaso)
<i>B. decumbens</i>	44,6a
<i>B. brizantha</i>	34,2ab
<i>B. humidicola</i>	26,5b
<i>B. mutica</i>	31,3ab

a > b ( $P<0,05$ ).

A matéria seca do sistema radicular de *B. decumbens* foi semelhante ao da *B. brizantha* e *B. mutica* e superior ao da *B. humidicola*. Ligeira tendência de aumento no peso do sistema radicular das espécies de *Brachiaria*, talvez, decorra da formação de raízes com maior diâmetro a partir da coroa. A formação de novas raízes está associada à perda da “dominância apical” da extremidade das raízes primárias, resultante da morte de pequena parte do tecido apical, em

decorrência do alagamento (VOESENEK, 1999). De fato, observou-se considerável morte das raízes menores e mais finas, as chamadas radículas, sob alagamento. Estas raízes, por serem bem mais leves que as raízes primárias e adventícias, tiveram, provavelmente, pouca influência sobre o peso da matéria seca do sistema radicular. No presente estudo, não se separou o sistema radicular em diferentes tipos de raízes, o que poderia ter facilitado melhor visualização dos possíveis efeitos do alagamento sobre este órgão (HUANG et al., 1994b).

A relação lâmina/colmo mostrou-se sensível ao alagamento, denotando menor alocação de biomassa para fração de lâminas foliares verdes com o aumento da severidade do estresse (Quadro 20).

Quadro 20 - Relação lâmina/colmo (RLC) em função da condição de alagamento (período de alagamento)

Condição de alagamento	RLC
CC	0,77a
1 cm	0,66ab
10 cm	0,53b

a > b (P<0,05).

Por outro lado, a *B. brizantha* e a *B. humidicola* apresentaram maior alocação de biomassa para as lâminas foliares (P<0,05) que a *B. mutica* (Quadro 21). A maior relação lâmina/colmo da *B. brizantha* e *B. humidicola* não se traduz em vantagens destas espécies sobre a *B. mutica*, devido à pequena quantidade de lâminas foliares ainda verdes das duas primeiras espécies.

A julgar pelos valores de área e matéria seca de lâminas foliares e de matéria verde seca de colmos e pela presença abundante de raízes adventícias, a *B. mutica* foi a espécie mais tolerante ao excesso de água no solo durante o alagamento, o que explica sua presença em áreas alagadas.

Quadro 21 - Relação lâmina/colmo (RLC) em espécies de *Brachiaria* (período de alagamento)

Espécie	RLC
<i>B. decumbens</i>	0,61ab
<i>B. brizantha</i>	0,77a
<i>B. humidicola</i>	0,76a
<i>B. mutica</i>	0,48b

a > b (P<0,05).

### 3.3.2. Produção de biomassa durante a recuperação do alagamento

Expressivo restabelecimento da área de lâminas foliares verdes foi observado em *B. mutica* e *B. humidicola*, porém nem tanto em *B. brizantha* e *B. decumbens* (Quadro 22). Contudo, sob a lâmina d'água de 1 cm, a recuperação da área de lâminas foliares verdes em *B. brizantha* e *B. decumbens* foi suficiente para estas espécies superarem a *B. humidicola* e se igualarem à *B. mutica*. Todavia, sob a lâmina d'água de 10 cm acima do solo, a recuperação da área de lâminas foliares verdes em *B. mutica* foi sensivelmente maior, relativamente às demais espécies.

A *B. mutica* apresentou menor “efeito residual” do alagamento, quanto à produção de matéria verde seca de lâminas foliares, ao passo que a *B. humidicola*, *B. brizantha* e *B. decumbens* foram ainda bastante sensíveis (Quadro 23). Entretanto, sob as condições de capacidade de campo e lâmina d'água de 1 cm acima do solo, a *B. brizantha* e a *B. decumbens* apresentaram maior (P<0,05) produção de matéria verde seca de lâminas foliares que a *B. humidicola*, ao passo que sob a lâmina d'água de 10 cm acima do solo a recuperação da *B. mutica* foi superior à das outras espécies.

Quadro 22 - Área de lâminas foliares verdes de espécies de *Brachiaria*, em função das condições de alagamento (período de recuperação)

Condição de alagamento	Espécies			
	<i>B. decumbens</i>	<i>B. brizantha</i>	<i>B. humidicola</i>	<i>B. mutica</i>
	m <sup>2</sup> /vaso			
CC	1,72Aa	1,24Ba	0,31Da	0,82Ca
1 cm	0,83ABb	0,96Aa	0,20Ca	0,55ABa
10 cm	0,05Bc	0,01Bb	0,12Ba	0,61Aa

A > B > C > D na linha compara espécies; a > b > c compara condições de alagamento (P<0,05).

Quadro 23 - Matéria verde seca de lâminas foliares em espécies de *Brachiaria*, em função das condições de alagamento (período de recuperação)

Condição de alagamento	Espécies			
	<i>B. decumbens</i>	<i>B. brizantha</i>	<i>B. humidicola</i>	<i>B. mutica</i>
	g/vaso			
CC	75,9Aa	52,0Ba	17,1Ca	29,1Ca
1 cm	31,0ABb	42,6Aa	11,4Cab	20,5BCa
10 cm	2,7BCc	0,5Cb	7,1Bb	21,9Aa

A > B > C na linha compara espécies; a > b > c compara condições de alagamento (P<0,05).

A *B. mutica* também apresentou menor “efeito residual” do alagamento sobre a produção de matéria verde seca de colmos, seguida pela *B. humidicola*, *B. decumbens* e *B. brizantha* (Quadro 24). Todavia, sob a lâmina d’água de 1 cm acima do solo, a recuperação do alagamento, em termos de produção matéria verde seca de colmos, em *B. brizantha* e *B. decumbens*, foi suficiente para que ambas superassem a *B. humidicola* e se iguallassem à *B. mutica*.

Quadro 24 - Matéria verde seca de colmos em espécies de *Brachiaria*, em função das condições de alagamento (período de recuperação)

Condição de alagamento	Espécies			
	<i>B. decumbens</i>	<i>B. brizantha</i>	<i>B. humidicola</i>	<i>B. mutica</i>
	g/vaso			
CC	84,6Aa	60,3Ba	19,8Ca	41,8BCa
1 cm	52,0Ab	52,0Aa	16,0Ba	54,1Aa
10 cm	8,0Bc	0,9Bb	10,9Ba	57,5Aa

A > B > C na linha compara espécies; a > b > c compara condições de alagamento (P<0,05).

Observou-se “efeito residual” do alagamento sobre a relação lâmina/colmo em todas as espécies de *Brachiaria* (Quadro 25). A *B. brizantha* e a *B. mutica* caracterizaram-se por apresentar valores de relação lâmina/colmo mais alto e mais baixo, respectivamente.

Quadro 25 - Relação lâmina/colmo em espécies de *Brachiaria*, em função das condições de alagamento (período de recuperação)

Condição de alagamento	Espécies			
	<i>B. decumbens</i>	<i>B. brizantha</i>	<i>B. humidicola</i>	<i>B. mutica</i>
CC	0,90Aa	0,86Aa	0,86Aa	0,70Ba
1 cm	0,60Cb	0,82Aa	0,71Bb	0,38Db
10 cm	0,34Bc	0,56Ab	0,65Ab	0,38Bb

A > B > C > D na linha compara espécies; a > b > c compara condições de alagamento (P<0,05).

Os resultados observados nesta fase experimental indicam menor “efeito residual” do alagamento em *B. mutica*, fato que confirma a sua maior tolerância ao alagamento, relativamente às demais espécies de *Brachiaria* estudadas.

A *B. humidicola* foi mais tolerante que a *B. decumbens* e *B. brizantha* apenas sob o nível mais severo de alagamento, condição em que estas duas espécies foram altamente sensíveis e incapazes de recuperar a produção de biomassa. Contudo, parece que a *B. brizantha* e a *B. decumbens* apresentaram certa capacidade de recuperação após delgada lâmina d'água, denotando, assim, algum grau de tolerância ao alagamento.

Vale salientar que a altura do corte, por ocasião da colheita, no período de recuperação esteve a 10 cm acima do nível do solo, ao passo que, na colheita realizada ao final do período de alagamento, o corte foi feito rente ao solo. Tal fato implica na possibilidade de subestimativa da recuperação das espécies.

#### 4. Conclusões

A *B. mutica* foi a espécie que apresentou maior tolerância ao alagamento, em decorrência de:

- altas taxas fotossintéticas durante e após o estresse, devido à insensibilidade de seus estômatos;

- altas taxas de aparecimento e alongamento de lâminas foliares, que resultaram em menor sensibilidade da área foliar e produção de matéria verde seca de lâminas foliares; e

- a maior produção de matéria verde seca de colmos e numerosas raízes adventícias.

## 5. Referências Bibliográficas

- ADALMOLI, J., MACEDO, J., AZEVEDO, J.G. et al. Caracterização da região dos Cerrados. In: GODERT, W. (Ed). **Solos dos Cerrados, tecnologias e estratégias de manejo**. São Paulo: Nobel, 1986. p.33-74.
- ANDERSON, E.R. Effect of flooding on the regeneration of six tropical grasses after defoliation. **Queensland Journal of Agricultural and Animal Sciences**, Brisbane, v.31, n.1, p.25-29, 1974a.
- ANDERSON, E.R. Flooding tolerance of *Panicum coloratum*. **Queensland Journal of Agricultural and Animal Sciences**, Brisbane, v.29, n.2, p.173-179, 1972.
- ANDERSON, E.R. The reaction of seven *Cenchrus ciliaris* L. cultivars to flooding. **Tropical Grasslands**, Brisbane, v.8, n.1, p.33-39, 1974b.
- ARMSTRONG, W., BRANDLE, R., JACKSON, M.B. Mechanisms of flood tolerance in plants. **Acta Botanica Neerlandica**, Oxford, v.43, n.4, p.307-358, 1994.
- ASHRAF, M., CHISHTI, S.N. Waterlogging tolerance of some accessions of lentil (*Lens culinaris* Medic.). **Tropical Agriculture**, Trinidad, v.70, n.1, p.60-67, 1993.
- ASHRAF, M., MEHMOOD, S. Effects of waterlogging on growth and some physiological parameters of four *Brassica* species. **Plant and Soil**, The Hague, v.121, n. 2, p.203-209, 1990.
- ASHRAF, M., YASMIN, H. Differential waterlogging tolerance in 3 grasses of contrasting habitats *Aeluropus lagopoides* (L.) Trin., *Cynodon dactylon* (L.) Pers and *Leptochloa fusca* (L.) Kunth. **Environment Experimental Botany**, v.31, p.437-445, 1991.
- ATWELL, B.J., STEER, B.T. The effect of oxygen deficiency on uptake and distribution of nutrients in maize plants. **Plant and Soil**, The Hague, v.122, p.1-8, 1990.

- BARUCH, Z. Responses to drought and flooding in tropical forage grasses.I. Biomass allocation, leaf growth and mineral nutrients. **Plant and Soil**, The Hague, v.164, n.1, p.87-96, 1994a.
- BARUCH, Z. Responses to drought and flooding in tropical forage grasses.II. Leaf water potential, photosynthesis rate and alcohol dehydrogenase activity. **Plant and Soil**, The Hague, v.164, n.1, p.97-107, 1994b.
- BEARD, J.B., MARTIN, D.P. Influence of water temperature on submersion tolerance of four grasses. **Agronomy Journal**, Madison, v.62, n.2, p.257-259, 1970.
- BRADFORD, K.J., HSIAO, T. Stomatal behaviors and water relations of waterlogged tomato plants. **Plant Physiology**, Maryland, v.70, n.5, p.1508-1513, 1982.
- CRAWFORD, R.M.M. Tolerance of anoxia and ethanol metabolism in germinating seeds. **The New Phytologist**, Oxford, v.79, n.3, p.551-557, 1977.
- DEFELIPO, B.V., RIBEIRO, A.C. **Análise química do solo**. Viçosa, MG: Imprensa Universitária, 1981. 15p.
- DREW, M.C., JACKSON, M.B., GIFFARD, S. Ethylene-promoted adventitious rooting and development of cortical air spaces (aerenchyma) in roots may be adaptive responses to flooding in *Zea mays* L. **Planta**, Berlin, v.147, n.1, p.83-88, 1979.
- DREW, M.C., SISWORO, E.J. Early effects of flooding on nitrogen deficiency and leaf chlorosis in barley. **New Phytologist**, Oxford, v.79, n., p.567-571, 1977.
- DRUDI, A., BRAGA, F.A. Avaliação preliminar de gramíneas forrageiras em áreas úmidas periodicamente inundáveis. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.25, n.1, p.17-123, 1990.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de classificação de solos**. Brasília, DF: SPI, 1999. 412p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA.  
Sistema Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Manual de métodos e análise de solo**. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1979. (s.n.p.)

ETHERINGTON, J.R. Relationship between morphological adaptation to grazing, carbon balance and waterlogging tolerance in clones of *Dactylis glomerata* L. **The New Phytologist**, Oxford, v.98, n.4, p.647-658, 1984.

FLARESSO, J.A., SAIBRO, J.C. Tolerância ao alagamento de gramíneas forrageiras perenes de estação fria. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.20, n.6, p.632-637, 1991.

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 Experimental Botany**, London, v.45, n.271, p.193-202, 1994a.

HUANG, B., JOHNSON, W.J., NeSMITH, D.S. et al. Root and shoot growth of wheat genotypes in response to hypoxia and subsequent resumption of aeration. **Crop Science**, Madison, v.34, n.6, p.1538-1544, 1994b.

HUMPHRIES, A.W. The growth of some perennial grasses in waterlogged soil. 1. The effect of waterlogging on the availability of nitrogen and phosphorus to the plant. **Australian Journal of Agricultural Research**, Melbourne, v.13, n.3, p.414-425, 1962.

JACKSON, M.L. **Soil chemical analysis**. New York: Prentice Hall, 1958. 498p.

LETEY, J., STOLZY, L.H., VALORAS, N., SZUSZKIEWICZ, T.E. Influence of soil oxygen on growth and mineral concentration of barley. **Agronomy Journal**, Madison, p.538-540, 1962.

MOLAS, O.A., CASACCIA, J., RACHI, H., GUITERA, A.B. Determinacion de características agrostológicas y seleccion de plantas forrajeras introduzidas en la estación experimental del Chaco. **Informe Anual Programa Nacional del Investigación y Extensión Ganadera**, San Lorenzo, Paraguay, 1982. 205p.

- MUCHOW, R.C., FISCHER, M.J., LUDLOW, M.M., MYERS, R.J.K. Stomatal behaviour of kenaf and sorghum in a semiarid tropical environment. II. During the day. **Australian Journal of Plant Physiology**, Melbourne, v.7, n.5, p.621-628, 1980.
- OLIVEIRA, P.C. **Avaliação de gramíneas cultivadas em três níveis de fertilidade do solo, visando a revegetação de áreas sujeitas à inundação.** Lavras: UFLA, 1994. 82p. Dissertação (Mestrado em Fisiologia Vegetal) - Universidade Federal de Lavras, 1994.
- PENTEADO, M.I.O., MACEDO, M.C.M., SOUZA, M.T. Avaliação de forrageiras para áreas úmidas dos Cerrados. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 33, 1996, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: SBZ, 1996. p.81-83.
- PERATA, P., ALPI, A. Plant responses to anaerobiosis. **Plant Science**, Amsterdam, v.93, n.1, p.1-17, 1993.
- PLATZECK, C.O. **Efeito da inundação sobre o estabelecimento de *Brachiaria humidicola* (Rendle) schweickerdt e *Setaria anceps* Staph ex Massey cv. Kazungula.** Piracicaba: ESALQ, 1989. 163p. Dissertação (Mestrado em Nutrição Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1989.
- RICHARDS, L.A. Methods of measuring soil moisture tension. **Soil Science**, Baltimore, v.68, n.1, p. 95-112, 1949.
- ROGERS, J.A., DAVIES, G.E. The growth and chemical composition of four grass species in relation to soil moisture and aeration factors. **Journal Ecology**, v.61, n., p.455-472, 1973.
- SAAB, I.N., SACHS, M.M. A flooding-induced xyloglucan endo-transglycosylase homolog in maize is responsive to ethylene and associated with aerenchyma. **Plant Physiology**, Maryland, v.112, n.1, p.385-391, 1996.
- SOJKA, R.E., STOLZY, L.H., KAUFMANN, M.R. Wheat growth related to rhizosphere temperature and oxygen level. **Agronomy Journal**, Madison, v.67, n.5, p.591-596, 1975.

- THOMSON, C.J., GREENWAY, H. Metabolic evidence for stelar anoxia in maize roots exposed to low O<sub>2</sub> concentrations. **Plant Physiology**, Maryland, v.96, n.4, p.1294-1301, 1991.
- TROUGHT, M.C.T., DREW, M.C. The development of waterlogging damage in wheat seedlings (*Triticum aestivum* L.): II, accumulation and redistribution of nutrients by the shoot. **Plant and Soil**, The Hague, v.56, n.2, p.187-199, 1980.
- VOESENEK, L.A.C.J., ARMSTRONG, W., BÖGEMANN, G.M., McDONALD, M.P., COLMER, T.D. A lack of aerenchyma and high rates of radial oxygen loss from the root base contribute to the waterlogging intolerance of *Brassica napus*. **Australian Journal of Plant Physiology**, Melbourne, v.26, n.1, p.87-93, 1999.
- WENKERT, W., FAUSEY, N.R., WATTERS, H.D. Flooding responses in *Zea mays* L. **Plant and Soil**, The Hague, v.62, n.3, p.351-366, 1981.
- YAN, B., DAÍ, Q., LIU, X., HUNG, S., WANG, Z. Flooding-induced membrane damage, lipid oxidation and activated oxygen generation in corn leaves. **Plant and Soil**, The Hague, v.179, p.261-268, 1996.
- ZHANG, J., DAVIES, W.J. Chemical and hydraulic influence on the stomata of flooded plants. **Journal Experimental Botany**, London, v.37, n.183, p.1479-1491, 1986.

## **Crescimento de Espécies de *Brachiaria* sob Déficit Hídrico e Alagamento a Campo**

**Resumo** - Dois experimentos foram conduzidos, no período de dezembro de 1997 a junho de 1998, na Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa, MG, Brasil (latitude 20° 45' S, longitude 42° 51' W, altitude 650 m), sendo um instalado em área de encosta e outro na baixada. Em ambos os experimentos, foram cultivadas três espécies comerciais do gênero *Brachiaria* (*B. decumbens* cv. Basilisk, *B. brizantha* cv. Marandu e *B. mutica*) e três acessos (*B. brizantha* B-132, *B. humidicola* H-16 e *B. dictyoneura*). Objetivou-se avaliar a tolerância à seca e ao alagamento destas *Brachiarias*, a partir de características morfogênicas, produtivas e relações hídricas. O delineamento experimental de cada experimento foi o de blocos ao acaso, com seis repetições. As parcelas, com área total de 4 m<sup>2</sup> e área útil de 1 m<sup>2</sup> cada, foram constituídas de oito linhas de 2 m de comprimento, espaçamento entre linhas de 0,25 m. Em 19/05/1998, 19 dias após o corte de uniformização, o experimento localizado na baixada foi submetido ao alagamento, passando a receber inundação de aproximadamente 56 mm de água diariamente (manhã e tarde). Também a partir desta data, suspendeu-se a irrigação no experimento sob déficit hídrico (encosta). Os valores médios da temperatura e da umidade relativa do ar, registradas após o corte de uniformização (30/04/1998) até o final do período experimental (18/06/1998), foram da ordem de 17,3 ± 2,1°C e 81,1 ± 5,84%, respectivamente. Os valores das características morfogênicas e produtivas variaram em função da situação de estresse e espécie. Em geral, o alagamento foi mais prejudicial que o déficit hídrico, quanto às características morfogênicas das espécies de *Brachiaria*, sobretudo em termos de taxa de alongamento de lâminas foliares. A *B. dictyoneura*, *B. mutica* e *B. brizantha* cv. Marandu apresentaram mais alta taxa de aparecimento de lâminas foliares sob déficit hídrico do que sob alagamento. As maiores taxas de senescência de lâminas foliares ocorreram sob alagamento, particularmente em *B. decumbens* e *B. brizantha* cv. Marandu e

B-132. Em geral, os menores valores do potencial hídrico das lâminas foliares tenderam a ocorrer sob déficit hídrico. A *B. humidicola* apresentou pouca variação com a situação de estresse para as características estudadas e a *B. brizantha* B-132, melhor desempenho sob déficit hídrico do que sob alagamento, ao contrário da *B. dictyoneura*. A *B. mutica* apresentou os maiores valores de taxas de alongamento de lâminas foliares, de alturas de planta e matéria verde seca de colmos. A *B. brizantha* apresentou alta relação lâmina/colmo e maiores produção de matéria seca de raízes sob déficit hídrico. Maior produção de biomassa foi observada em *B. brizantha* B-132, sob déficit hídrico, e em *B. mutica*, sob alagamento.

## Effect of Water Deficit and Flooding on the Growth of *Brachiaria* Species in the Field

**Abstract** - Two experiments were carried out, at University Federal of Viçosa, Viçosa, Minas Gerais State, Brazil (latitude 20° 45' S, longitude 42° 51' W, altitude 650 m) from December/1997 to June/1998. One experiment was performed on the hilly area and the second one in a lowland area. These experiments aimed at the evaluation of the tolerance three commercial *Brachiaria* species (*B. decumbens* cv. Basilisk, *B. brizantha* cv. Marandu e *B. mutica*) and three access (*B. brizantha* B-132, *B. humidicola* B-16 and *B. dictyoneura*) to flooding and low soil water potential. Morphogenetical, productive and plant water status were the variables assessed. In each experiment the species were distributed in randomized blocks with six replications. Each plot had eight 2 m rows, spaced 0,25 meter from each other. From 05/19/1998, 19 days after uniformization clipping, the experiment on the lowland was flooded daily with a 56 mm of water lamina, while the watering was suppressed on the hilly area. Temperature and relative atmospheric humidity values, during the experimental period were  $17.3 \pm 2.1^{\circ}\text{C}$  and  $81.1 \pm 5.84\%$ , respectively. The morphogenetical and productive characteristics varied with stress conditions and species. In general, the flooding was more detrimental to the morphogenetic traits of *Brachiaria* species, in particular leaf blade elongation rate, than water deficit. Leaf blade appearance rate of *B. dictyoneura*, *B. mutica* and *B. brizantha* cv. Marandu was higher under water deficit than under flooding; on the other hand, leaf blade senescence rate was higher under flooding, particularly in *B. decumbens* and *B. brizantha* cv. Marandu and B-132. In general, the leaf blade water potential tended to be lower under water deficit than flooding. The *B. humidicola* showed little variation with stress situation for characteristics in study, while *B. brizantha* B-132 performed better under water deficit than under flooding. The *B. mutica* showed greater values of leaf blade elongation rate, high plant and culm green dry matter. The *B. brizantha* cv. Marandu showed high

leaf/stem ratio and higher root dry matter. Higher green shoot dry matter yield was observed in *B. brizantha* B-132 under low soil potential and *B. mutica*, under flooding condition.

## 1. Introdução

Estima-se que cerca de 90% dos 160 milhões de de bovinos existentes no Brasil são alimentados sob regime de pastejo (ZIMMER e EUCLIDES, 2000).

Fatores associados com as taxas de aparecimento, alongamento e senescência das lâminas foliares podem afetar a disponibilidade de forragem verde e, assim, condicionar a produção animal.

Fatores abióticos como água, luz, temperatura e nutrientes condicionam as taxas de aparecimento e alongamento de folha e a duração de vida das folhas, que constituem as características morfogênicas do perfilho, e determinam o número e o tamanho das folhas e a densidade de perfilhos, denominados características estruturais do relvado, que, por conseguinte, são responsáveis pelo índice de área foliar do relvado (CHAPMAN e LEMAIRE, 1993).

Áreas de pastagens sujeitas a veranicos ou secas estacionais e alagamento, comuns em quase todo país. Estima-se que, dos 100 milhões de hectares de pastagens cultivadas no Brasil, 1/3 encontra-se degradado, 1/3 em degradação e somente 1/3 é classificado de razoável a bom. As espécies do gênero *Brachiaria* são as mais usadas no estabelecimento, na formação e recuperação de pastagens no Brasil (ZIMMER e EUCLIDES, 2000). No entanto, poucos são os estudos envolvendo características que conferem adaptação à seca ou ao alagamento a estas espécies.

Espécies de *Brachiaria* consideradas tolerantes à seca são a *B. decumbens* e *B. brizantha* e ao alagamento, a *B. humidicola*, *B. dictyoneura* e *B. mutica* (SOARES FILHO, 1994). Têm-se observado relações entre o hábito de crescimento e a morfologia, com tolerância à seca e ao alagamento. Espécies de hábito cespitoso são mais tolerantes à seca do que espécies estoloníferas (JONES et al., 1980; BITTMANN e SIMPSON, 1987). Espécies estoloníferas e de porte alto são mais tolerantes ao alagamento (ANDERSON, 1974). Já ETHERINGTON (1984) sugere que plantas de porte baixo são mais tolerantes ao alagamento que as de porte alto. Espécies estoloníferas são mais tolerantes ao alagamento que à seca (BARUCH, 1994a,b). Plantas de folhas estreitas e

pequenas conferem maior resistência à seca (KLAR et al., 1978; BITTMAN e SIMPSON, 1987) e ao alagamento (ETHERINGTON, 1984) do que folhas largas e grandes.

ALCÂNTARA (1987), SOARES FILHO (1994) e VALLE et al. (2000) revisaram sobre a morfologia de espécies de *Brachiaria*: a *B. decumbens* cv. Basilisk caracteriza-se por apresentar plantas sub-eretas ou prostradas, pequenos rizomas, poucas raízes adventícias; a *B. brizantha* cv. Marandu é cespitosa, com rizomas muito curtos e poucas raízes adventícias; a *B. humidicola* possui hábito prostrado, fortemente estolonífera, com rizomas em nódulos curtos ou longos e finos e raízes adventícias nos estolões; *B. dictyoneura* apresenta hábito cespitoso e ausência de estolões; e *B. mutica* apresenta colmos prostrados, rizomas curtos e vigorosos e raízes adventícias numerosas.

Objetivou-se avaliar, sob condições de campo, a tolerância à seca e ao alagamento de espécies de *Brachiaria*, sendo três cultivares (*B. decumbens* cv. Basilisk, *B. brizantha* cv. Marandu, *B. mutica*) e três acessos (*B. brizantha* B-132, *B. humidicola* e *B. dictyoneura*).

## 2. Material e Métodos

Dois experimentos foram conduzidos, no período de dezembro de 1997 a junho de 1998, na Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa, MG, Brasil (latitude 20° 45' S, longitude 42° 51' W, altitude 650 m), um instalado em área de encosta e outro na baixada. Em ambos os experimentos, foram avaliadas três espécies comerciais do gênero *Brachiaria* (*B. decumbens* cv. Basilisk, *B. brizantha* cv. Marandu e *B. mutica*) e três acessos (*B. brizantha* B-132, *B. humidicola* H-16, *B. dictyoneura*). O delineamento experimental de cada experimento foi o de blocos ao acaso, com seis repetições.

O solo utilizado foi classificado como argisolo (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA, 1999). Em ambos os locais, colheitaram-se amostras de solo, às profundidades de 0-20 cm e

20-40 cm, as quais foram submetidas às análises laboratoriais para determinação dos teores de macro e micronutrientes disponíveis e caracterização física (Quadro 1). O solo recebeu preparo convencional de aração, seguida de gradeação. A calagem (1330 e 930 kg/ha para o experimento de encosta e da baixada, respectivamente) à base de calcário dolomítico e incorporação deste ao solo com grade niveladora, 30 dias antes da semeadura/plantio.

Quadro 1 - Composição química e física das amostras de um argisolo da encosta e baixada, colheitadas a diferentes profundidades

Característica	Área da encosta		Área da baixada	
	Profundidade (cm)			
	0-20	20-40	0-20	20-40
pH água (1:2,5)	5,4	5,5	5,9	5,8
P (mg/dm <sup>3</sup> ) <sup>1</sup>	5,0	3,1	6,5	3,9
K (mg/dm <sup>3</sup> ) <sup>1</sup>	96	84	29	18
Al <sup>3+</sup> (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> ) <sup>2</sup>	0,0	0,0	0,0	0,0
Ca <sup>2+</sup> (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> ) <sup>2</sup>	1,7	1,5	3,9	3,6
Mg <sup>2+</sup> (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> ) <sup>2</sup>	0,6	0,5	0,7	0,3
H + Al (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> ) <sup>3</sup>	3,0	2,4	3,3	3,0
Soma de bases (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	2,57	2,24	4,59	3,97
CTC efetiva (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	2,57	2,24	4,59	3,97
CTC total (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	5,57	4,64	7,89	6,97
Saturação por bases (%)	46,1	48,3	58,2	57,0
Saturação por alumínio (%)	0,0	0,0	0,0	0,0
Carbono orgânico (dag/kg) <sup>4</sup>	-	-	1,94	1,71
Fe (mg/dm <sup>3</sup> ) <sup>1</sup>	-	-	60,7	46,0
Mn (mg/dm <sup>3</sup> ) <sup>1</sup>	-	-	27,0	19,0
Areia grossa (kg/kg) <sup>5</sup>	0,35	0,32	0,16	0,12
Areia fina (kg/kg) <sup>5</sup>	0,16	0,15	0,8	0,8
Silte (kg/kg) <sup>5</sup>	0,5	0,8	0,22	0,20
Argila (kg/kg) <sup>5</sup>	0,44	0,45	0,54	0,60

<sup>1</sup> Extrator: Mehlich-1 (DEFELIPO e RIBEIRO, 1981).

<sup>2</sup> Extrator: KCl 1,0 mol/L (DEFELIPO e RIBEIRO, 1981).

<sup>3</sup> Extrator: Ca (OAc)<sub>2</sub> 0,5 mol/L, pH 7,0 (DEFELIPO e RIBEIRO, 1981).

<sup>4</sup> Carbono determinado pelo processo de Walkley-Black (JACKSON, 1958).

<sup>5</sup> Método da pipeta (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 1979).

A adubação em cobertura, por ocasião da semeadura, foi realizada de acordo com o cronograma e doses apresentados no Quadro 2.

Quadro 2 - Cronograma e doses de fertilizantes aplicados nos experimentos conduzidos na encosta e baixada

Local	Superfosfato simples	Cloreto de potássio	Sulfato de amônio
	kg/ha		
	Adubação básica (24/12/1997)		
Encosta	555	100	555
Baixada	555	100	555
	Adubação de cobertura (02/05/1998)		
Encosta	-	33	277
Baixada	-	33	277

As parcelas foram constituídas de oito linhas de 2 m de comprimento, espaçamento entre linhas de 0,25 m, com área total de 4 m<sup>2</sup>, totalizando uma área de 192 m<sup>2</sup> para cada experimento e área útil de 1 m<sup>2</sup> por parcela, correspondendo a quatro linhas centrais com eliminação de 50 cm nas extremidades.

As espécies foram estabelecidas via sementes, fornecidas pela EMBRAPA/CNPQC, exceto a *B. mutica*, que foi estabelecida por meio de propagação vegetativa, cujas mudas foram colhidas próximo ao local de condução dos experimentos.

Em 24/12/1997, realizou-se a semeadura/plantio com 60 sementes viáveis/m<sup>2</sup>, de acordo com o valor cultural (*B. decumbens*, 68,5%; *B. brizantha* cv. Marandu, 73,8%; *B. brizantha* acesso B-132, 42,9%; *B. humidicola*, 30,6%; *B. dictyoneura*, 72,8%) e 6 mudas/m<sup>2</sup> de *B. mutica*.

O período de estabelecimento das espécies estendeu-se até 30/04/1998, ocasião em que se procedeu ao corte de uniformização, a 10 cm acima do solo.

Os dados de precipitação pluvial foram registrados no Laboratório de Meteorologia do Departamento de Engenharia Agrícola da UFV, localizado, aproximadamente, a 700 m da área experimental. Durante o período de

estabelecimento, a precipitação pluvial (490 mm) foi complementada com 89 mm, via irrigação por aspersão, aplicada estrategicamente nos momentos considerados mais críticos de disponibilidade de água no solo, de modo a se obter sucesso no estabelecimento. A precipitação pluvial (38 mm) ocorrida no período entre o corte de uniformização e a imposição das situações de estresse foi complementada com aproximadamente 26 mm, via água de irrigação por asperção.

O alagamento (inundação) foi imposto na área de baixada, a partir de 19/05/1998, e o estresse hídrico no experimento de encosta foi provocado com a suspensão de irrigação. A partir desta data, o experimento da baixada recebeu aproximadamente 56 mm de água/dia (28 mm de manhã e 28 mm à tarde), via irrigação por aspersão. Também a partir desta data, suspendeu-se a irrigação no experimento sob déficit hídrico. Entretanto, registrou-se precipitação de 34 mm durante o estresse (19/05 a 18/06).

Os dados de temperatura e umidade relativa, registrados em uma mini-estação meteorológica, instalada próxima aos experimentos, são apresentados na Figura 1. A título de ilustração, incluiu-se na Figura 1 o valor da temperatura mínima basal da planta utilizado em estudos com gramínea tropical (ALMEIDA et al., 1997). Os valores médios da temperatura e da umidade relativa do ar, registradas após o corte de uniformização, foram da ordem de  $17,3 \pm 2,1^{\circ}\text{C}$  e  $81,1 \pm 5,84\%$ .

Em 18/06, a fim de se estimar a disponibilidade de água no solo do experimento sob déficit hídrico, colheitaram-se amostras de solo, uma por parcela, a 0-40 cm de profundidade, utilizando-se um trado tipo caneca com 5 cm de diâmetro. Cada amostra de solo foi acondicionada em uma cápsula de alumínio seguida da sua pesagem e, posteriormente, levada a estufa a  $105^{\circ}\text{C}$ , para a determinação do teor de água no solo. A partir destes valores, estimou-se o potencial hídrico do solo (Quadro 3), de acordo com a curva característica de retenção de água no solo ( $\hat{Y} = 0,159425 \cdot \Psi_{solo}^{-0,09995}$ ;  $R^2 = 0,94$ ).

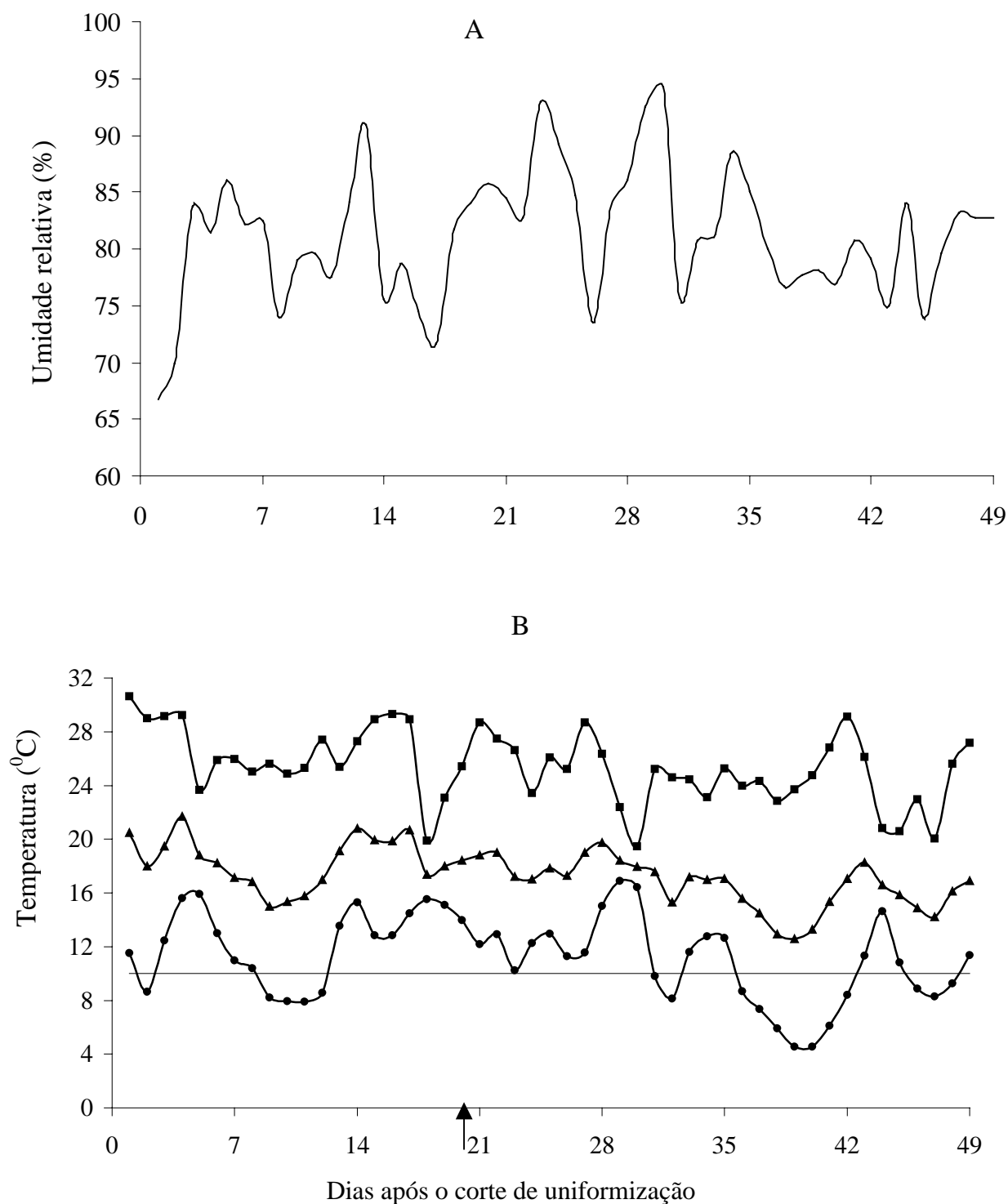


Figura 1 - Umidade relativa (A) e temperatura (B)máxima (■), média (▲), mínima (●) e basal (— ), registradas após o corte de uniformização (01/05 a 18/06/1998). A seta indica o início do período de estresse hídrico ou de alagamento.

Quadro 3 - Valores médios  $\pm$  desvio-padrão do potencial hídrico do solo ( $\Psi_{\text{solo}}$ ), cultivado com espécies de *Brachiaria* sob déficit hídrico

Espécie	$ \Psi_{\text{solo}} $ (MPa)
<i>B. decumbens</i> cv. Basilisk	1,08 $\pm$ 0,03
<i>B. brizantha</i> cv. Marandu	1,11 $\pm$ 0,06
<i>B. brizantha</i> acesso B-132	1,11 $\pm$ 0,04
<i>B. humidicola</i>	1,05 $\pm$ 0,03
<i>B. dictyoneura</i>	1,08 $\pm$ 0,05
<i>B. mutica</i>	1,09 $\pm$ 0,06

<sup>1</sup> Média de seis amostras.

Com o objetivo de se avaliarem as características morfogênicas, identificaram-se, por meio de anéis coloridos, dois dos perfilhos mais vigorosos por parcela.

Avaliaram-se as características morfogênicas durante 28 dias (19/05 a 16/06/1998). As características morfogênicas avaliadas foram: taxa de aparecimento, alongamento e senescência de lâminas foliares.

Determinou-se o potencial hídrico de lâminas foliares ( $\Psi_1$ ) nas seguintes datas: 20/05, 03/06, 07/06, 11/06 e 14/06/1998. As medições do  $\Psi_1$  foram feitas, sempre no mesmo horário solar, das 7-8 horas da manhã, utilizando-se as lâminas foliares recém-expandidas.

Em 18/06/1998, realizou-se corte das plantas rente ao solo, colhendo-se a biomassa da parte aérea presente na área útil das parcelas de ambos os experimentos. O material vegetal colhido foi pesado em balança tipo dinamômetro com divisões de 100 g, a fim de se conhecer a produção de forragem verde por área. Antes disso, colheu-se uma amostra de forragem, cortada rente ao solo, mais o material morto sobre o solo, em uma área de 0,0625 m<sup>2</sup>, delimitada por um quadrado de 25 x 25 cm. Esse material vegetal

(cujo peso foi adicionado ao peso total da área útil) foi separado em parte aérea verde (lâminas e colmos + bainhas) e parte aérea morta (partes de lâminas, colmos e bainhas destacadas das plantas durante o processo de separação; acrescidas da “liteira”), a fim de se determinar o peso da matéria fresca destas porções. Uma amostra representativa das lâminas foliares foi destinada à medição da área de lâminas foliares.

Amostras representativas das porções referentes à parte aérea permaneceram por três a sete dias em estufa de ventilação forçada a 70°C até atingirem peso constante, com vistas à obtenção do peso da matéria seca destas frações.

As características de produção avaliadas no experimento de déficit hídrico e de alagamento foram as seguintes: índice de área de foliar, matéria verde seca de lâminas foliares e de colmos da parte aérea, relação lâmina/colmo, matéria morta seca da parte aérea, matéria seca do sistema radicular, número de perfilhos basilares e aéreos e altura de plantas. O número de perfilhos basilares aéreos presentes em uma área de 25 x 25 cm foi extrapolado para a área de 1 m<sup>2</sup>. Os valores médios de altura das plantas resultaram de cinco medições por parcela.

Para a recuperação do sistema radicular, foram feitas duas amostragens por parcela (apenas no experimento sob déficit hídrico), a 0-40 cm de profundidade, com auxílio de um trado tipo caneca, de 5 cm de diâmetro. As duas amostras retiradas por parcela deram origem a uma amostra composta de raízes, que foi seca em estufa a 70°C, para a determinação do peso da matéria seca do sistema radicular. De posse do peso da matéria seca do sistema radicular, com base no volume de solo colheitado por parcela, procedeu-se aos cálculos, para a estimativa da produção de matéria seca do sistema radicular por hectare.

Também calculou-se a razão entre os dados de produção (matéria seca verde e morta da parte aérea) registrados durante o período de estresse pelos seus respectivos valores obtidos por ocasião da fase de estabelecimento (denominado “controle”, uma vez que as condições de cultivo foram favoráveis, neste período, às espécies, para expressarem seu potencial produtivo), com o propósito de se

determinar a tolerância a seca e ao alagamento das espécies de *Brachiaria*. Estes dados são apresentados em termos percentuais.

Informações complementares concernentes aos métodos e equipamentos utilizados no presente experimento encontram-se no item 2 do primeiro capítulo.

Para o procedimento das análises estatísticas, consideraram-se os tratamentos arranjados em esquema 6 x 2, constando de seis espécies e duas situações de estresse (déficit hídrico e alagamento), em um delineamento experimental de blocos ao acaso, com seis repetições.

Os dados experimentais foram submetidos à análise de variância, conjunta, segundo GOMES (1990) e BANZATTO e KRONKA (1992), na qual as fontes de variação foram: espécie, situação de estresse, espécie x situação de estresse), blocos dentro de situação de estresse e erro experimental. Exceção foi feita ao potencial hídrico de lâminas foliares avaliado em 11/06, que foi submetido à análise de variância, em cada experimento, segundo um delineamento de blocos ao acaso, com seis repetições, compreendendo as seis espécies e totalizando 36 unidades experimentais. Neste caso as fontes de variação na análise de variância foram: bloco, espécie e erro experimental. Tal procedimento ocorreu em virtude de a ordem de grandeza dos quadrados médios residuais das análises individuais dos experimentos exceder a relação de 7:1 (BANZATTO e KRONKA, 1992). Os dados de matéria seca do sistema radicular foram analisados somente no experimento sob déficit hídrico. As médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade. Para facilitar o procedimento das análises estatísticas, os valores do potencial hídrico de lâminas foliares foram analisados como valores absolutos. Os dados do potencial hídrico do solo do experimento sob déficit hídrico são apresentados como valores médios  $\pm$  desvio-padrão.

### 3. Resultados e Discussão

#### 3.1. Características morfogênicas sob déficit hídrico ou alagamento

Independentemente da natureza do estresse (déficit hídrico ou alagamento), as taxas de aparecimento de lâminas foliares, em *B. mutica*, *B. humidicola* e *B. dictyoneura*, se igualaram e superaram ( $P < 0,05$ ) as de *B. decumbens* e *B. brizantha* cv. Marandu e acesso B-132, que também não diferiram entre si sob nenhuma das situações de estresse (Quadro 4). A *B. brizantha* cv. Marandu, *B. dictyoneura* e *B. mutica* apresentaram maiores valores de taxa de aparecimento de lâminas foliares sob a situação de déficit hídrico do que de alagamento, fato que não se verificou nas outras espécies.

Em geral, a *B. mutica* apresentou os maiores ( $P < 0,05$ ) valores de taxa de alongamento de lâminas foliares que as demais espécies (Quadro 4). Todas as espécies mostraram menores taxas de alongamento de lâminas foliares sob alagamento. As menores taxas de crescimento sob alagamento decorrem, provavelmente, da menor concentração de nutrientes nas lâminas foliares, principalmente nitrogênio (BARUCH, 1994a). WATSON et al. (1976) mencionaram que a aplicação de altas quantidades de nitrogênio ameniza os danos causados pelo alagamento em espécies de cereais, em decorrência da denitrificação e dos impedimentos na absorção de nutrientes.

Quadro 4 - Taxa de aparecimento, alongamento e senescência de lâminas foliares de *Brachiaria decumbens* (BD), *B. brizantha* cv. Marandu (BB) e acesso B-132 (B-132), *B. humidicola* (BH), *B. dictyoneura* (BI) e *B. mutica* (BM), em função da situação de estresse (período de estresse)

Situação <sup>1</sup> de estresse	Espécies					
	BD	BB	B-132	BH	BI	BM
Taxa de aparecimento de lâminas foliares (lâmina/dia.perfilho)						
DH	0,10Ba	0,10Ba	0,08Ba	0,18Aa	0,20Aa	0,19Aa
AL	0,08Ba	0,07Bb	0,06Ba	0,16Aa	0,13Ab	0,16Ab
Taxa de alongamento de lâminas foliares (mm/dia.perfilho)						
DH	27,41Ca	39,98Ba	36,98Ba	12,74Da	14,85Da	56,89Aa
AL	13,07Bb	18,46Bb	17,62Bb	5,44Cb	5,24Cb	27,88Ab
Taxa de senescência de lâminas foliares (mm/dia.perfilho)						
DH	0,17Ab	0,02Ab	0,0Ab	0,06Aa	0,37Aa	0,51Aa
AL	4,02Aa	3,29ABa	2,35Ba	0,32Ca	0,19Ca	0,64Ca

A > B > C > D na linha compara espécies; a > b na coluna compara situações de estresse (P<0,05).

<sup>1</sup>DH: déficit hídrico.

AL: alagamento.

Desse modo, é provável que a aplicação de 277 kg/ha de sulfato de amônio em cobertura, logo após o corte de uniformização, tenha contribuído para amenizar possível deficiência de nitrogênio nas plantas de *Brachiaria* sob alagamento.

A senescência de lâminas foliares variou com a situação de estresse, sendo as maiores taxas registradas em solo alagado principalmente em *B. decumbens*, *B. brizantha* cv. Marandu e acesso B-132.

Acredita-se que a ocorrência de chuva (34 mm) durante o período de aplicação das situações de estresse pouco contribuiu para amenizar o efeito do déficit hídrico sobre as espécies de *Brachiaria*, porque a evapotranspiração em pastagens da região Sudeste, durante o período de seca, é de aproximadamente 4 mm/dia (WEIGAND et al., 1998). Assim, admitindo-se este valor como verdadeiro também para a evapotranspiração ocorrida no presente estudo, isso

representaria demanda evapotranspiratória da ordem de 112 mm para o período de 28 dias de estresse, que implicaria, a grosso modo, em “balanço hídrico” negativo de 78 mm. Ademais, o período de 28 dias sem irrigação parece ter sido suficiente para diminuir sensivelmente a disponibilidade de água do solo, cujo potencial hídrico foi aproximadamente -1,09 MPa na camada de 0-40 cm de profundidade no experimento sob déficit hídrico (Quadro 3). Também salienta-se que a camada superficial do solo apresentou rachadura pronunciada, fato que por si só evidencia acentuada deficiência de água no solo.

Por outro lado, as condições de alagamento consistiram na aplicação diária de aproximadamente 56 mm de água por inundação, mas não foi possível estabelecer uma lâmina d’água de forma constante ao longo do dia, e sim alternância de lâmina d’água decorrente da inundação realizada na parte da manhã e à tarde e encharcamento acentuado.

O efeito do alagamento parece ter sido maior sobre as taxas de alongamento foliar do que de senescência foliar, talvez porque as temperaturas relativamente baixas ocorridas durante o período experimental tenham amenizado o efeito do alagamento sobre a senescência e morte de folhas (BEARD e MARTIN, 1970). Também, McIVOR (1984) sugere que a senescência é mais rápida sob condições favoráveis de crescimento e se correlaciona mais estreitamente com o suprimento de umidade do que com a temperatura.

É notória a superioridade da *B. mutica*, relativamente às demais espécies, em termos de taxa de aparecimento e alongamento de folhas, tanto sob a situação de alagamento como de déficit hídrico, embora esta espécie também tenha mostrado alguma sensibilidade ao alagamento. É possível supor que o fato de a *B. mutica* não ter apresentado abundante produção de raízes adventícias, a exemplo do que ocorreu sob alagamento no experimento em casa de vegetação, tenha contribuído para a sua relativa sensibilidade ao alagamento.

Também salienta-se o fato de que a *B. decumbens* e a *B. brizantha* cv. Marandu, reconhecidas entre as espécies de *Brachiaria*, como as mais tolerantes à seca, apresentaram taxas de alongamento das lâminas foliares bem inferiores às de *B. mutica*, sob a situação de déficit hídrico. Ocorre que a temperatura mínima

do ar atingiu, em vários dias, valores abaixo da temperatura mínima basal para espécies tropicais (Figura 1). Tal fato sugere ocorrência de efeito sinérgico entre temperatura e déficit hídrico, que teria favorecido a *B. mutica*, em virtude de sua maior tolerância a baixas temperaturas.

Todavia, pouco se conhece, efetivamente, sobre o comportamento das espécies do gênero *Brachiaria* no que concerne à tolerância a temperaturas infra-ótimas, visto que poucos também são os relatos encontrados na literatura este respeito.

Segundo STÜR et al. (1996), a taxa de crescimento de espécies de *Brachiaria* começa a declinar a partir de temperaturas médias abaixo de 24°C e cessa em espécies menos tolerantes (*B. humidicola* e *B. ruziziensis*) à temperatura infra-ótima de 15°C e em espécies tolerantes (*B. decumbens* e *B. mutica*) de 12°C.

IVORY e WHITEMAN (1978) observaram respostas diferentes à temperatura entre espécies forrageiras subtropicais, em termos de atributos morfológicos, mas, em geral, a temperatura ótima diurna variou de 29-35°C e a noturna, de 26-30°C. Esses autores também verificaram que o crescimento foi severamente afetado sob temperaturas entre 10-15°C.

No presente estudo, a temperatura média do ar foi de 17,3 ±2,1°C, portanto, abaixo de 24°C, que já é considerada baixa o bastante para comprometer, de certo modo, o crescimento das espécies de *Brachiaria* (STÜR et al., 1996).

Ademais, os baixos valores da temperatura mínima média do ar (11,3±3,2°C) reforçam a hipótese de que a temperatura também teria limitado o crescimento das espécies de *Brachiaria*, ainda que, talvez, de forma distinta a cada espécie.

### 3.2. Potencial hídrico de lâminas foliares sob déficit hídrico ou alagamento

Não se observou diferença significativa ( $P > 0,05$ ) do potencial hídrico de lâminas foliares entre as espécies de *Brachiaria* nas avaliações realizadas em 20/05 (-0,06 MPa), 03/06 (-0,08 MPa), 07/06 (-0,07 MPa) e 14/06/1998 (-0,36 MPa), senão em 11/06/98, ocasião em que menor valor ( $P < 0,05$ ) foi observado em *B. dictyoneura*, relativamente às demais espécies sob alagamento (Quadro 5). Entretanto, os valores de potencial hídrico de lâminas foliares variaram ( $P < 0,05$ ) com a situação de estresse apenas em 20/05 e 03/06 (Quadro 6).

Quadro 5 - Potencial hídrico de lâminas foliares em *B. decumbens* (BD), *B. brizantha* cv. Marandu (BB) e acesso B-132 (B-132), *B. humidicola* (BH), *B. dictyoneura* (BI) e *B. mutica* (BM), avaliadas em 11/06/1998, sob diferentes situações de estresse

Situação de estresse	Espécies					
	BD	BB	B-132	BH	BI	BM
	-MPa					
Déficit hídrico	0,35a	0,39a	0,46a	0,45a	0,81a	0,65a
Alagamento	0,12a	0,14a	0,12a	0,14a	0,39b	0,14a

a > b na linha compara espécies ( $P < 0,05$ ).

Quadro 6 - Potencial hídrico de lâminas foliares de espécie de *Brachiaria* em diferentes datas de avaliação, em função da situação do estresse

Situação de Estresse	Data de avaliação			
	20/05	03/06	07/06	14/06
	-Mpa			
Déficit hídrico	0,07a	0,07a	0,07a	0,41a
Alagamento	0,04b	0,09b	0,07a	0,32a

a > b na coluna compara situações de estresse ( $P < 0,05$ ).

Salienta-se que o *status* hídrico das lâminas foliares das espécies *Brachiaria* tendeu a decrescer de forma mais pronunciada a partir de 11/06/1998. Este comportamento do potencial hídrico das lâminas foliares parece ser mais acentuado sob déficit hídrico, principalmente em *B. dictyoneura* e *B. mutica*. Tal fato sugere a ocorrência de algum mecanismo de ajuste em termos de *status* hídrico das lâminas foliares destas duas espécies. No entanto, os tecidos foliares de todas as espécies de *Brachiaria* experimentaram algum grau de estresse hídrico, independente da situação de estresse.

### **3.3. Produção de biomassa sob déficit hídrico ou alagamento**

#### **3.3.1. Produção de biomassa**

A produção de matéria verde seca de lâminas foliares em *B. brizantha* acesso B-132 foi maior ( $P < 0,05$ ) sob déficit hídrico do que sob alagamento, ao contrário do que ocorreu em *B. humidicola* e *B. dictyoneura*, enquanto em *B. mutica*, *B. decumbens* e *B. brizantha* cv. Marandu não houve variação com a situação de estresse (Quadro 7). BARUCH (1994a) também não observou alteração nos valores da matéria seca de lâminas foliares em *B. mutica* com a variação da situação de estresse, ao contrário de outras gramíneas forrageiras tropicais.

As espécies de *Brachiaria* não diferiram entre si quanto à produção de matéria verde seca de lâminas foliares sob alagamento, mas sim sob déficit hídrico, em que a *B. brizantha* acesso B-132 superou a *B. mutica*, *B. humidicola* e a *B. dictyoneura* nesta característica. A maior sensibilidade ao alagamento observado em termos de matéria verde seca de lâminas foliares, em *B. brizantha* acesso B-132, decorre do acentuado efeito deste estresse sobre as taxas de alongamento e senescência das lâminas foliares. Entretanto, tal fato parece não se verificar de forma determinante em *B. humidicola* e *B. dictyoneura*.

Quadro 7 - Matéria verde seca de lâminas foliares, colmos, parte aérea e morta da parte aérea, índice de área de lâminas foliares, relação lâmina/colmo, altura de plantas, número de perfilhos aéreos e basilares em *B. decumbens* (BD), *B. brizantha* cv. Marandu (BB) e acesso B-132 (B-132), *B. humidicola* (BH), *B. dictyoneura* (BI) e *B. mutica* (BM), em função da situação de estresse (déficit hídrico, DH ou alagamento, AL)

Situação de estresse	Espécies					
	BD	BB	B-132	BH	BI	BM
Matéria verde seca de lâminas foliares (kg/ha)						
DH	1586ABa	1705ABa	2190Aa	715Cb	711Cb	1139BCa
AL	1605Aa	1216Aa	1652Ab	1311Aa	1431Aa	1154Aa
Matéria verde seca de colmos (kg/ha)						
DH	1503ABa	862Ba	1674ABa	1622ABa	1336ABa	2152Ab
AL	1097BCa	669Ca	872BCb	1013BCb	1568Ba	3069Aa
Matéria verde seca da parte aérea (kg/ha)						
DH	3089ABa	2567ABa	3865Aa	2336Ba	2048Ba	3291ABa
AL	2703Ba	1886Ba	2524Bb	2324Ba	2999ABa	4223Aa
Matéria morta seca da parte aérea (kg/ha)						
DH	889Ab	1223Ab	789Ab	885Aa	766Ab	1133Aa
AL	2183ABa	2335Aa	1944ABCa	1235BCa	1843ABCa	1216Ca
Índice de área de lâminas foliares						
DH	4,05Aba	5,18Aa	5,19Aa	1,58Ca	1,52Ca	2,95BCa
AL	3,42Aa	2,50ABb	2,60ABb	1,69Ba	2,01ABa	3,11ABa
Relação lâmina/colmo						
DH	1,03Bb	1,98Aa	1,31Bb	0,42Cb	0,48Cb	0,57Ca
AL	1,46Ba	1,88Aa	1,89Aa	1,31BCa	0,940Ca	0,39Da
Altura de plantas (m)						
DH	0,31CDa	0,33Ca	0,40Ba	0,28DEa	0,26Ea	0,50Aa
AL	0,27Cb	0,33Ba	0,36Bb	0,26Ca	0,23Ca	0,42Ab
Número de perfilhos aéreos (perfilho/m <sup>2</sup> )						
DH	469Aa	213Aa	395Aa	520Aa	475Ab	467Ab
AL	317Ba	240Ba	341Ba	413Ba	893Aa	891Aa
Número de perfilhos basilares (perfilho/m <sup>2</sup> )						
DH	2333Aa	1301Ba	1267Ba	2443Aa	1923ABb	1117Ba
AL	2555Aa	1013Ca	1333BCa	2243ABa	3117Aa	1080Ca

A > B > C > D > E na linha compara espécies; a > b na coluna compara situações de estresse (P<0,05).

A produção de matéria verde seca de lâminas foliares no caso da *B. humidicola* poderia ter sido influenciada também pela taxa de aparecimento e alongamento antes da imposição dos tratamentos. Já no caso da *B. dictyoneura*, a produção de matéria verde seca de lâminas foliares poderia ser decorrente de variação da população de perfilhos.

A produção de matéria verde seca de colmos variou com a situação de estresse em *B. brizantha* acesso B-132, *B. humidicola* e *B. mutica* (Quadro 7). A *B. mutica* sobressaiu-se em termos de matéria verde seca de colmo relativamente às outras espécies, sobretudo em relação à *B. brizantha* cv. Marandu, que produziu pouca matéria seca de colmos, em ambas as situações de estresse. BARUCH (1994a) também verificou maior produção de colmos sob alagamento do que sob déficit hídrico. Portanto, pode-se inferir que a *B. mutica* é uma espécie que geralmente apresenta alta proporção de colmo na forragem, fenômeno que se intensifica sob alagamento (capítulo 2).

A produção de matéria verde seca da parte aérea não variou em função da natureza do estresse, senão em *B. brizantha* acesso B-132, que teve maior produção sob déficit hídrico, situação em que superou a *B. humidicola* e *B. dictyoneura* (Quadro 7). Já a *B. mutica* superou as demais espécies sob alagamento, em termos de matéria verde seca da parte aérea, exceto a *B. dictyoneura*.

Vale salientar que a superioridade quanto à produção de biomassa da *B. brizantha* acesso B-132 sob déficit hídrico e da *B. mutica* sob alagamento é resultante da maior participação das frações lâmina e colmo, respectivamente, no computo da matéria verde seca da parte aérea. Outro fato importante é que tanto a *B. mutica* sob alagamento como a *B. brizantha* acesso B-132 sob déficit se sobressairam relativamente às demais espécies para estas características, embora nem sempre significativamente. Portanto, ambos os fatos sugerem maior adaptação da *B. brizantha* acesso B-132 à seca e da *B. mutica* ao alagamento.

HADDADE (1998) também observou superioridade da produção da matéria verde seca da *B. mutica* sobre a *B. decumbens* sob alagamento, em condições de vaso em casa de vegetação. COMASTRI FILHO (1994) menciona a

superioridade da *B. humidicola* sobre a *B. decumbens*, quanto à matéria seca produzida, em solos suscetíveis à inundação no pantanal mato-grossense. No presente estudo não se verificou esta superioridade da *B. humidicola* sobre a *B. decumbens*.

Observou-se maior ( $P < 0,05$ ) produção de matéria morta seca da parte aérea sob alagamento do que sob déficit hídrico nas espécies de *Brachiaria*, exceto em *B. humidicola* e *B. mutica* (Quadro 7). Entretanto, as espécies não diferiram quanto à produção de matéria morta seca da parte aérea sob déficit hídrico, ao passo que sob alagamento a *B. mutica* apresentou menores valores que a *B. decumbens* e a *B. brizantha* cv. Marandu.

Como a altura do corte de uniformização foi a 10 cm acima do solo e o corte na colheita foi rente ao solo, acredita-se que a real quantidade de material vegetal morto foi superestimada. Assim, a elevada produção de matéria morta seca da parte aérea explica-se, em parte, pelo “efeito residual”, decorrente dos altos índices de área de lâminas foliares remanescentes ao corte de uniformização. As folhas de avançada idade, logo após o corte, caracterizaram-se pelo acentuado processo de senescência ou morte. Isso, evidentemente, se agravou durante o período de estresse principalmente em *B. brizantha* cv. Marandu e B-132 e *B. decumbens* sob alagamento (item 3.1).

O índice de área de lâminas foliares variou ( $P < 0,05$ ) com a natureza do estresse apenas em *B. brizantha* cv. Marandu e acesso B-132, que apresentaram menor área de lâminas foliares sob alagamento do que sob déficit hídrico (Quadro 7).

Registra-se o fato de que sob alagamento a *B. decumbens* tendeu a apresentar maior índice de área de lâmina foliar verde, ainda que isso somente ocorreu de maneira significativa em relação à *B. humidicola*. Por outro lado, sob déficit hídrico a *B. brizantha* cv. Marandu, B-132 e *B. decumbens* superaram a *B. mutica*, *B. dictyoneura* e *B. humidicola*.

BARUCH (1994a) também observou variação entre espécies quanto às respostas ao tipo de estresse. CANNELL et al. (1985) também verificaram que o alagamento reduziu o índice de área de lâminas foliares em *Avena sativa*.

A relação lâmina/colmo foi maior sob alagamento do que sob déficit hídrico, exceto em *B. brizantha* cv. Marandu e *B. mutica* (Quadro 7). Isso sugere maior alocação de assimilados para a produção lâminas foliares, relativamente à fração colmo, sob alagamento.

A *B. brizantha* cv. Marandu apresentou maior relação lâmina/colmo que as demais espécies, em ambas as situações de estresse.

A *B. mutica*, *B. brizantha* B-132 e *B. decumbens* apresentaram menor altura de plantas sob alagamento do que sob déficit hídrico, embora tendência semelhante também tenha se verificado em *B. humidicola* e *B. dictyoneura* (Quadro 7). Todavia, a *B. mutica* superou as demais espécies, em ambas as condições de estresse, em termos desta característica.

O maior número de perfilhos aéreos sob alagamento foi observado em *B. mutica* e *B. dictyoneura* (Quadro 7). Entretanto, as espécies não diferiram sob déficit hídrico, quanto à produção perfilhos aéreos.

A *B. dictyoneura* sobressaiu-se em termos de produção de perfilhos basilares sob alagamento e a *B. decumbens* sob déficit hídrico, no entanto, ambas se igualaram à *B. humidicola* sob as duas situações de estresse (Quadro 7).

Em que pese o acentuado perfilhamento em *B. humidicola* e *B. dictyoneura*, tal fato não se traduziu em produção de perfilhos vigorosos, como verificado na *B. decumbens*.

A matéria seca do sistema radicular somente foi avaliada sob déficit hídrico, situação em que a *B. brizantha* cv. Marandu e o acesso B-132 se sobressairam ( $P < 0,05$ ) em relação à *B. dictyoneura* (Quadro 8). Tal fato é consistente com a observação de campo de maior tolerância à seca da *B. brizantha* cv. Marandu.

Quadro 8 - Matéria seca do sistema radicular (MSR) em espécies de *Brachiaria*, sob déficit hídrico

Espécie	MSR (kg/ha)
<i>B. decumbens</i> cv. <i>Basilisk</i>	2420ab
<i>B. brizantha</i> cv. Marandu	3060a
<i>B. brizantha</i> acesso B-132	3173a
<i>B. humidicola</i>	2333ab
<i>B. dictyoneura</i>	1554b
<i>B. mutica</i>	2100ab

a > b (P<0,05).

### 3.3.2. Produção relativa de biomassa

Relativamente à produção obtida durante a fase de estabelecimento (Quadro 9), as espécies de *Brachiaria* produziram percentualmente menos matéria verde seca da parte aérea sob alagamento do que sob déficit hídrico. Tal fato reflete o maior prejuízo causado pelo alagamento às forrageiras.

Quadro 9 - Porcentagem dos valores de matéria verde seca da parte aérea na situação de estresse (déficit hídrico, DH e alagamento, AL)

Situação de estresse	Espécies					
	<i>BD</i>	<i>BB</i>	B-132	<i>BH</i>	<i>BI</i>	<i>BM</i>
	% <sup>1</sup>					
DH	25BCa	13Ca	37Ba	36Ba	75Aa	21BCa
AL	14BCb	8Ca	16BCb	24Ba	48Aa	28ABa

A > B > C na linha compara espécies; a > b na coluna compara situações de estresse (P<0,05).

A *B. dictyoneura* apresentou maior produção relativa de biomassa comparativamente às demais espécies. Isso parece evidente também quando se compara seu comportamento com a *B. brizantha* acesso B-132 e *B. mutica*, que apresentaram as maiores produções de matéria verde seca da parte aérea sob déficit hídrico e alagamento, respectivamente.

Sem dúvida, a seleção de espécies com alta produtividade no período das águas e menos sensível à falta e, ou, ao excesso de água no solo seria bastante desejável para a produção de forragem. Ocorre que a *B. dictyoneura* apresentou baixa produção de biomassa, por ocasião da fase de estabelecimento, fato que explicaria sua alta produção relativa. Ademais, esta aparente superioridade da *B. dictyoneura* quanto à produção relativa só seria vantajosa, se sua produção de biomassa durante o período de estresse também fosse superior às outras espécies, fato que não ocorreu.

JONES et al. (1980) observaram que a produção de matéria seca no período de plena seca, em espécies como a *B. brizantha*, *B. humidicola*, *B. mutica* e *B. decumbens*, representou apenas 43% da produção obtida no final do período chuvoso.

O alagamento ocasionou maior perda de matéria seca nas espécies de *Brachiaria* do que o déficit hídrico, independente da espécie, uma vez que a produção de matéria morta seca da parte aérea representou 163,0 e 88,1%, respectivamente, daquela produzida por ocasião do período de estabelecimento. Todavia, as espécies mais afetadas em termos relativos foram a *B. brizantha* acesso B-132, *B. humidicola* e *B. dictyoneura*, independente da situação do estresse.

Os resultados observados neste trabalho reforçam o conhecimento corrente de que tanto a seca quanto o alagamento reduzem o potencial de produção de forragem, embora o alagamento comprometa mais a produção que o estresse hídrico.

#### 4. Conclusões

No presente estudo nenhuma espécie de *Brachiaria* sobressaiu-se em termos de produção de biomassa relativamente às demais em ambas as situações de estresse.

A *B. brizantha* B-132 seria a espécie mais promissora para áreas sujeitas à seca, em virtude de suas altas produções de matéria seca do sistema radicular e biomassa da parte aérea, decorrente, principalmente, da sua maior produção de lâminas foliares.

A *B. mutica* seria a espécie mais recomendada para áreas sujeitas ao alagamento, em decorrência da maior altura de suas plantas e produção de biomassa, resultante principalmente de sua maior produção de colmos e raízes adventícias.

O alagamento foi mais prejudicial às características morfogênicas do que o déficit hídrico porque reduziu a taxa de aparecimento de lâminas foliares da *B. brizantha* cv. Marandu, *B. dictyoneura* e *B. mutica*; diminuiu a taxa de alongamento de lâminas foliares de todas as espécies; e aumentou a taxa de senescência de lâminas foliares da *B. decumbens*, *B. brizantha* cv. Marandu e acesso B-132.

## 5. Referências Bibliográficas

- ALCÂNTARA, P.B. Origem das braquiárias e suas características morfológicas de interesse forrageiro. In: ENCONTRO SOBRE CAPINS DO GÊNERO BRACHIARIA, 1987, Nova Odessa. **Anais...** Nova Odessa: Instituto de Zootecnia, 1987. p.1-18.
- ALMEIDA, E.X., SETELICH, E.A, MARASCHIN, G.E. Oferta de forragem e variáveis morfogênicas em capim elefante anão cv. Mott. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 34, 1997, Juiz de Fora. **Anais...** Juiz de Fora: SBZ, 1997. p.240-242.
- ANDERSON, E.R. The reaction of seven *Cenchrus ciliaris* L. cultivars to flooding. **Tropical Grasslands**, Brisbane, v.8, n.1, p.33-39, 1974.
- BANZATTO, D.A, KRONKA, S.N. **Experimentação agrícola**. 7.ed. Jaboticabal: FUNEP, 1992. 249p.
- BARUCH, Z. Responses to drought and flooding in tropical forage grasses. I. Biomass allocation, leaf growth and mineral nutrients. **Plant and Soil**, The Hague, v.164, n.1, p.87-96, 1994a.
- BARUCH, Z. Responses to drought and flooding in tropical forage grasses. II. Leaf water potential, photosynthesis rate and alcohol dehydrogenase activity. **Plant and Soil**, The Hague, v.164, n.1, p.97-107, 1994b.
- BEARD, J.B., MARTIN, D.P. Influence of water temperature on submersion tolerance of four grasses. **Agronomy Journal**, Madison, v.62, n.2, p.257-259, 1970.
- BITTMAN, S., SIMPSON, G.M. Soil water deficit effect on yield, leaf area, and net assimilation rate of three forage grasses: crested wheatgrass, smooth brome grass, and altai wildrye. **Agronomy Journal**, Madison, v.79, n.5, p.768-774, 1987.
- CANNELL, R.Q., BELFORD, R.K., BLACKWELL, P.S., GOVI, G. Effects of waterlogging on soil aeration and on root and shoot growth and yield of winter oats (*Avena sativa* L.). **Plant and Soil**, The Hague, v.85, n.3, p.361-373, 1985.

- CHAPMAN, D.F., LAMAIRE, G. Morphogenic and structural determinants of plant regrowth after defoliation. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 17, 1993, New Zeland. **Proceedings...** New Zeland:[s. n.], 1993. p.95-104.
- COMASTRI FILHO, J.A. Avaliação de espécies de forrageiras nativas e exóticas na sub-região dos paiaguás no pantanal mato-grossense. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.29, n.6, p.971-978, 1994.
- DEFELIPO, B.V., RIBEIRO, A.C. **Análise química do solo**. Viçosa, MG: UFV, 1981. 15p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de classificação de solos**. Brasília, DF: SPI, 1999. 412p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Sistema Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Manual de métodos e análise de solo**. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1979. (s.n.p.)
- ETHERINGTON, J.R. Relationship between morphological adaptation to grazing, carbon balance and waterlogging tolerance in clones of *Dactylis glomerata* L. **The New Phytologist**, Oxford, v.98, n.4, p.647-658, 1984.
- GOMES, F.P. **Curso de estatística experimental**. 13. ed. Piracicaba: Nobel, 1990. 468p.
- HADDADE, I.R. **Crescimento de espécies forrageiras tropicais submetidas a diferentes períodos de alagamento**. Viçosa: UFV, 1998. 76p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Lavras, 1998.
- IVORY, D.A, WHITEMAN, P.C. Effect of temperature on growth of five subtropical grasses. I. Effect of day and night temperature on growth and morphological development. **Australian Journal of plant physiology**, Melbourne, v.5, n.1, p.131-148, 1978.
- JACKSON, M.L. **Soil chemical analysis**. New York: Prentice Hall, 1958. 498p.
- JONES, C.A., PENA, D, CARABALY, A. Effects of plant water potential, leaf diffusive resistance, rooting density and water use on the dry matter production of several tropical grasses during short periods of drought stress. **Tropical Agriculture**, Trinidad, v.57, n.3, 1980.

- KLAR, A. E., USBRTI JR., A., HENDERSON, D. W. Differential responses of guinea grass populations to drought stress. **Crop Science**, Madison, v.18, n.5, p.853-857, 1978.
- McIVOR, J.G. Leaf growth and senescence in *Urochloa mosambicensis* and *U. oligotricha* in a seasonally dry tropical environment. **Australian Journal Agriculture Research**, v.35, p.177-187, 1984.
- SOARES FILHO, C.V. Recomendações de espécies e variedades de *Brachiaria* para diferentes condições. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGEM, 11, 1994, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1994. p.25-48.
- STUR, W.W., HOPKINSON, J.M., CHEN, C.P. Regional experience with *Brachiaria*: Asia, the south pacific, and Australia. In: MILES et al. (Eds) **Brachiaria: biology, agronomy, and improvement**. Cali: CIAT, 1996. p.258-271.
- VALLE, C.B., EUCLIDES, V.P.B., MACEDO, M.C.M Características das plantas forrageiras do gênero *Brachiaria*. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGEM, 17, 2000, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2000. p.65-108.
- WATSON, E.R., LAPINS, P., BARRON, R.J.W. Effect of waterlogging on the growth, grain and straw yield of wheat, barley, and oats. **Australian Journal Experimental Agriculture Animal Husbandry**, Melbourne, v.16, p.114-122, 1976.
- WEIGAND, R., STAMATO NETO, J., COELHO, R.D. **Pasto irrigado produz mais**. ANUALPEC, 1998. p.45-50.
- ZIMMER, A.H., EUCLIDES, V.P.B. Importância das pastagens para o futuro da pecuária de corte no Brasil. In: SIMPÓSIO DE FORRAGICULTURA E PASTAGEM, 1, 2000, Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA, 2000. p.1-49.

## RESUMO E CONCLUSÕES

Quatro experimentos foram conduzidos, no período de dezembro de 1997 a junho de 1998, na Universidade Federal de Viçosa, sendo dois em casa de vegetação e dois a campo. Objetivou-se avaliar a tolerância à seca e ao alagamento de espécies do gênero *Brachiaria*, com base em uma série de atributos de natureza morfológica, fisiológica e produtiva. Procederam-se avaliações em nível foliar, em perfilhos individuais e no dossel das plantas.

Em casa de vegetação, avaliaram-se a tolerância à seca e ao alagamento de quatro espécies de *Brachiaria* (*B. decumbens*, *B. brizantha*, *B. humidicola* e *B. mutica*) sob déficit hídrico no solo (-0,01, -0,03, -0,1, -0,5 e -1,5 MPa) e sob alagamento (solo na capacidade de campo, lâmina d'água a 1 e a 10 cm acima do solo). Em ambos os experimentos, os tratamentos foram arranjos em esquema fatorial, em blocos ao acaso, com três repetições. Os estresses foram impostos 22 dias após o corte de uniformização, aplicado aos 40 dias de estabelecimento das espécies em vasos. As avaliações compreenderam 23 dias de déficit hídrico e 18 dias de alagamento. Os níveis de déficit hídrico foram monitorados a partir de duas a três pesagens diárias de 50% dos vasos, fazendo-se nessas ocasiões a complementação da água, de modo a manter a umidade do solo no nível concernente a cada tratamento. No experimento sob alagamento, o acréscimo de água aos vasos, necessário para satisfazer as condições de lâmina d'água de 1 de

10 cm acima do nível do solo, foi controlado com o auxílio de furos nas paredes dos vasos, posicionados a 1 e a 10 cm acima do nível do solo, respectivamente.

Os experimentos a campo foram instalados em área localizada na encosta e outro na baixada. Em ambos os experimentos, foram cultivadas três espécies comerciais do gênero *Brachiaria* (*B. decumbens* cv. Basilisk, *B. brizantha* cv. Marandu e *B. mutica*) e três acessos (*B. brizantha* B-132, *B. humidicola* H-16 e *B. dictyoneura*). O delineamento experimental de cada experimento foi o de blocos ao acaso, com seis repetições, constituído das seis espécies. Os estresses foram impostos durante um período de 28 dias. A partir de 19/05/1998, o experimento da baixada recebeu aproximadamente 56 mm de água diariamente (28 mm de manhã e 28 mm à tarde) por inundação. Também a partir desta data, cessou-se a irrigação no experimento sob déficit hídrico da área da encosta. Os valores médios da temperatura e da umidade relativa do ar, registradas após o corte de uniformização (30/04/1998) até o final do período experimental (18/06/1998), foram da ordem de  $17,3 \pm 2,1^{\circ}\text{C}$  e  $81,1 \pm 5,84\%$ , respectivamente.

Em casa de vegetação, o déficit hídrico influenciou as características morfogênicas das espécies de *Brachiaria* como a taxa de alongamento de lâminas foliares em *B. brizantha* e taxa de senescência em *B. mutica*, espécies que apresentaram as maiores taxas de alongamento de lâminas foliares. Do ponto de vista fisiológico, observou-se controle estomático das trocas gasosas, com decréscimo na condutância estomática, seguida de queda nas taxas fotossintética, em resposta à falta de água no solo, principalmente em *B. humidicola* e *B. mutica*. Todas as espécies recuperaram suas atividades fotossintéticas normais após o período de déficit hídrico, porém somente a *B. brizantha* restabeleceu o *status* hídrico dos tecidos foliares. Os maiores efeitos do déficit hídrico sobre a produção de biomassa foram observados em termos de área de lâminas foliares, principalmente em *B. brizantha* e *B. decumbens*, e matéria verde seca de lâminas foliares, independente da espécie. O período de recuperação foi insuficiente para o completo restabelecimento das plantas submetidas previamente ao déficit hídrico, porém a *B. brizantha* sobressaiu-se relativamente às demais espécies.

No experimento sob alagamento em casa de vegetação, observaram-se sensível redução nas taxas de alongamento e fotossíntese líquida e acentuado aumento nas taxas de senescência de lâminas foliares das espécies de *Brachiaria*, fato que refletiu negativamente na produção de matéria seca. Entretanto, a *B. mutica* demonstrou-se mais tolerante ao excesso de água no solo. A exemplo do que ocorreu sob déficit hídrico, detectou-se forte controle estomático sobre as trocas gasosas durante e após o alagamento. O alagamento reduziu significativamente a área e o peso das lâminas foliares verdes, exceto em *B. mutica*, que apresentou apenas ligeira tendência de queda. Verificou-se forte efeito residual do alagamento sobre as características produtivas em *B. brizantha* e *B. decumbens*. Os resultados obtidos nos experimentos em casa de vegetação reforçam a idéia de se avaliar o comportamento das plantas durante e após o estresse, para se fazer inferências mais seguras acerca da tolerância à seca e ao alagamento de espécies forrageiras.

As características morfogênicas e produtivas avaliadas sob condições de campo variaram com a situação de estresse e a espécie. Em geral, o alagamento foi mais prejudicial do que o déficit hídrico à morfogênese das espécies de *Brachiaria*, sobretudo em termos de taxa de alongamento e senescência de lâminas foliares. Em geral, os menores valores do potencial hídrico das lâminas foliares tenderam a ocorrer sob déficit hídrico. A *B. humidicola* apresentou pouca variação com a situação de estresse para as características estudadas, ao passo que a *B. brizantha* B-132 apresentou melhor desempenho sob déficit hídrico do que sob alagamento. A *B. mutica* apresentou os maiores valores de taxas de alongamento de lâminas foliares, de alturas de planta e matéria verde seca de colmos. A *B. brizantha* apresentou alta relação lâmina/colmo e maiores produção de matéria seca de raízes. Esta alta produção de raízes explica a tolerância à seca desta espécie.

A *B. brizantha* acesso B-132 e a *B. mutica* apresentaram as maiores produções de matéria verde seca da parte aérea por hectare sob déficit hídrico e alagamento, respectivamente, ao passo que a *B. dictyoneura* se sobressaiu quanto à produção relativa de biomassa.

Os resultados observados a campo, em termos de produção de biomassa, sugerem que *B. brizantha* B-132 seria a espécie mais promissora em áreas sujeitas à seca e a *B. mutica*, em áreas sujeitas ao alagamento, devido à sua menor sensibilidade aos respectivos estresses.

O déficit hídrico foi menos prejudicial ao crescimento das plantas do que o alagamento, contudo nenhum dos estresses comprometeu a sobrevivência das espécies de *Brachiaria*.