

Respostas morfofisiológicas de *Brachiaria* spp. ao alagamento do solo e a síndrome da morte do capim-marandu

Moacyr B. Dias-Filho¹

Resumo

A síndrome da morte do capim-marandu (*Brachiaria brizantha* cv. Marandu) vem se tornando importante causa de degradação de pastagens na Amazônia Legal. Aparentemente, a baixa tolerância do capim-marandu ao excesso de água no solo seria fator de predisposição para a instalação do problema nessa cultivar, devido a alterações morfofisiológicas sofridas pela planta sob deficiência de oxigênio no solo. Tais alterações tornariam o capim-marandu mais suscetível a ataques de agentes bióticos como fungos patogênicos. Ações futuras que visem ao entendimento desse problema devem basear-se em estudos de natureza fisiológica e bioquímica onde sejam integradas as influências de agentes bióticos no desempenho do capim-marandu, cultivado sob uma combinação de estresses abióticos, como a anoxia do sistema radicular, a baixa fertilidade do solo e o superpastejo.

Palavras-chave: *Brachiaria brizantha*, anoxia, açúcares solúveis, patógenos, pastagens degradadas.

Abstract

The *Brachiaria brizantha* cv. Marandu death syndrome is becoming one of the major causes of pasture degradation in the Brazilian Amazonia. This syndrome is likely to be caused by the low tolerance of *B. brizantha* cv. Marandu to waterlogging that adversely affects the plant physiology, resulting in predisposition to biotic stresses like fungal infection. Future actions aiming to understand this syndrome should involve physiological and biochemical studies of *B. brizantha* cv. Marandu under a combination of several biotic and abiotic stresses.

Key-words: *Brachiaria brizantha*, anoxia, soluble sugars, pathogens, degraded pastures.

¹ Engenheiro-Agrônomo, Ph.D., Embrapa Amazônia Oriental, Caixa Postal 48, CEP 66017-170 Belém, PA.
Endereço eletrônico: moacyr@cpatu.embrapa.br

Introdução

Em pastagens tropicais, o alagamento ou o encharcamento temporário do solo são relativamente comuns. O excesso de água no solo da pastagem pode ser causado, naturalmente, por períodos chuvosos intensos, má drenagem do solo (*e.g.*, solos com camada subsuperficial de impedimento) e a elevação sazonal do nível de rios e do lençol freático (Dias-Filho, 2005a). Por outro lado, o pisoteio do gado, o trânsito de máquinas, ou o impacto da chuva no solo descoberto, podem, paulatinamente, comprometer a capacidade natural de drenagem do solo devido à compactação, tornando o solo da pastagem suscetível à ocorrência de períodos mais freqüentes e relativamente mais intensos de alagamento ou encharcamento. Assim, conforme discutido em Dias-Filho (2005a), mesmo naqueles locais aonde o excesso de água no solo não seja naturalmente esperado, é possível que as práticas vigentes ou passadas de manejo contribuam para que, periodicamente, sejam instaladas condições, muitas vezes visualmente imperceptíveis, de excesso de água no solo.

O excesso de água no solo causa redução imediata na troca de gases entre a planta e o ambiente (Armstrong et al. 1994; Kozlowski, 1997; Liao & Lin, 2001). A anoxia ou a hipoxia sofrida pelo sistema radicular altera o metabolismo celular, provocando queda imediata na respiração das raízes, tanto em plantas tolerantes como nas intolerantes (Braendle & Crawford, 1999; Liao & Lin, 2001). A deficiência de oxigênio reduz a produção de ATP, afetando diversos aspectos do metabolismo celular (Fukao & Bailey-Serres, 2004; Sousa & Sodek, 2002). Essa queda na produção de ATP restringe o suprimento de energia para o crescimento das raízes, reduzindo o desenvolvimento geral da planta.

O problema da síndrome da morte do capim-marandu tem sido mencionado desde meados da década de 90. Na Costa Rica, Zúñiga P. et al. (1998) associaram o problema a locais com umidade excessiva do solo e ao ataque de fungos. No Brasil, o problema da morte do capim-marandu também tem sido relacionado a pastagens formadas em solos mais úmidos (Teixeira Neto et al. 2000; Valentim et al. 2000; Dias-Filho 2005a; 2005b; Dias-Filho & Andrade, 2005), principalmente em função da reconhecida baixa tolerância desse capim ao excesso de água no solo (Dias-Filho & de Carvalho, 2000). A lógica para a associação entre a baixa adaptação do capim-marandu ao encharcamento do solo e a síndrome da morte, seria que o excesso de água no solo agiria como fator de predisposição para a instalação do problema. Essa predisposição estaria ligada a mudanças no comportamento da planta e nas características biológicas, físicas e químicas do solo, afetado pelo excesso de água.

Objetiva-se nesse trabalho descrever o comportamento morfofisiológico de gramíneas tropicais e, particularmente, do capim-marandu (*Brachiaria brizantha* cv. Marandu), a hipoxia ou anoxia do sistema radicular. Discute-se ainda a possível associação entre o fenômeno da síndrome da morte do capim-marandu e as respostas do capim-marandu ao alagamento do solo.

Respostas morfofisiológicas de capins tropicais ao alagamento do solo

Espécies comerciais

Poucos trabalhos têm sido publicados sobre o comportamento morfofisiológico de capins tropicais ao alagamento ou encharcamento do solo. Ensaio em que se avaliam a tolerância de gramíneas forrageiras ao alagamento do solo, por meio do estudo do comportamento morfofisiológico, geralmente necessitam ser conduzidos em ambiente controlado ou semicontrolado. Um problema metodológico comum a esses

ensaios é que, quando não adequadamente planejados, o tempo de condução pode ultrapassar a capacidade dos vasos em manter o crescimento adequado das plantas do tratamento controle (não alagado). Isso se deve à rápida ocupação do volume de solo pelas raízes das gramíneas, ocasionando perda de vigor, devido à queda na fertilidade do solo e à instalação de uma condição crônica de déficit hídrico. Esse fato leva a que, em algumas situações e para alguns parâmetros medidos, não seja possível detectar diferenças reais entre plantas alagadas e não alagadas, mesmo quando são comparadas espécies forrageiras tidas como intolerantes ou pouco tolerantes ao alagamento do solo. Portanto, recomenda-se cuidado especial na interpretação de resultados oriundos desses ensaios.

Em trabalhos pioneiros de Baruch (1994a; b) compararam-se respostas morfofisiológicas de quatro capins tropicais (*Brachiaria mutica*, *Hyparrhenia rufa*, *Andropogon gayanus* e *Echinochloa polystachya*) sob alagamento do solo. Nesses trabalhos constatou-se que sob alagamento, *A. gayanus* e *H. rufa* fecharam rapidamente seus estômatos, reduzindo a condutância estomática e a fotossíntese líquida. A atividade da desidrogenase alcoólica (ADH) em *A. gayanus* sofreu aumento significativo sob alagamento, indicando maior sensibilidade dessa espécie a esse estresse (maior produção de etanol). Por outro lado, em *B. mutica* e *E. polystachya*, espécies típicas de ambientes alagados, a condutância estomática, a fotossíntese líquida e a atividade ADH não diferiram estatisticamente entre plantas alagadas e não alagadas. Segundo Baruch (1994a; b), tanto *B. mutica* quanto *E. polystachya* apresentaram estruturas adaptativas ao alagamento, como o desenvolvimento de raízes adventícias e tecidos arenquimáticos que permitiram melhor difusão de gases na planta.

Em um dos primeiros estudos publicados no Brasil, comparando a tolerância de diferentes espécies de *Brachiaria* ao alagamento do solo (Dias-Filho & de Carvalho, 2000), foi sugerido que a taxa diária de

alongamento foliar poderia ser usada como parâmetro indicador precoce da tolerância de capins ao alagamento do solo. Sob alagamento, a taxa de alongamento foliar de *B. brizantha* cv. Marandu foi reduzida significativamente, enquanto que em *B. decumbens* e *B. humidicola* não foi possível detectar diferenças entre tratamentos. No capim-marandu, tal redução ocorreu a partir do primeiro dia de alagamento do solo. No mesmo estudo, resultados apresentados em Dias-Filho (2005a) mostram que o conteúdo de amido medido nas folhas, seis dias após o início do alagamento, foi inversamente proporcional à tolerância relativa desses capins a esse estresse (Fig. 1), sugerindo que, sob alagamento do solo, as principais vias de metabolismo de açúcares foram alteradas nessa cultivar. A explicação para esta resposta seria que nas plantas mais suscetíveis ao alagamento, haveria menor demanda de carboidratos pelas raízes, causada pela diminuição no crescimento e metabolismo dessas estruturas. Por outro lado, o alagamento também reduziria o transporte de carboidratos das folhas para as raízes (revisado por Liao & Lin, 2001). Todos esses eventos causariam acúmulo de fotoassimilados nas folhas, na forma de amido.

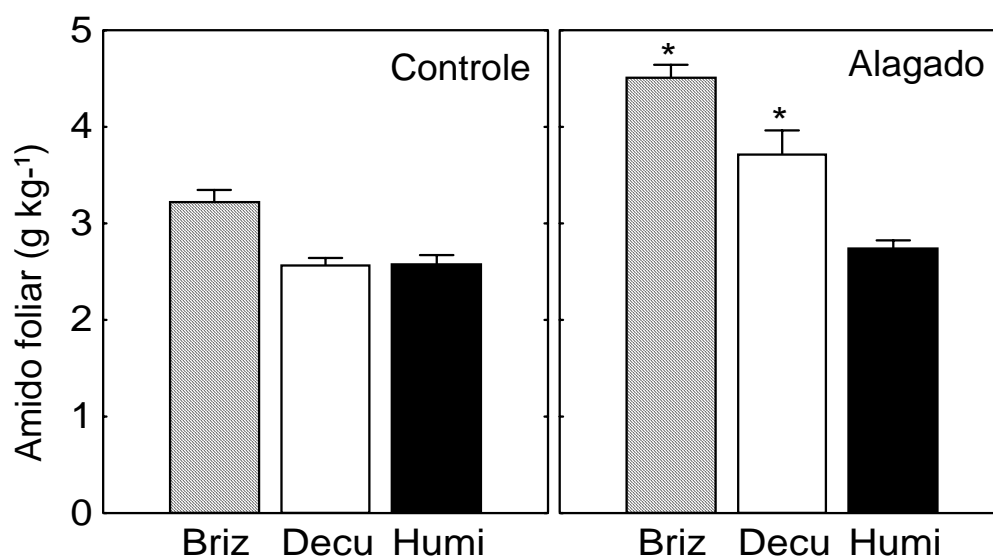


Figura 1. Teor de amido nas folhas de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu (Briz), *B. decumbens* (Decu) e *B. humidicola* (Humi), sob capacidade de campo (Controle) e alagamento do solo (Alagado). Dados são média + erro padrão. Avaliação feita seis dias após o início do alagamento do solo.

Asterisco indica diferença significativa ($P < 0,05$) entre tratamentos, dentro da mesma espécie.

Fonte: Dias-Filho (2005a).

Outros parâmetros medidos no decorrer do estudo, também indicaram a mesma tendência (Tabela 1), mostrando a baixa tolerância ao alagamento do solo do capim-marandu, a tolerância relativamente moderada de *B. decumbens* e a maior tolerância de *B. humidicola*.

Tabela 1. Redução percentual média, causada pelo alagamento do solo, em diferentes parâmetros morfofisiológicos de três espécies de *Brachiaria*.

Parâmetro	<i>B. brizantha</i>	<i>B. decumbens</i>	<i>B. humidicola</i>
Fotossíntese	89	52	0
TCR	51	52	19
Produção de raízes	72	53	53
Produção total	42	1	15
N folha	30	0	2
K folha	23	22	12

TCR = Taxa de crescimento relativo.

N folha = Teor de nitrogênio nas folhas.

K folha = Teor de potássio nas folhas.

Fonte: Dias-Filho & de Carvalho (2000); Dias-Filho (2005a).

A forte queda observada na capacidade fotossintética do capim-marandu sob alagamento do solo (Tabela 1), poderia, pelo menos em parte, ser atribuída a fatores de natureza não estomática, como o acúmulo de amido nas folhas (Fig. 1), o qual provocaria inibição da fotossíntese (*feedback inhibition*) (Liao & Lin, 2001). Por outro lado, o teor de clorofila total também foi reduzido significativamente pelo alagamento do solo no capim-marandu, porém, não foi afetado nas demais espécies (Dias-Filho &

de Carvalho, 2000), podendo ter contribuído para o comportamento fotossintético medido no ensaio (Tabela 1).

O acúmulo de açúcares solúveis em raízes de plantas sob alagamento do solo tem sido reportado como forma de tolerância a esse estresse (revisado por Liao & Lin, 2001). No entanto, em alguns estudos têm-se constatado grande acúmulo de açúcares em raízes de plantas tidas como intolerantes ao alagamento do solo (*e.g.*, Castonguay et al., 1993; Su et al., 1998). Em estudo comparando respostas morfofisiológicas do capim-marandu e *B. humidicola*, capins com graus de tolerância opostos ao alagamento do solo, mostrou-se que, sob alagamento, ambas espécies acumularam mais carboidratos nas raízes, quando comparadas a plantas sob capacidade de campo. No entanto, esse acúmulo foi maior em *B. humidicola* (M. B. Dias-Filho, dados não publicados) (Fig. 2). No mesmo estudo, observou-se acúmulo significativo de amido nas folhas do capim-marandu submetido a alagamento do solo (Fig. 1). O acúmulo de amido nas folhas e o maior conteúdo de açúcares solúveis nas raízes do capim-marandu sob alagamento do solo, aparentemente resultariam da diminuição da demanda por carboidratos devido à redução do crescimento e das atividades metabólicas nas raízes. Esses resultados indicam que o acúmulo de amido nas folhas não resulta em deficiência de açúcares nas raízes do capim-marandu sob alagamento, e ainda que o nível de açúcares nas raízes não seria crítico para a tolerância dessa cultivar ao alagamento do solo.

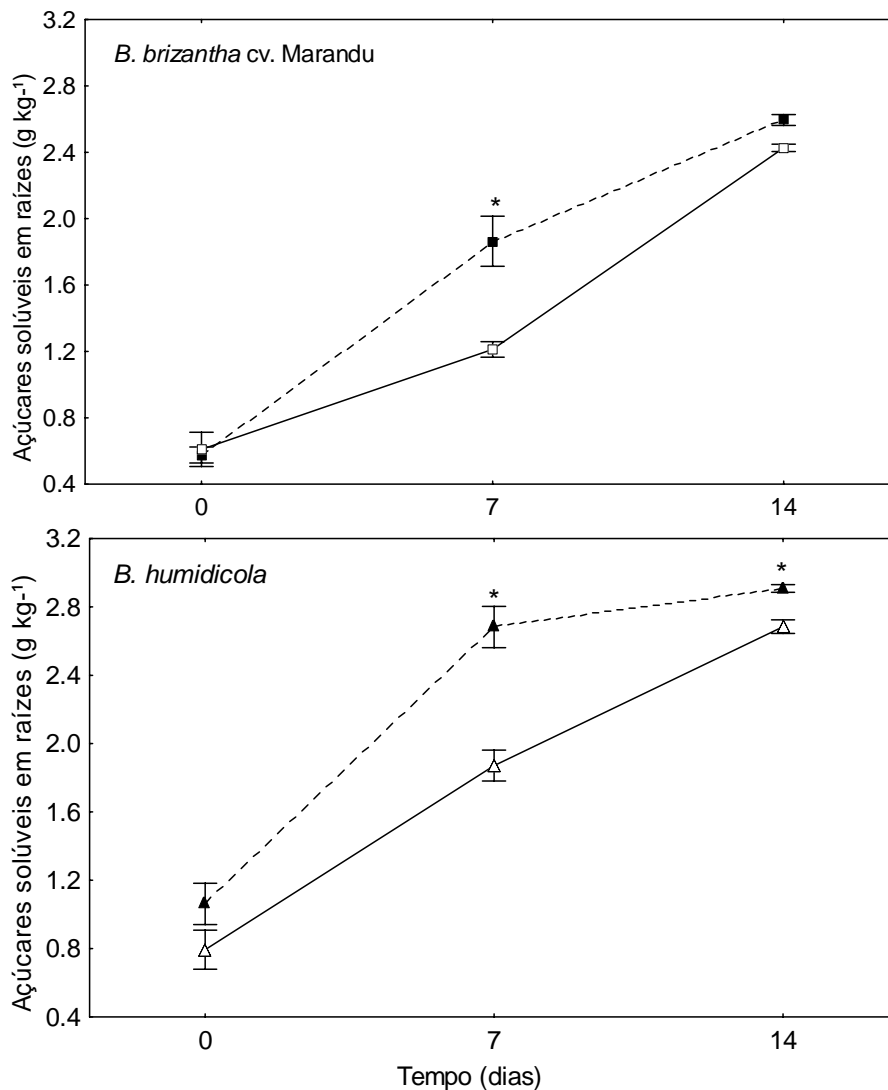


Figura 2. Teor de açúcares solúveis nas raízes de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu e *B. humidicola*, em três épocas distintas, sob alagamento do solo (símbolos escuros, linha pontilhada) e capacidade de campo (símbolos claros, linha contínua). Asterisco indica diferença significativa ($P < 0,05$) entre tratamentos. Dados são média \pm erro padrão.

Fonte: M. B. Dias-Filho, dados não publicados.

Costa (2004) comparou o comportamento dos capins angola (*Brachiaria mutica*) e canarana verdadeira (*Echinochloa polystachya*) sob alagamento do solo. Embora esses capins sejam considerados tolerantes a esse estresse, constatou-se que, em ambas espécies, plantas alagadas sofreram reduções na área foliar, nas produções de massa seca de lâmina

foliar e total, relação folha:haste e no número de perfilhos, quando comparadas a plantas cultivadas sob capacidade de campo. Isto é, mesmo em capins considerados tolerantes ao alagamento do solo, esse estresse pode causar diminuição no vigor e na capacidade produtiva da planta.

Acessos não comerciais de *Brachiaria* spp.

Em pesquisas desenvolvidas desde 1999 têm-se comparado a tolerância relativa ao alagamento do solo de novos acessos de capins do gênero *Brachiaria*, particularmente *B. brizantha*, visando a subsidiar programa de lançamento de novas cultivares de gramíneas forrageiras pela Embrapa (Dias-Filho, 2002; Dias-Filho & Queiroz, 2003; Modesto, 2005). Nesses estudos, acessos pré-selecionados de *Brachiaria* spp., oriundos da Embrapa Gado de Corte e ainda não lançados no mercado como cultivares comerciais, são comparados com a cultivar Marandu ou Xaraés, visando a classificar a tolerância relativa desses acessos ao alagamento do solo. Os resultados obtidos até o momento indicam que, grande parte dos acessos já testados possui tolerância ao alagamento do solo superior à do capim-marandu. Esses resultados confirmam que pode existir grande variabilidade, mesmo dentro da mesma espécie, na capacidade de adaptação das plantas ao alagamento do solo. Embora variações na tolerância ao alagamento do solo normalmente sejam baseadas em adaptações anatômicas e bioquímicas complexas, no presente caso, onde a maioria dos acessos testados é morfológicamente semelhante, a variação no grau de tolerância poderia estar principalmente baseada em diferenças ligadas a adaptações metabólicas desses acessos.

Estudo comparando o comportamento morfofisiológico de seis acessos de *B. brizantha* sob alagamento do solo mostrou que os acessos diferiram quanto à tolerância relativa a esse estresse (Dias-Filho & Queiroz, 2003). Apesar da tolerância diferenciada entre acessos, a

produção de raízes foi profundamente afetada (> 50%) em todos eles, mesmo naqueles classificados como relativamente mais tolerantes (Fig. 3). Em estudo semelhante, onde foi comparada a tolerância relativa ao alagamento de cinco acessos de *B. brizantha* (Dias-Filho, 2002), a produção de raízes também foi um dos parâmetros morfofisiológicos mais afetados pelo alagamento do solo (Fig 4).

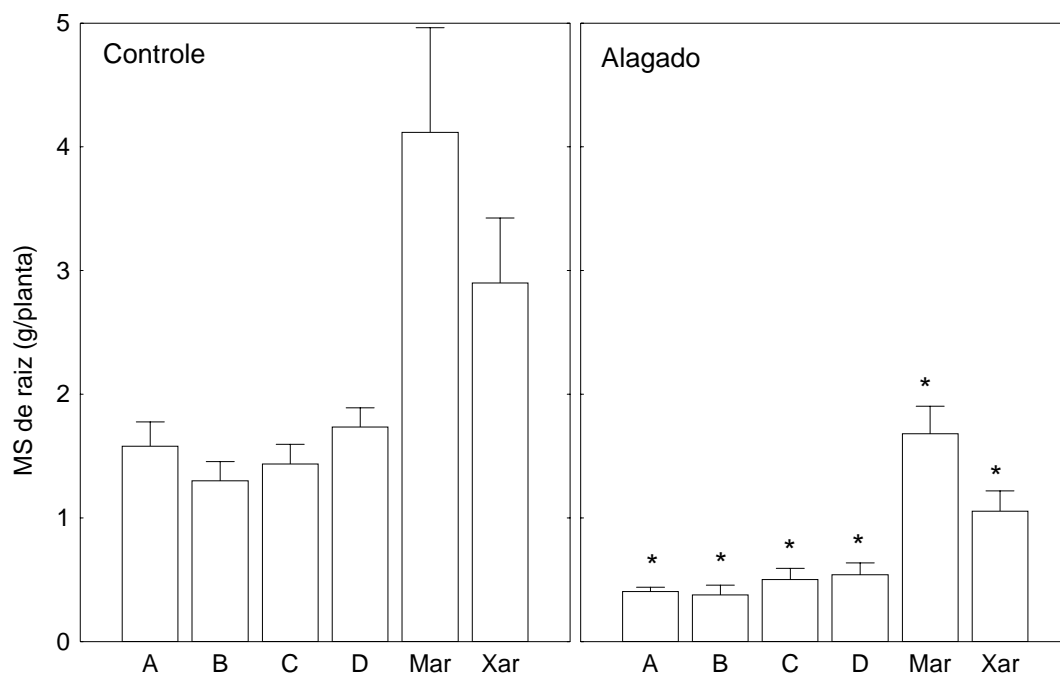


Figura 3. Produção de massa seca de raiz em *Brachiaria brizantha* B138 (A), B132 (B), B163 (C), B166 (D), cultivar Marandu (Mar) e cultivar Xaraés (Xar), sob capacidade de campo (Controle) e alagamento do solo (Alagado). Asterisco indica que a diferença entre tratamentos foi significativa para aquele acesso ou cultivar em particular. Valores são média + erro padrão.

Fonte: Dias-Filho & Queiroz (2003).

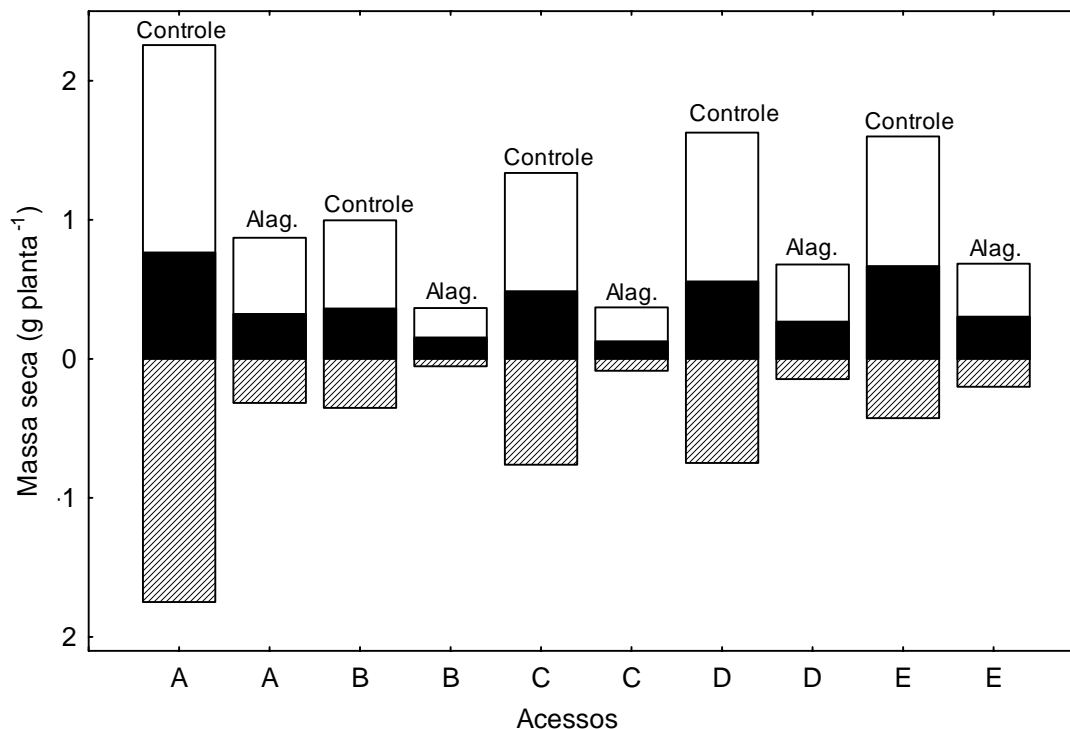


Figura 4. Produção média de biomassa de raízes (área achureada), colmos (área escura) e folhas (área clara) de cinco acessos de *B. brizantha*, sob capacidade de campo (Controle) e alagamento do solo (Alag.). Cultivares: A = Marandu, B = Capiporã, C = Piatã, D = Xaraés e E = Arapoty. Fonte: Dias-Filho (2002).

O fato das raízes serem os órgãos mais afetados pelo alagamento do solo traria conseqüências particularmente drásticas para capins menos tolerantes a esse estresse. A razão para isso seria que as pastagens normalmente estão sujeitas ao encharcamento temporário ou ao alagamento do solo durante a estação chuvosa, período no qual as atividades fisiológicas são máximas na planta. Tal fato intensificaria os efeitos nocivos do alagamento do solo nas plantas menos tolerantes, prejudicando ainda a criação de condições (*e.g.*, construção de sistema radicular mais vigoroso) que permitiriam maior tolerância a estresses, durante a estação seca subsequente (*e.g.*, déficit hídrico ou o superpastejo). Dessa forma, pastagens formadas com capins pouco tolerantes ao excesso de água no solo, que fossem submetidas a

situações crônicas de anoxia ou hipoxia do sistema radicular, estariam mais suscetíveis à degradação devido à perda de vigor, a alterações metabólicas e, conseqüentemente, da capacidade em responder eficientemente a estresses adicionais (Dias-Filho, 2005a, Dias-Filho, 2005b).

Espera-se que com a evolução das pesquisas com esses novos acessos, em futuro próximo, seja possível lançar no mercado cultivares de *B. brizantha* com as mesmas características positivas que impulsionaram o uso do capim-marandu no Brasil, porém, sem a sua baixa tolerância ao alagamento do solo. Essa baixa tolerância a condições periódicas de encharcamento do solo, aparentemente seria a principal causa dessa cultivar estar sendo paulatinamente inviabilizada em alguns locais do Trópico Úmido.

Síndrome da morte do capim-marandu e o alagamento do solo

Em meados dos anos 90, começaram a surgir relatos de áreas de pastagens de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu com sintomas de murchamento e morte, no Acre, Pará e em Rondônia (Teixeira Neto et al., 2000; Valentim et al., 2000). Em 1998, já existiam vastas áreas de pastagem de capim-marandu, na Amazônia Legal, com sintomas semelhantes (Teixeira Neto et al., 2000; Valentim et al., 2000). Relatos anteriores aos reportados no Brasil, dão conta que em 1997, já havia ocorrência de morte do capim-marandu em áreas sujeitas ao encharcamento temporário do solo no trópico úmido da Costa Rica (Zúñiga P. et al., 1998).

Ao conjunto de fatores que causaram as alterações nas pastagens denominou-se síndrome da morte de pastagens do capim-marandu (Teixeira Neto et al., 2000; Valentim et al., 2000).

Esta síndrome manifesta-se durante a época chuvosa, principalmente em áreas que apresentam solos de baixa permeabilidade.

Estudos realizados no Acre (Valentim et al., 2000; Andrade et al., 2003), no Pará (Dias-Filho & Carvalho, 2000; Dias-Filho, 2002; Teixeira Neto et al., 2000) e na Costa Rica (Zúñiga P. et al., 1998), sugeriram que a mortalidade do capim-marandu provavelmente se deveria à associação da falta de adaptação desta cultivar ao encharcamento periódico do solo com o ataque de fungos que são favorecidos pela condição de saturação de água no solo e a conseqüente diminuição de vigor do capim. Na Costa Rica, Zúñiga P. et al. (1998) isolaram estirpes de *Fusarium*, *Rhizoctonia*, e *Pythium* em pastagens de capim-marandu onde o problema havia sido detectado. Testes de patogenicidade desses fungos em genótipos de *B. brizantha*, incluindo as cultivares Marandu e Xaraés, e em *B. dictyoneura*, sob encharcamento do solo, confirmaram a alta susceptibilidade do capim-marandu a estes patógenos. Com o solo na capacidade de campo, apenas sintomas leves foram constatados. A cultivar Xaraés apresentou tolerância relativamente maior e a *B. dictyoneura* não foi afetada.

A alta correlação entre o fenômeno da síndrome da morte do capim-marandu e a drenagem deficiente do solo fica bastante evidente no estado do Acre. Naquele estado, a síndrome da morte do capim-marandu já é a principal causa de degradação das pastagens (Dias-Filho & Andrade, 2005), sendo que a grande maioria dos solos aonde estas pastagens foram formadas, apresenta algum tipo de deficiência na capacidade de drenagem (Valentim et al., 2000)

Inferir que o problema da morte do capim-marandu estaria simplesmente relacionado à baixa adaptação dessa cultivar ao alagamento do solo, poderia ser considerada uma concepção superficial desse fenômeno. Certamente, a baixa tolerância do capim-marandu ao alagamento do solo, por si só, tornaria a planta mais suscetível a estresses bióticos, como o ataque de patógenos. No entanto, alterações metabólicas causadas pelo alagamento do solo no capim-marandu, provavelmente seriam a principal causa que tornaria essa cultivar mais suscetível ao ataque de patógenos. Por exemplo, a descoberta de que o

capim-marandu tende a acumular amido nas folhas e açúcares solúveis nas raízes, quando sob alagamento do solo (Figs. 1 e 2), indica que o metabolismo de açúcares estaria sendo afetado por esse estresse nessa cultivar. Como mudanças no metabolismo de açúcares têm sido observadas em plantas infectadas por patógenos, e vários genes envolvidos nas respostas a estresse e defesa parecem responder ao metabolismo de açúcares da planta (Tadege et al. 1999), seria plausível inferir que, sob alagamento do solo, o capim-marandu poderia sofrer alterações em seus mecanismos bioquímicos de defesa, tornando-se suscetível aos agentes bióticos que, em condições normais, não seriam capazes de provocar danos com a mesma intensidade nessa cultivar. Isto é, a exposição dessa cultivar ao alagamento do solo, poderia estar provocando disfunção nos mecanismos metabólicos de defesa da planta.

De fato, estudos conduzidos com diferentes espécies vegetais têm mostrado estreita relação entre a anoxia do sistema radicular e o aumento na suscetibilidade aos danos causados por infecções de patógenos (e.g., Burgess et al. 1998; 1999; Robin et al. 2001). Os mecanismos sugeridos para essa relação estariam ligados a modificações metabólicas que dificultariam o reconhecimento do patógeno pela planta ou que facilitariam a sua colonização e desenvolvimento. Por exemplo, em tomateiro cultivado sob deficiência de oxigênio nas raízes e inoculado com *Pythium*, encontrou-se sintomas típicos de ataque desse patógeno, enquanto que as plantas sem deficiência de oxigênio permaneciam saudáveis (Chérif et al. 1997). Segundo Chérif et al. (1997), aumentos na atividade das lipoxigenases, isoenzimas ligadas à proteção da planta contra o ataque de agentes bióticos como fungos (Porta & Rocha-Sosa, 2002), observados nas raízes das plantas sob deficiência de oxigênio, poderiam levar a degradação e desorganização dos lipídeos da membrana celular, favorecendo a colonização das raízes por patógenos.

Outro mecanismo relacionado à maior sensibilidade a infecções por patógenos, em plantas cultivadas em solos com excesso de umidade,

seria a capacidade em atrair patógenos exercida por compostos orgânicos solúveis, exudados pelas raízes (Braendle & Crawford, 1999). Por exemplo, a exsudação de etanol (composto metabolizado pela planta sob anoxia), normalmente em maior abundância nas espécies menos tolerantes ao alagamento (Barta, 1987), teria a capacidade de atrair zoósporos de fungos e fornecer substratos para a colonização de micélios no tecido vegetal (Allen, 1974; Young & Newhook, 1977). Por outro lado, solos alagados teriam ainda a capacidade de aumentar a mobilidade de zoósporos, facilitando a intensidade e o alastramento do problema.

Finalmente, estresses adicionais, como os baixos níveis de fósforo e potássio no solo e o superpastejo, devido à influência que teriam no comportamento morfofisiológico da planta, poderiam agir sinergicamente para potencializar os efeitos causados pelo problema da síndrome da morte do capim-marandu.

Considerações finais

O problema da síndrome da morte do capim-marandu vem causando sérios problemas para a produtividade da pecuária, já sendo importante causa de degradação de pastagens em determinados locais da Amazônia brasileira. Evidências obtidas experimentalmente, ou com base em observações de campo, sugerem forte correlação entre o aparecimento do problema e solos com drenagem deficiente, situados em regiões com períodos chuvosos intensos e com altas temperaturas e altos níveis de umidade do ar.

Devido à baixa tolerância do capim-marandu a condições persistentes de encharcamento do solo, e a alterações morfofisiológicas sofridas pela planta sob esse estresse, seria possível inferir que o excesso de água no solo atuaria como fator de predisposição para a instalação do problema da síndrome da morte nessa cultivar. Plantas afetadas pelo excesso hídrico seriam, possivelmente, mais suscetíveis a danos causados

por infecções de patógenos ou outros agentes bióticos, além de, naturalmente, terem a produtividade bastante diminuída por esse estresse.

Dados experimentais e evidências da literatura científica, mostram que determinados aspectos do comportamento fisiológico e morfológico do capim-marandu e de outras espécies vegetais, sob alagamento do solo, como alterações fisiológicas (*e.g.*, metabolismo de açúcares) ou morfológicas (*e.g.*, diminuição no vigor e crescimento do sistema radicular), poderiam aumentar a predisposição a infecções, ou mesmo causar regeneração insuficiente das raízes já infectadas por patógenos ou outros agentes bióticos. Além disso, com base no comportamento de outras espécies vegetais, sabe-se que sob alagamento do solo, compostos orgânicos solúveis (*e.g.*, etanol) podem ser exudados pelas raízes, tendo a capacidade de atrair zoósporos de fungos e fornecer substratos para a colonização de micélios no tecido vegetal.

Cerca de 10 anos após os primeiros relatos da sua ocorrência no Brasil, ainda não existe entendimento amplo sobre o fenômeno da síndrome da morte do capim-marandu. Dessa forma, com base no que já foi estudado sobre o assunto, acredita-se que as ações que visem ao entendimento desse problema devam, a partir de agora, basear-se em estudos de natureza fisiológica e bioquímica que busquem compreender a influência exercida por agentes bióticos no desempenho do capim-marandu, cultivado sob uma combinação de estresses abióticos, como a anoxia do sistema radicular, baixos níveis de P e K no solo e o superpastejo.

Referências bibliográficas

ALLEN, R.N. Ethanol in lupin radicles. **New Zealand Journal of Botany**, v.12, p.179-183, 1974.

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

ANDRADE, C.M.S.; VALENTIM, J.F.; CARNEIRO, J.C. et al. Desempenho de nove acessos e duas cultivares de *Brachiaria* spp. em solos de baixa permeabilidade. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 40., 2003, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: SBZ, 2003. 1 CD-ROM.

BARTA, A.L. Supply and partitioning of assimilates to roots of *Medicago sativa* L. and *Lotus corniculatus* L. under anoxia. **Plant Cell Environ.**, v.10, p.151-156, 1987.

BARUCH, Z. Responses to drought and flooding in tropical forages grasses. I. Biomass allocation, leaf growth and mineral nutrients. **Plant and Soil**. 164: 87-96, 1994a.

BARUCH, Z. Responses to drought and flooding in tropical forages grasses. II. Leaf water potencial, photosynthesis rate and alcohol dehydrogenase activity. **Plant and Soil**. 164: 87-96, 1994b.

BRAENDLE, R.; CRAWFORD, R.M.M. Plants as amphibians. **Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics**, v.2/1, p.56-78, 1999.

BURGESS, T.; MCCOMB, J.; HARDY, G.; COLQUHOUN, I. Influence of low oxygen levels in aeroponics chambers on eucalypt roots infected with *Phytophthora cinnamomi*. **Plant Dis**, v.82, p.368-373, 1998.

BURGESS, T.; MCCOMB, J.A.; COLQUHOUN, I.; HARDY, G.E.S.J. Increased susceptibility of *Eucalyptus marginata* to stem infection by *Phytophthora cinnamomi* resulting from root hypoxia. **Plant Pathology**, v.48, p. 797-806, 1999.

DIAS-FILHO, M.B. 2006. Respostas morfofisiológicas de *Brachiaria* spp. ao alagamento do solo e a síndrome da morte do capim-marandu. In: BARBOSA, R.A. (ed.) **Morte de pastos de braquiárias**. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, p. 83-101.

CASTONGUAY, Y., NADEAU, P.; SIMARD, R.R. Effects of flooding on carbohydrate and ABA levels in roots and shoots of alfalfa. **Plant Cell Environ.**, v.16, p.695-702, 1993.

CHÉRIF, M.; TIRILLY, Y.; BÉLANGER, R. R. Effect of oxygen concentration on plant growth, lipidperoxidation, and receptivity of tomato roots to *Pythium* F under hydroponic conditions. **European Journal of Plant Pathology**, v.103, p.255–264, 1997.

COSTA, M.N.X. da. **Desempenho de duas gramíneas forrageiras tropicais tolerantes ao estresse hídrico por alagamento em dois solos glei húmicos**. 89p. 2004. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz.

DIAS-FILHO, M.B. Opções forrageiras para áreas sujeitas a inundação ou alagamento temporário. In: PEDREIRA, C.G.S.; MOURA, J.C. de; DA SILVA, S.C.; FARIA, V.P. de (Ed.). Simpósio sobre manejo de pastagem, 22. **Teoria e prática da produção animal em pastagens**. Piracicaba: FEALQ, 2005a, p.71-93.

DIAS-FILHO, M.B. **Degradação de pastagens: processos, causas e estratégias de recuperação**. 2. ed. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2005b. 173p.

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

DIAS-FILHO, M.B.; DE CARVALHO, C.J. Physiological and morphological responses of *Brachiaria* spp. to flooding. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, p.1959-1966, out. 2000.

DIAS-FILHO, M.B.; ANDRADE, C.M.S. Pastagens no ecossistema do trópico úmido. In: SIMPÓSIO SOBRE PASTAGENS NOS ECOSSISTEMAS BRASILEIROS, 2, 2005, Goiânia, **Anais...**Goiânia: SBZ, 2005. p. 95-104.

DIAS-FILHO, M.B.; QUEIROZ, R.J.B. Tolerância ao alagamento do solo em seis acessos de *Brachiaria brizantha*. In: **REUNIÃO ANUAL DA**

DIAS-FILHO, M.B. 2006. Respostas morfofisiológicas de *Brachiaria* spp. ao alagamento do solo e a síndrome da morte do capim-marandu. In: BARBOSA, R.A. (ed.) **Morte de pastos de braquiárias**. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, p. 83-101.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 40., 2003, Sta. Maria, RS. Sociedade Brasileira de Zootecnia: Sta. Maria, 2003. 5 p. 1 CD-ROM.

FUKAO, T.; BAILEY-SERRES, J. Plant responses to hypoxia – is survival a balancing act? **TRENDS in Plant Science**, v.9, p.449-456, 2004.

KOZLOWSKI, T.T. Responses of woody plants to flooding and salinity. **Tree Physiology**, Victoria, v.1, 1997. Disponível em: <http://www.heronpublishing.com/tp/monograph/kozlowski.pdf>. Acesso em: 13 out. 2005.

LIAO, C.T.; LIN, C.H. Physiological adaptation of crop plants to flooding stress. **Proc. Natl. Sci. Counc.** v.25, p.148-157, 2001.

MODESTO, R.C. **Tolerância de dois acessos de *Brachiaria brizantha* ao alagamento**. 37f. 2005. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém.

PORTA, H.; ROCHA-SOSA, M. Plant lipoxygenases. Physiological and molecular features. **Plant Physiology**, v.130, p.15–21, 2002.

ROBIN, C.; CAPRON, G.; DESPREZ-LOUSTAU, M. L. Root infection by *Phytophthora cinnamomi* in seedlings of three oak species. **Plant Pathology**, v.50, p.708-716, 2001.

SOUSA, C.A.F. de; SODEK, L. Respostas metabólicas de plantas à deficiência de oxigênio. **Braz. J. Plant Physiol.**, v.14, p.83-94, 2002.

SU, P.H.; WU, T.H.; LIN, C.H. Root sugar level in flooded luffa and bitter melon is not referential to flooding tolerance. **Bot. Bull. Acad. Sin.**, v.39, p.175-179, 1998.

TADEGE, M.; DUPUIS, I.; KUHLEMEIER, C. Ethanol fermentation: new functions for an old pathway. **TRENDS in Plant Science**, v.4, p.320-325, 1999.

TEIXEIRA NETO, J.F.T.; SIMÃO NETO, M.; COUTO, W. S.; DIAS-FILHO, M.B.; SILVA, A. de B.; DUARTE, M de L., ALBUQUERQUE, F.C. **Prováveis**

DIAS-FILHO, M.B. 2006. Respostas morfofisiológicas de *Brachiaria* spp. ao alagamento do solo e a síndrome da morte do capim-marandu. In: BARBOSA, R.A. (ed.) **Morte de pastos de braquiárias**. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, p. 83-101.

causas da morte do capim-braquiarião (*Brachiaria brizantha* cv. Marandu) na Amazônia Oriental: Relatório Técnico. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2000, 20p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 36).

VALENTIM, J.F.; AMARAL, E.F. do; MELO, A.W.F. de. **Zoneamento de risco edáfico atual e potencial de morte de pastagens de *Brachiaria brizantha* no Acre.** Rio Branco: Embrapa Acre, 2000. 28p. (Embrapa Acre. Boletim de Pesquisa, 29).

YOUNG, B.R; NEWHOOK, F.J. Ethanol in the rhizosphere of seedlings of *Lupinus angustifolius* L. **New Zealand Journal of Botany**, v.15, p.189-191, 1977.

ZÚÑIGA P., C.; GONZÁLEZ Q., R.; BUSTAMANTE, E.; ARGEL, P. Influencia de la humedad del suelo sobre la susceptibilidad de *Brachiaria* a hongos patógenos. **Manejo Integrado de Plagas**, v.49, p.51-57, 1998.

CITAÇÃO CORRETA:

DIAS-FILHO, M.B. 2006. Respostas morfofisiológicas de *Brachiaria* spp. ao alagamento do solo e a síndrome da morte do capim-marandu. In: BARBOSA, R.A. (Ed.) **Morte de pastos de braquiárias**. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, p. 83-101.

ISBN: 85-297-0200-X