

## **Caracterização da Morfologia Radicular de Linhagens de Sorgo Contrastantes para Eficiência do Uso de Fósforo**

Michel C. da Rocha<sup>1</sup>, Glauco V. Miranda<sup>2</sup>, Marcelo O. Soares<sup>3</sup>, Fernando R.O. Cantão<sup>3</sup>, Lidianne A. Silva<sup>3</sup>, Fabrício Rodrigues<sup>3</sup>, Paulo C. Magalhães<sup>4</sup>, Flávio D. Tardin<sup>4</sup>, José A.S. Rodrigues<sup>4</sup>, Maria J.V. Vasconcelos<sup>4</sup> e Robert E. Schaffert<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Mestrando em Fitotecnia, UFV, e Bolsista Embrapa Milho e Sorgo, CP. 285, CEP 35701-970, Sete Lagoas-MG, [michelcastelani@yahoo.com.br](mailto:michelcastelani@yahoo.com.br), <sup>2</sup>Professor Associado, UFV, <sup>3</sup>Bolsista Embrapa Milho e Sorgo, <sup>4</sup>Pesquisador Embrapa Milho e Sorgo.

Palavras-chave: Sorgo, estresse abiótico, morfologia de raiz, mecanismos de adaptação, aquisição de fósforo.

O sorgo é considerado atualmente o quinto cereal mais produzido no mundo, depois do milho, trigo, arroz e cevada (FAO, 2005). Ele apresenta uma vantagem adaptativa distinta quando comparado a outros cereais, devido à notável resistência à seca e a outros estresses abióticos que viabiliza a sua produção em ambientes inadequados para outras culturas. Essa característica permite que a cultura do sorgo se estabeleça em regiões com distribuição irregular de chuvas, particularmente na safrinha, em sucessão a culturas de verão (Caniato, 2005).

Os solos do cerrado brasileiro são caracterizados pelos baixos pH e fertilidade, apresentando níveis tóxicos de  $Al^{+3}$ , baixa disponibilidade de fósforo e alta capacidade de fixação de fósforo (Schaffert, 2001). No Brasil, corretivos e fertilizantes são os fatores com maior participação no custo final da produção, restringindo o seu uso pelo pequeno agricultor, devido à falta de recursos para sua aquisição (Sharpley, 2001). Devido à baixa mobilidade de fósforo no solo as raízes se desenvolvem, sendo assim, a disponibilidade de fósforo no solo é um dos fatores que influenciam o crescimento radicular (Lynch, 2001). Assim, a caracterização do sistema radicular no solo e o conhecimento de suas variações genéticas são fundamentais para a escolha dos melhores genótipos, ou seja, os mais adaptados às condições de estresse do solo e, conseqüentemente, com maior capacidade de crescimento, desenvolvimento e produtividade nestes solos (Silva, 2003; Cantão, 2007).

As raízes que apresentam maiores comprimentos específicos, CE, (comprimento total de raiz/massa raiz) são capazes de explorar maior volume de solo por unidade de investimento metabólico em seus tecidos, sendo assim, mais eficientes na aquisição de água e nutrientes por unidade de carbono consumido (Fitter, 1991). Entretanto, esta relação de eficiência das raízes com altos valores de comprimento específico pode variar entre as espécies, possivelmente porque raízes muito finas podem dificultar o funcionamento radicular e reduzir a sua longevidade. Assim, separar CE nos componentes finura de raiz (comprimento/volume) e densidade de tecido de raiz (massa raiz/volume) pode trazer informações sobre a relação entre características de raiz e estratégias de desenvolvimento das plantas (Ryser, 1995).

O objetivo deste trabalho foi avaliar e identificar características da morfologia do sistema radicular de linhagens de sorgo para a seleção de genótipos eficientes em baixo fósforo.

Foram avaliadas, no campo experimental da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas (MG), nove linhagens de sorgo, sendo oito pré-classificadas quanto à produtividade de

grãos em estresse de fósforo (Schaffert, 2001). O experimento foi instalado em canteiros com solos em baixa e alta disponibilidade de fósforo (5 e 20mg/dm<sup>3</sup>, respectivamente), em delineamento experimental blocos casualizados, com três repetições. Aos 40 dias de cultivo, foram coletadas três plantas por tratamento para determinação de massa seca de parte aérea e para determinação das características do sistema radicular: Comprimento total de raiz (CTR); Área de superfície total (AST); Diâmetro médio de raiz (DMR); Volume total de raiz (VTR); Comprimento de raiz muito fina (CRMF); Comprimento de raiz fina (CRF); Comprimento de raiz grossa (CRG); Área de superfície de raiz muito fina (ASRMF); Área de superfície de raiz fina (ASRF); Área de superfície de raiz grossa (ASRG); Peso seco de parte aérea (PSPA); Peso seco de raiz (PSRA); relação raiz/parte aérea (PSRA/PSPA); Comprimento específico (CE); Finura de raiz (FR); Densidade de tecido de raiz (DTR). Após avaliação do sistema radicular, as raízes foram levadas para estufa de circulação forçada, a 72° C até atingir peso constante, para determinação de massa seca.

As características do sistema radicular foram avaliadas com analisador de imagens *WinRhizo* v. 4.0, Regent Systems, Quebec, (Canadá), acoplado a um scanner profissional *Epson XL 10000* equipado com unidade de luz adicional (TPU), seguindo os procedimentos de análise sugerido por Bouma *et al.*(2000). As características de comprimento e área de superfície por classes de diâmetro (muito finas  $\hat{O} < 0,5$  mm; finas  $0,5 \text{ mm} < \hat{O} < 2$  mm e grossas  $\hat{O} > 2$  mm) foram determinadas segundo a classificação proposta por Bhom (1979). Os dados coletados de todas as características foram submetidos à análise de variância ( $p < 0,05$ ) e comparações de médias pelo erro padrão.

O resultado da análise de variância das características avaliadas está apresentado na Tabela 1. Pelos resultados apresentados na Tabela 1, verificamos que existem

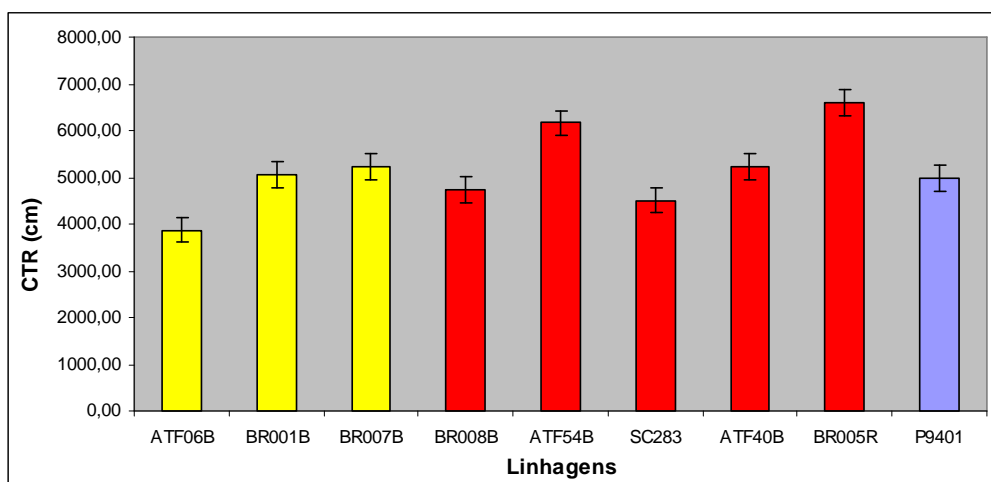
**Tabela 1.** Análise de variância de dezesseis características de morfologia de raiz envolvendo nove genótipos de sorgo. Sete Lagoas, Embrapa Milho e Sorgo, 2008. \*Significativo ao nível de 5% pelo teste F e ns: Não significativo.

Características <sup>1</sup>	Médias	CV (%)	Quadrado médio		
			FV	TRAT	Resíduo
			GL	8	16
CTR	5152,21	16,87		2028724,48*	755585,83
AST	579,56	16,27		23063,83*	8898,15
VTR	5,2305	18,43		2,2054*	0,9296
DMR	0,3598	7,22		0,0013 <sup>ns</sup>	0,0007
CRMF	4299,48	17,71		1489399,98*	568908,58
CRF	836,88	16,92		50506,00*	20062,26
CRG	41,55	42,11		633,52 <sup>ns</sup>	306,21
ASRMF	222,91	19,64		4831,64*	1916,73
ASRF	232,07	16,34		3987,08*	1438,37
ASRG	41,55	42,22		688,56 <sup>ns</sup>	307,76
PSPA	5,4511	29,31		3,73 <sup>ns</sup>	2,55
PSRA	0,8811	21,57		0,0703 <sup>ns</sup>	0,0361
PSRA/PSPA	0,1743	20,03		0,0020 <sup>ns</sup>	0,0012
CE	6084,61	21,19		2384749,38 <sup>ns</sup>	1663859,13
FR	1007,58	14,59		35714,07 <sup>ns</sup>	21625,87
DTR	0,1689	12,02		0,0005 <sup>ns</sup>	0,0004

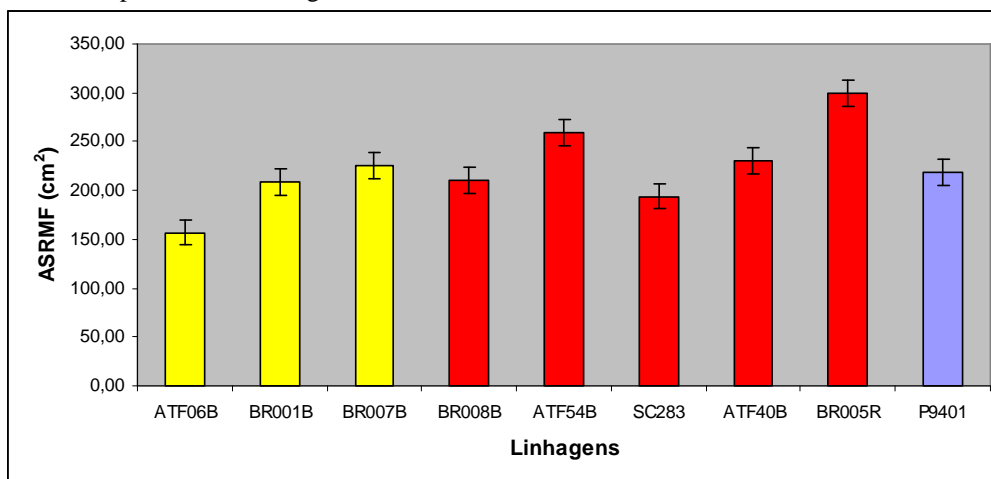
diferenças significativas entre as linhagens para as características CTR, ASTR, VR, CRMF, CRF, ASRMF e ASRF. Estes resultados indicam a existência de variabilidade genética em sorgo para estas características do sistema radicular e que elas podem ser mais bem exploradas em

programas de melhoramento genético que buscam melhor entender os mecanismos de adaptação de sorgo sobre estresse de fósforo.

As médias de CTR e ASRMF das nove linhagens estão apresentadas nas Figuras 1 e 2, respectivamente. Apesar de existir diferenças significativas entre as linhagens, estas características não são bem informativas quanto à eficiência de produtividade destas linhagens em baixo fósforo. Isto é evidente quando comparamos as médias de CTR e ASRMF das linhagens eficientes, SC283 e BR008B, com as linhagens ineficientes, BR007B e BR001B, e observamos que as linhagens eficientes apresentam valores menores ou iguais, estatisticamente, as linhagens ineficientes. Entretanto é evidente também que a linhagem ATF06B, menos eficiente, apresentou as menores médias e a linhagem BR005R, mais eficiente, apresentou as maiores médias para estas características.

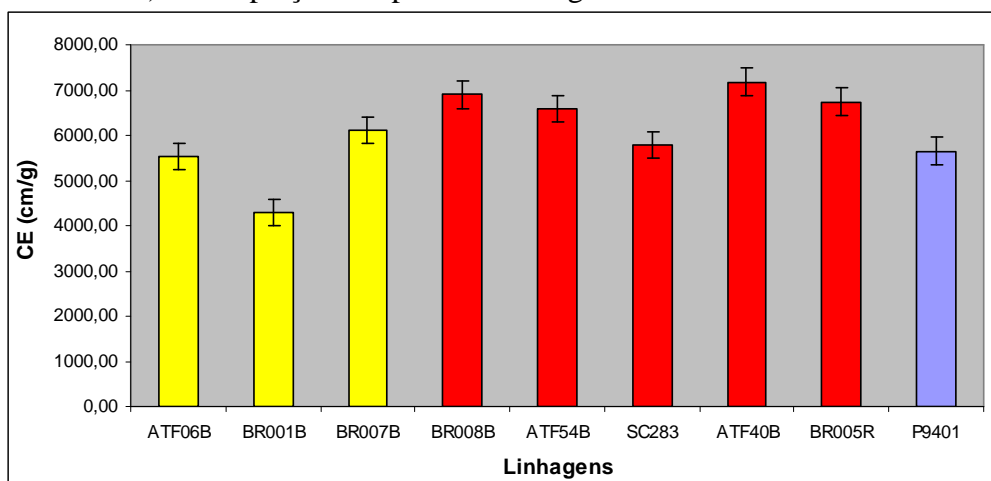


**Figura 1** – Médias de Comprimento Total de Raiz (CTR) de linhagens de sorgo cultivadas em solos com baixo nível de fósforo. As linhagens em amarelo, vermelho e azul são respectivamente, ineficientes, eficientes e não-classificada quanto à eficiência de produtividade de grãos em baixo P.



**Figura 2** – Médias de Área de Superfície de Raízes Muito Finas (ASRMF) de linhagens de sorgo cultivadas em solos com baixo nível de fósforo. As linhagens em amarelo, vermelho e azul são respectivamente, ineficientes, eficientes e não-classificada quanto à eficiência de produtividade de grãos em baixo P.

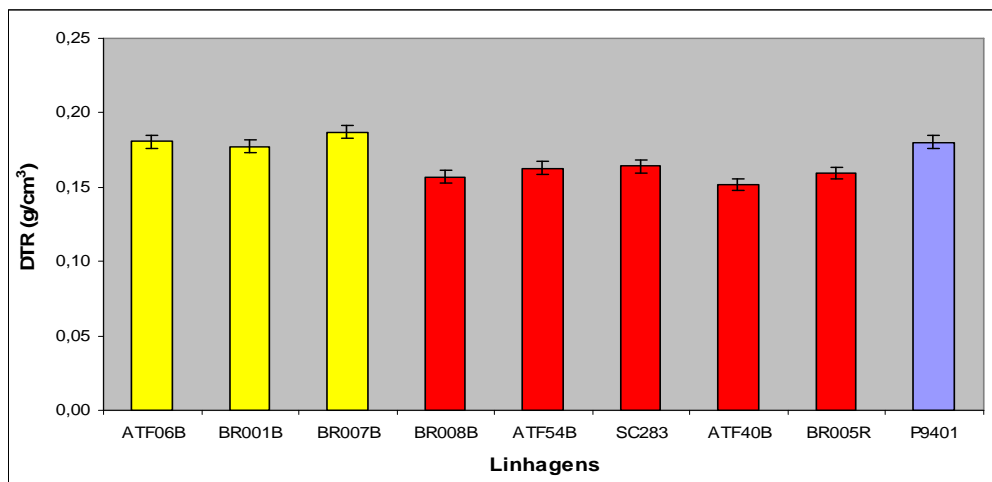
As médias apresentadas pelas linhagens para as características ASTR, VR, CRMF, CRF e ASRF seguiram o mesmo perfil de médias apresentado pelas características das Figuras 1 e 2. O CE não apresentou diferenças significativas entre linhagens pelo teste F a 5% de probabilidade. Entretanto, pode-se verificar pelo cálculo do erro padrão que existem diferenças entre as médias das linhagens (Figura 3). O CE também não separou as linhagens eficientes das ineficientes, mas as quatro maiores médias de CE são apresentadas por linhagens eficientes e as duas menores por linhagens ineficientes, indicando uma possível relação entre eficiência e CE em sorgo. Esta relação evidencia a importância de aspectos rizeoeconômicos (custo de massa radicular por potencial retorno) na adaptação das plantas de sorgo em ambientes de estresse de fósforo.



**Figura 3** – Médias de Comprimento Específico (CE) de linhagens de sorgo cultivadas em solos com baixo nível de fósforo. As linhagens em amarelo, vermelho e azul são respectivamente, ineficientes, eficientes e não-classificada quanto à eficiência de produtividade de grãos em baixo P.

A característica que melhor agrupou as linhagens eficientes, separando-as das ineficientes foi a densidade de tecido de raiz (DTR). Esta característica está relacionada com características anatômicas das raízes, como a formação de aerênquima, e com a taxa de crescimento radicular. Verifica-se na Figura 4 que as linhagens eficientes apresentam as médias menores que as linhagens ineficientes, indicando que as plantas com superior adaptação são capazes de desenvolver raízes com uma menor densidade dos seus tecidos, reduzindo assim, o gasto metabólico com a taxa respiratória das raízes (Lynch, 2005).

Os programas de melhoramento de sorgo podem explorar melhor a variabilidade genética existente para características do sistema radicular das plantas cultivadas em estresse de fósforo. Os resultados indicam que o CE está relacionado com a eficiência das plantas de sorgo em estresse de fósforo e a densidade de tecido de raiz foi a característica mais informativa para seleção de plantas de sorgo com superior adaptação por estar associada aos mecanismos de adaptação das plantas em estresse de fósforo.



**Figura 4** – Médias de Densidade de Decido de Raiz (DTR) de linhagens de sorgo cultivadas em solos com baixo nível de fósforo. As linhagens em amarelo, vermelho e azul são respectivamente, ineficientes, eficientes e não-classificada quanto à eficiência de produtividade de grãos em baixo P.

### Referências Bibliográficas

- Bhom W, **Methods of studying root systems**. New York: Springer-Verlag, 1979. 189p.
- Bouma TJ, Nielson KL, Koutstaal BAS (2000) Sample preparation and scanning protocol for computerized analysis of root length and diameter. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.218, p.185-196.
- Caniato FF (2005) **Diversidade genética para tolerância ao alumínio em sorgo (Sorghum bicolor[L.] Moench**. M.Sc. UFV, Viçosa, MG.
- Cantão FRO (2007) **Marcadores morfológicos de raiz em genótipos de milho contrastantes para tolerância à seca em resposta a estresses de fósforo e alumínio**. M.Sc.UFLA, Lavras, MG.
- FAO (2005) <http://apps.fao.org/>.
- Fitter AH (1991) The ecological significance of root system architecture: an economic approach. *In: Plant Root Growth: an Ecological Perspective*. pp 229–243. Blackwell Scientific Publishers, London.
- Lynch JP, Brown KM (2001) Topsoil foraging: an architectural adaptation adaptation to low phosphorus availability. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.237, n.2, p.225-237.
- Lynch JP, HO MD (2005) Rhizoeconomics: carbon costs of phosphorus acquisition. **Plant and Soil**, The Hague, v. 269, n. 1-2, p. 45-56.
- Ryser P, Lambers H (1995) Root and leaf attributes accounting for the performance of fast- and slow-growing grasses at different nutrient supply. **Plant Soil**, v.170 p251–265.
- Schaffert RE, Alves VMC, Pitta GVE, Bahia Filho AFC, Santos FG (2001) Genetic variability in sorghum for P efficiency and responsiveness, *In: Plant Nutrition – Food Security and Sustainability of Agro-ecosystems* 72-73, Kluwer Academic Publishers. Netherlands.
- Sharpley AN, McDowell RW, Kleimman PJA (2001) Phosphorus loss from land to water: integrating agriculture and environmental management. **Plant and Soil**, The Hague, v. 237 p. 287-307.