

## Modificações na Anatomia do Caule de Sucessivos Ciclos de Seleção do Milho 'Saracura' BRS 4154 sob Alagamento Intermitente do Solo

Fabricio J. Pereira<sup>1</sup>, Evaristo M. de Castro<sup>1</sup>, Paulo C. Magalhães<sup>2</sup>, Thiago C. de Souza<sup>1</sup>, Leandro de O. Lino<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Lavras, Departamento de Biologia, Setor de Fisiologia Vegetal, Campus Universitário, Lavras-MG, caixa postal 37, CEP 37200-000. E-mail: fjprock@hotmail.com, <sup>1</sup>emcastro@ufla.br, <sup>1</sup>thiagonepre@hotmail.com, leanlino@yahoo.com.br, <sup>2</sup>Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas-MG, Caixa postal -151, CEP 35701-970. Email: pcesar@cnpms.embrapa.br

Palavras Chave: *Zea mays* L., Adaptações Morfológicas, Tolerância ao Alagamento.

### Introdução

O alagamento é um fator ambiental comum em diversas áreas potenciais para utilização em agricultura, representando limitações para a adaptação das plantas e obtenção de bons rendimentos. Tais ambientes podem ser naturais ou se desenvolver pela ação do homem. No Brasil, cerca de 28 milhões de hectares são compostos por ambientes sujeitos ao alagamento (Andrade et al. 1999; Kozłowski 1997).

O estresse por alagamento que pode levar a hipoxia é um fator limitante para a cultura do milho, impossibilitando a sua produção em áreas sujeitas a este estresse. A cultivar Saracura BRS-4154 foi desenvolvida pela Embrapa Milho e Sorgo para um melhor desempenho nessas condições, demonstrando muitas características favoráveis à sobrevivência e ao crescimento, como modificações na anatomia e no metabolismo (Alves et al. 2002; Ferrer et al. 2004; Melo et al. 2004).

As adaptações na estrutura interna das plantas sob alagamento mais comuns são o desenvolvimento de aerênquima na raiz e parte aérea da planta (Kozłowski, 1984), modificações no diâmetro dos vasos (Vaselatti et al., 2001; Pereira et al., 2008) além de um aumento na porosidade das raízes (Insausti et al., 2001).

Esse trabalho teve como objetivos a avaliação dos possíveis ganhos morfológicos adquiridos pelas plantas do milho 'Saracura' ao longo dos sucessivos ciclos de seleção, sob alagamento intermitente do solo.

### Material e Métodos

O experimento foi conduzido em casa de vegetação nas áreas experimentais da Embrapa Milho e Sorgo, em Sete Lagoas, MG e as análises anatômicas no Laboratório de Anatomia Vegetal da Universidade Federal de Lavras, em Lavras, MG. O milho saracura se encontra atualmente no 18º ciclo de seleção sob alagamento intermitente do solo. Nesse experimento os ciclos de seleção anuais foram codificados como C1 a C18.

Foram utilizados vasos de 20 L preenchidos com solo de várzea (planosolo hidromorfo eutrófico arênico) corrigido segundo as recomendações da análise química.

Os ciclos escolhidos foram C1, C3, C5, C7, C9, C11, C13, C15, C17 e C18, além da variedade BR 107, e do híbrido BRS1010 testemunhas sensíveis ao alagamento. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com 4 repetições, totalizando 48 vasos.



O início do encharcamento dos vasos foi no estágio V6, quando o meristema apical do caule das plantas se encontrava acima do nível da superfície do solo. A adubação em cobertura foi realizada na dosagem de 100 kg ha<sup>-1</sup> de N, divididos em 10 aplicações semanais de 10 kg ha<sup>-1</sup> de N, (Ferrer et al. 2005). O encharcamento foi realizado a cada dois dias, e a coleta das amostras para anatomia ocorreu 60 dias depois da primeira aplicação do encharcamento.

Foi utilizada uma planta de cada vaso para a coleta de uma amostra na região do terço superior do colmo das plantas, coletando-se fragmentos de 5-8 cm de comprimento a uma distância de 2-10 cm a partir do ápice caulinar. Estes fragmentos dos caules foram fixados em FAA 70 (Johansen, 1940), por 48 horas e, posteriormente, preservados em etanol 70%, até a data das análises. Com o auxílio de um micrótomo de mesa, foram realizados cortes transversais nas amostras de caule e, ainda, cortes manuais paradérmicos nos mesmos (Melo *et al.*, 2008). Os cortes foram clarificados com hipoclorito de sódio 5%, (Kraus & Arduin, 1997), e reidratados por 10 minutos. Os cortes transversais foram corados com astrablau (solução de safranina e azul de astra 7,5:2,5) e os paradérmicos corados com safranina 2% e montados em lâminas com glicerina 50%.

As lâminas foram observadas em microscópio óptico acoplado à câmera digital, com a qual foram realizadas fotografias dos cortes. As fotografias foram utilizadas para as medições dos parâmetros anatômicos sendo: DEF= Densidade de feixes vasculares por mm<sup>2</sup>, CF= comprimento dos feixes vasculares, CP= diâmetro das células do parênquima fundamental, DV= diâmetro dos vasos de metaxilema, FL= espessura do floema nos feixes vasculares, FB= espessura das fibras de esclerênquima. As características anatômicas foram medidas em um software de análise de imagem UTHSCSA-imagetool calibrado com uma régua micrométrica fotografada nos mesmos aumentos das fotografias. Foram realizadas 4 medições de cada característica anatômica em cada repetição e utilizada a média para definir o valor da característica para cada planta. Na avaliação dos estômatos, foram utilizadas as médias das medições de 5 estômatos por repetição. Foi realizada análise de variância com o teste de F, para detectar as diferenças entre os tratamentos e o teste de Skott-Knott, a 5%, para o estudo das médias.

## Resultados e Discussão

As plantas de milho 'Saracura' apresentaram diferenças em relação às características da anatomia dos colmos em relação ao grupo controle (Tabela 1 e Figura 1). Em relação à densidade de feixes (DEF), os valores entre os sucessivos ciclos de seleção não apresentaram diferenças significativas, contudo, em comparação com o grupo controle os valores observados para os ciclos de seleção do milho 'Saracura' foram 58,59% inferiores em relação ao controle (Tabela 1 e Figura 1). Os feixes vasculares foram 40,33% superiores nos últimos ciclos de seleção (C17 e C18) em relação ao BRS1010 e a alguns ciclos de seleção anteriores (C1, C3, C5, C9, C13, C15) sendo ainda, 76,96% maiores nos últimos ciclos de seleção em relação à variedade susceptível (BR107) e ao restante dos ciclos de seleção iniciais (Tabela 1 e Figura 2). Observa-se ainda, que ocorreu um aumento no tamanho das células do parênquima fundamental correspondendo a 35,90% nos últimos ciclos de seleção do milho 'Saracura' em relação aos ciclos iniciais e ao grupo controle (Tabela 1). Essas modificações na anatomia do caule das plantas de milho 'Saracura' podem atribuir características de tolerância a essa variedade, pois em situações de estresse hídrico pode ocorrer uma redução na disponibilidade de O<sub>2</sub> (Kozłowski, 1984; Kozłowski 1997), esse



fato pode aumentar a demanda de carboidratos durante um período do crescimento das plantas por deslocar o metabolismo para a rota anaeróbica. Feixes vasculares maiores podem permitir um maior fluxo de fotoassimilados das folhas para o caule e raiz, e as maiores células do parênquima podem auxiliar no armazenamento de carboidratos no caule das plantas de milho sob estresse, pois o colmo dessas plantas podem ter essa função dependendo da época de desenvolvimento da planta (Setter & Meller, 1984). Dessa forma, o alagamento intermitente pode ter estimulado o parênquima fundamental e os feixes vasculares nas plantas de milho ‘Saracura’ reduzindo o número e produzindo maiores feixes vasculares, concomitantemente aumentando a capacidade de armazenamento das células do parênquima fundamental, possibilitando o armazenamento de carboidratos no período do estresse que poderá, posteriormente, ser translocado para as raízes ou cariopses.

Tabela 1. Características anatômicas do caule de diferentes ciclos de seleção do milho ‘Saracura’ BRS 4154 (C1 a C18) um genótipo susceptível (BR107) e um híbrido (BRS 1010) submetidos ao alagamento intermitente do solo.

<i>Tratamento</i>	<i>DEF</i>	<i>CF(μm)</i>	<i>CP (μm)</i>	<i>DV (μm)</i>	<i>FL (μm)</i>	<i>FB (μm)</i>
C1	13,25 <b>b</b>	170,23 <b>b</b>	82,56 <b>a</b>	40,78 <b>a</b>	53,63 <b>b</b>	34,43 <b>c</b>
C3	17,75 <b>b</b>	144,17 <b>c</b>	45,71 <b>b</b>	41,89 <b>a</b>	44,45 <b>d</b>	44,21 <b>b</b>
C5	15,00 <b>b</b>	166,50 <b>b</b>	70,79 <b>b</b>	48,92 <b>a</b>	75,38 <b>b</b>	54,63 <b>a</b>
C7	16,75 <b>b</b>	137,77 <b>c</b>	74,05 <b>b</b>	46,55 <b>a</b>	63,90 <b>c</b>	52,04 <b>a</b>
C9	11,50 <b>b</b>	166,68 <b>b</b>	89,98 <b>a</b>	38,87 <b>b</b>	70,80 <b>b</b>	55,96 <b>a</b>
C11	18,00 <b>b</b>	137,12 <b>c</b>	88,15 <b>a</b>	32,37 <b>d</b>	59,82 <b>c</b>	43,20 <b>b</b>
C13	16,50 <b>b</b>	168,63 <b>b</b>	71,07 <b>b</b>	35,84 <b>c</b>	71,41 <b>b</b>	47,01 <b>b</b>
C15	23,00 <b>b</b>	184,57 <b>b</b>	82,19 <b>a</b>	39,70 <b>b</b>	76,39 <b>b</b>	58,58 <b>a</b>
C17	17,50 <b>b</b>	233,91 <b>a</b>	85,20 <b>a</b>	39,26 <b>b</b>	92,76 <b>a</b>	59,47 <b>a</b>
C18	19,00 <b>b</b>	220,55 <b>a</b>	86,22 <b>a</b>	27,51 <b>e</b>	87,77 <b>a</b>	56,56 <b>a</b>
BR107	27,75 <b>a</b>	132,68 <b>c</b>	67,70 <b>b</b>	31,28 <b>d</b>	49,49 <b>d</b>	45,98 <b>b</b>
BRS1010	23,75 <b>a</b>	168,41 <b>b</b>	66,21 <b>b</b>	42,84 <b>a</b>	59,24 <b>c</b>	29,81 <b>c</b>

As médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott para  $P < 0,05$ . DEF= Densidade de feixes vasculares por  $\text{mm}^2$ , CF= comprimento dos feixes vasculares, CP= diâmetro das células do parênquima fundamental, DV= diâmetro dos vasos de metaxilema, FL= espessura do floema nos feixes vasculares, FB= espessura das fibras de esclerênquima.



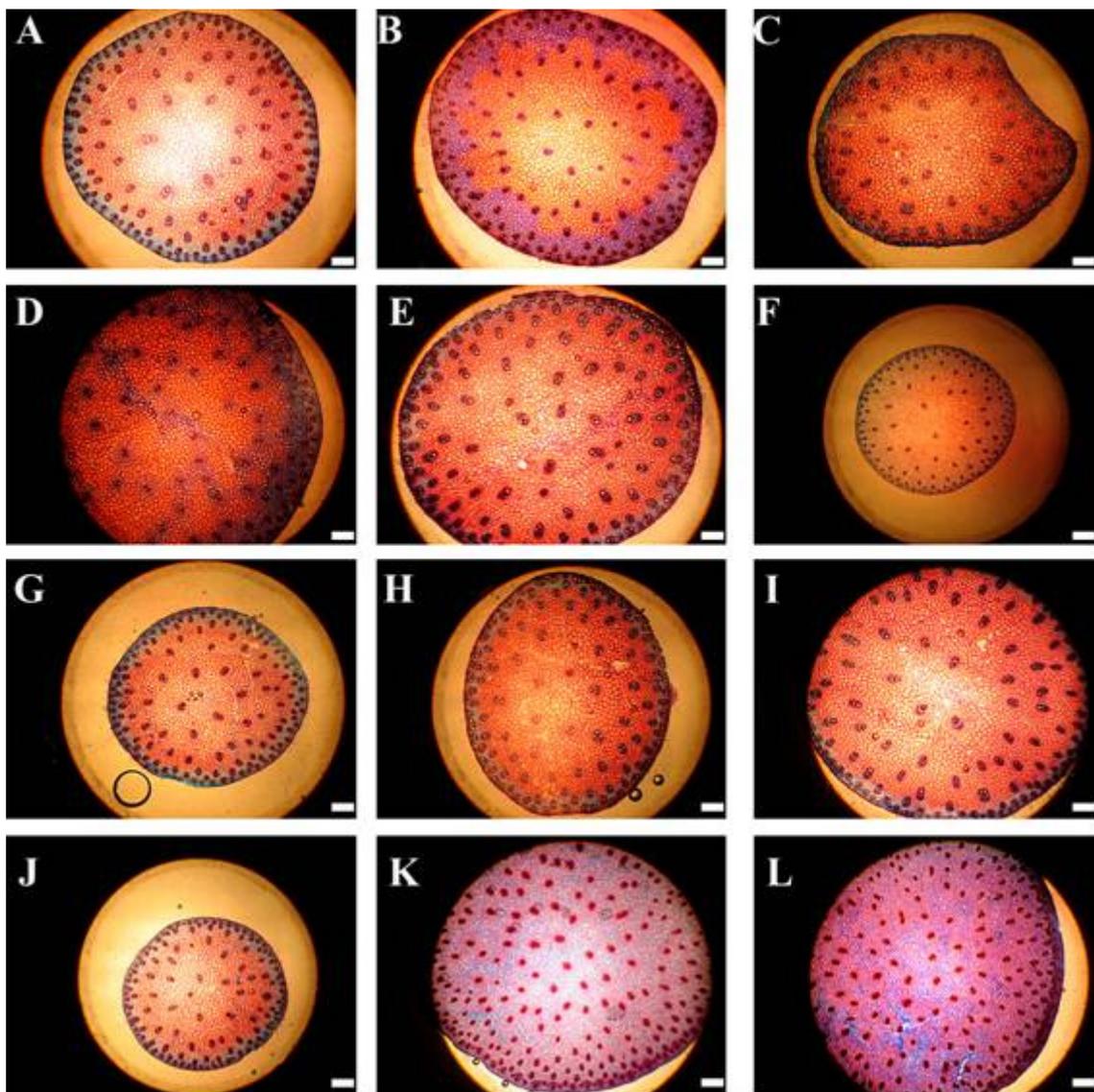


Figura 1. Secções transversais do caule de plantas de sucessivos ciclos de seleção de milho 'Saracura' (C1 a C18) e genótipos susceptível (BR107) e um híbrido (BRS1010) submetidos ao alagamentos intermitente no solo. A= C1, B= C3, C= C5, D= C7, E= C9, F= C11, G= C13, H= C15, I= C17, J= C18, K= BR107, L= BRS1010. barras= 250  $\mu$ m.



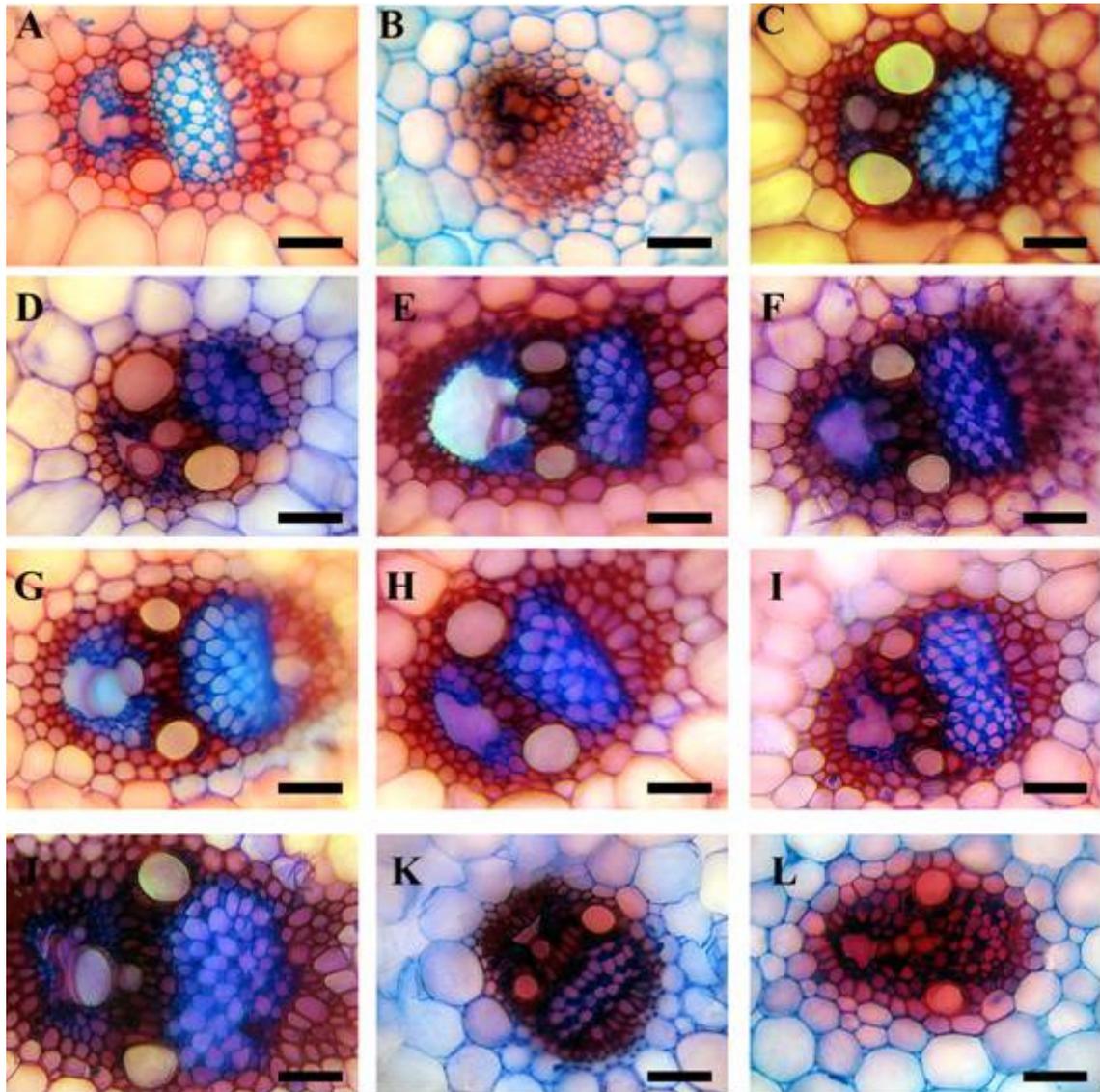


Figura 2. Características dos feixes vasculares do caule de plantas de sucessivos ciclos de seleção de milho ‘Saracura’ (C1 a C18) e genótipos susceptível (BR107) e um híbrido (BRS1010) submetidos ao alagamentos intermitente no solo. A= C1, B= C3, C= C5, D= C7, E= C9, F= C11, G= C13, H= C15, I= C17, J= C18, K= BR107, L= BRS1010. barras= 50  $\mu$ m.

O diâmetro dos vasos de metaxilema foi reduzido em 43,29% nos últimos ciclos de seleção do milho ‘Saracura’ em relação aos ciclos iniciais e ao híbrido BRS1010, e em 12,05% em relação ao BR107 (Tabela 1). Os baixos valores observados para o BR107 podem ser atribuídos ao menor tamanho dos feixes vasculares. A redução do diâmetro dos vasos de metaxilema pode ser atribuído a uma melhor condutividade hidráulica por reduzir a possibilidade de ocorrência de embolias (Hacke & Sperry, 2001). Dessa forma, a redução observada no diâmetro dos vasos de metaxilema nos feixes vasculares do colmo dos últimos ciclos de seleção do milho ‘Saracura’ pode ter atribuído características morfológicas que contribuem para a tolerância dessa variedade sob alagamento, melhorando a condutividade hidráulica e, conseqüentemente a distribuição de nutrientes na planta.

Ao longo dos ciclos de seleção do milho Saracura também ocorreu um espessamento do floema nos últimos ciclos de seleção em relação aos ciclos iniciais



(Tabela 1 e Figura 2), correspondendo em até 87,43% de aumento na espessura nos últimos ciclos de seleção (C17 e C18) em relação ao grupo controle e aos ciclos iniciais. O floema pode demonstrar modificações nas plantas quando em diferentes condições ambientais (Castro et al., 2009) sendo responsável pela translocação de carboidratos. Dessa forma, o maior desenvolvimento do floema sob alagamento intermitente permite às plantas dos últimos ciclos de seleção do milho ‘Saracura’ um maior fluxo de carboidratos das folhas para as raízes, permitindo um melhor desenvolvimento das raízes e o armazenamento de carboidratos no colmo, corroborando os resultados obtidos para os feixes vasculares e para o parênquima fundamental.

Ocorreu ainda um espessamento nas fibras de esclerênquima nos últimos ciclos de seleção do milho ‘Saracura’ em relação ao controle e aos ciclos iniciais (Tabela 1). As fibras de esclerênquima são relacionadas com a sustentação das plantas e a manutenção da estrutura dos caules em estrutura primária, como no caso dos colmos (Castro et al., 2009). Dessa forma, um maior desenvolvimento das fibras de esclerênquima pode permitir a manutenção da estrutura do caule, indispensável para o correto aproveitamento da radiação incidente, atribuindo tolerância ao alagamento às plantas dos últimos ciclos de seleção.

## Conclusões

Os sucessivos ciclos de seleção do milho ‘Saracura’ atribuíram modificações morfológicas no caule das plantas dessa variedade, contribuindo para a tolerância dessa espécie ao alagamento por atribuir melhoria nos feixes vasculares, no floema e xilema, no sistema de sustentação das plantas e no parênquima fundamental.

## Agradecimentos

Ao CNPq, FAPEMIG e Embrapa Milho e Sorgo pelo financiamento do trabalho e pelas bolsas concedidas.

## Referências Bibliográficas

ALVES, J. D.; MAGALHÃES, M. M.; GOULART, P. F. P.; DANTAS, B. F.; GOUVÊA, J. A.; PURCINO, R. P.; MAGALHÃES, P. C.; FRIES, D. D.; LIVRAMENTO, D. E.; MEYER, L. E.; SEIFFERT, M.; SILVEIRA, T. Mecanismos de tolerância da variedade de milho “Saracura” (BRS 4154) ao encharcamento. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 1, n.1, p. 33-40, jan. 2002.

ANDRADE, A. C. S.; RAMOS, F. N.; SOUZA, A. F.; LOUREIRO, M. B.; BASTOS, R. Flooding effects in seedlings of *Cytharexylum myrianthum* Cham. and *Genipa americana* L.: responses of two neotropical lowland tree species. **Revista brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 22, n. 2, p. 281-285, ago. 1999.

CASTRO, E. M.; PEREIRA, F. J.; PAIVA, R. **Histologia Vegetal: Estrutura e Função de Órgãos Vegetativos**. Lavras: UFLA, 2009, 234 p.

FERRER, J. L. R.; MAGALHÃES, P. C.; ALVES, J. D.; VASCONCELOS, C. A.; DELÚ FILHO, N.; FRIES, D. D.; MAGALHÃES, M. M.; PURCINO, A. A. C. Calcium relieves the deleterious effects of hypoxia on a maize cultivar selected for



waterlogging tolerance. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 4, n. 3, p. 381-389, Jan./Abr. 2005.

HACKE, U. G.; SPERRY, J. S. Functional and ecological xylem anatomy. **Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Sistematics**, v.4, p.97-115, 2001.

INSAUSTI, P.; GRIMOLDI, A.A.; CHANETON, E.J.; VASELLATI, V. Flooding induces a suite of adaptive plastic responses in the grass *Paspalum dilatatum*. **New Phytologist**, v.152, p.291-299, 2001.

JOHANSEN, D.A. **Plant microtechnique**. 2.ed. New York: McGraw-Hill, 1940, 300p.

KOZLOWSKI, T. T. Plant Responses to Flooding of Soil. **BioScience**, Washington, v. 34, n. 3, p. 162-167, Jan. 1984.

KOZLOWSKI, T. T. Responses of woody plants to flooding and salinity. **Tree Physiology Monograph**, Victoria, v. 1, n. 1, p. 1-29, June 1997.

KRAUS, J. E.; ARDUIM, M. **Manual básico de métodos em morfologia vegetal**. Seropédica: Edur, 1997. 221p.

MELO, H. C.; CASTRO, E. M.; ROMERO, J. L.; ALVES, J. D.; FRIES, D. D.; MELO, L. A.; MAGALHÃES, P. C. Influência da aplicação de cálcio e alagamento do solo sobre as características anatômicas das folhas de milho (*Zea mays* L.) "Saracura" BRS-4154. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 3, n. 3, p. 333-342, set./dez. 2004.

PEREIRA, F.J.; CASTRO, E.M. de; SOUZA, T.C. de; MAGALHÃES, P.C. Evolution of the root anatomy of 'Saracura' maize in successive selection cycles. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, p.1649-1656, 2008.

SETTER, T. L.; MELLER, V. H. Reserve carbohydrate in maize stem. **Plant physiology**, Clare, v. 75, p. 617-622, 1984.

VASELLATI, V.; OESTERHELD, M.; MEDAN, D.; LORETI, J. Effects of flooding and drought on the anatomy of *Paspalum dilatatum*. **Annals of Botany**, v.88, p.355-360, 2001.

