

DESENVOLVIMENTO RADICULAR DA CANA-DE-AÇÚCAR EM SOLOS ADENSADOS FRENTE AOS USOS DE IRRIGAÇÃO, GESSO E TORTA DE FILTRO

Gustavo A. S. Suarez¹; Doracy Pessoa Ramos²; Lourenço de A. Pereira³; Luiz de Moraes Rego Filho⁴

(¹Engenheiro Florestal da Prefeitura de Miracema; ²Professor Emérito da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro e da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro;

³Engenheiro Agrônomo da Prefeitura de Carapebus; ⁴Pesquisador da Pesagro-Rio)

INTRODUÇÃO

A presença de horizontes subsuperficiais geneticamente adensados é característica marcante nos solos de tabuleiro da região Norte Fluminense, o que decorre da pequena estabilidade dos agregados em consequência dos seus baixos conteúdos de sesquióxidos de ferro e alumínio. São creditados à formação desses horizontes coesos e adensados a ação de agentes cimentantes, como alumínio, sílica e ferro, todos sob forma amorfa. Por outro lado, o estudo de doze perfis de solos dos Tabuleiros da região não encontrou maiores evidências dessas participações, associando a alta coesão dos horizontes dos seus perfis à argila naturalmente dispersa e ao entupimento dos poros pela areia fina.

Embora a causa dessa coesão e adensamento seja ainda uma controvérsia, o que se constata, em geral, é que sua presença prejudica a dinâmica da água e limita a profundidade efetiva do sistema radicular da maioria das plantas cultivadas. Esse fato, que é causado pela alta força de pressão necessária à deformação ou cisalhamento do solo pelo sistema radicular nos horizontes de elevada densidade e de baixo volume de macroporos, é considerado na região uma das principais limitações ao seu uso agrícola. No espaço onde a raiz se desenvolve, duas forças são protagonistas e antagônicas: a da pressão radicular e a da impedância mecânica exercida pelas partículas primárias e secundárias dos solos. Nesse ambiente de confronto, fatores físicos como umidade, aeração e temperatura são importantes para a dimensão e proporção que cada força exercerá uma sobre a outra. A pressão máxima que uma raiz pode exercer durante o crescimento varia de 0,9 a 11,3 MPa, e, dependendo do tipo da planta, a elongação radicular pode cessar quando a resistência à penetração alcança valores entre 0,8 e 5,0 MPa. Embora seja evidente a restrição desses horizontes adensados ao desenvolvimento da cana-de-açúcar nos solos da região Norte Fluminense, nos quais a produtividade média é de 40 Mg ha⁻¹ ano⁻¹, poucas são as informações de pesquisa disponíveis e relacionadas ao desenvolvimento do seu sistema radicular.

Baseado nos estudos da reversibilidade do estado de consistência desses solos com o simples aporte de umidade e nos sucessos alcançados por vários autores com o uso da matéria orgânica e do gesso no favorecimento de condições físicas de solos adensados, este trabalho realizou estudos de laboratório e de campo para medição de indicadores referentes à resistência mecânica e das ações da irrigação, do uso do gesso e da torta de filtro no desenvolvimento do sistema radicular da cana-de-açúcar nos solos adensados do Estado do Rio de Janeiro, objetivando contribuir para o seu melhor uso e manejo.

MATERIAL E MÉTODOS

Os trabalhos de campo foram desenvolvidos em área plana de 1,2 hectare da Usina Quissamã, localizada na latitude de 22 09' e longitude de 41 27', que tem como principais dados morfológicos e laboratoriais de seu perfil padrão os apresentados no Quadro 1.

Quadro 1. Características morfológicas e laboratoriais dos horizontes do perfil padrão de solos da área experimental. Campos dos Goytacazes - RJ, 2015.

CARACTERÍSTICAS	HORIZONTES			
	Ap	ABpx	BAx	Btx
Profundidade (cm)	0-14	14-25	25-37	37-108+
Argila (%)	22	28	42	46
Consistência (seca)	lig. dura	dura	m.dura	m.dura
Estrutura	fpg	fpg	mpbl	Mpbl
Ds (g.cm ⁻¹)	1,66	1,69	1,70	1,69
Dp (g.cm ⁻¹)	2,61	2,58	2,57	2,49
Carbono (g.kg ⁻¹)	5,8	2,2	1,1	1,0
CTC (cmolc.kg ⁻¹)	6,20	5,30	6,50	6,42
Umidade no pmp(%)	7,10	7,00	7,32	6,81
Umidade na c.c (%)	14,10	14,90	15,10	14,20

Lig = ligeiramente; m = muito; fpg = fraca, pequena, granular; mpbl = moderada, pequena, blocos; Ds = densidade do solo; Dp = densidade da partícula; Pmp = ponto de murchamento permanente; c.c= capacidade de campo.

De acordo com a EMBRAPA, essas terras pertencem à classe dos Argissolos Amarelos Distróficos fragipânicos, A moderado, textura média/argilosa. O clima dominante na região é do tipo “Am”, tropical chuvoso, com precipitação média de 1.023 mm.

A cultura utilizada foi a cana-de-açúcar, variedade RB855536 (SP 70-1143 X RB72454), estudada no ciclo da cana-planta. Para todos os horizontes do perfil padrão, amostras indeformadas (30 por horizonte) foram coletadas e nelas determinados os teores de umidade em diferentes formas de consistência e as tensões de ruptura livre de carga pelo método de compressão axial simples. As médias dessas determinações são apresentadas no Quadro 2.

Quadro 2. Valores de tensão de ruptura (MPa) e umidade (%) nas diferentes consistências dos horizontes do perfil, Campos dos Goytacazes - RJ, 2006.

HORIZONTES	CONSISTÊNCIA					
	Dura ou muito dura		Ligeiramente dura		Friável	
	Tensão	Umidade	Tensão	Umidade	Tensão	Umidade
Ap	0,14b	3,19a	0,10b	7,22ab	0,03a	11,00bc
ABpx	0,32a	2,74a	0,10b	8,56a	0,05a	10,46c
BAx	0,29a	1,89a	0,15b	5,84b	0,05a	12,24b
Btx	0,33a	2,35a	0,18a	6,70b	0,05a	14,19a

Médias seguidas por letras iguais na mesma coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (5%).

Subdividiu-se a área experimental em duas (I e II) para as irrigações por sulco diferenciadas quanto ao cálculo da água de reposição. Na irrigação I, definida como umidade no ponto de friabilidade, a água de reposição foi calculada para os primeiros 40,0 cm a partir dos dados do Quadro 2, mantendo-se o solo sempre friável numa umidade superior a 12,1%. Na irrigação II, denominada convencional, a umidade do solo foi mantida igual ou superior a 30% de sua capacidade de armazenamento.

Monitorou-se a umidade dos primeiros 40,0 cm do solo pelo método gravimétrico. Em cada subárea, foram alocadas aleatoriamente quatro parcelas experimentais nas quais se aplicaram os tratamentos: S - sequeiro (sem irrigação); T - testemunha (apenas irrigação); G - gesso (gesso e irrigação) e To – torta (torta de filtro e irrigação). O delineamento foi de blocos ao acaso com três repetições. As dosagens de gesso e de torta de filtro aplicados a lanço e na linha de plantio foram respectivamente de 0,5 Mg ha⁻¹ e 20 Mg ha⁻¹.

Antes do plantio, aplicou-se a lanço calcário dolomítico (83% PRNT) na dosagem de 480 kg ha⁻¹ e no sulco 400 kg ha⁻¹ de N-P-K na formulação 0-30-15. Para avaliação do desenvolvimento radicular, foram utilizados dois métodos. O primeiro, baseado na metodologia de avaliação da distribuição de raízes em perfil por processamento digital (PFR) e o segundo, na metodologia de monólitos de raízes (MNR) de Bohm. No PFR, avaliou-se, separadamente, nos quadrantes diferenciados por largura e profundidade em relação ao colmo das plantas (Fig.1), a área de abrangência das raízes a partir de imagens geradas e processadas pelo programa Quantroot.

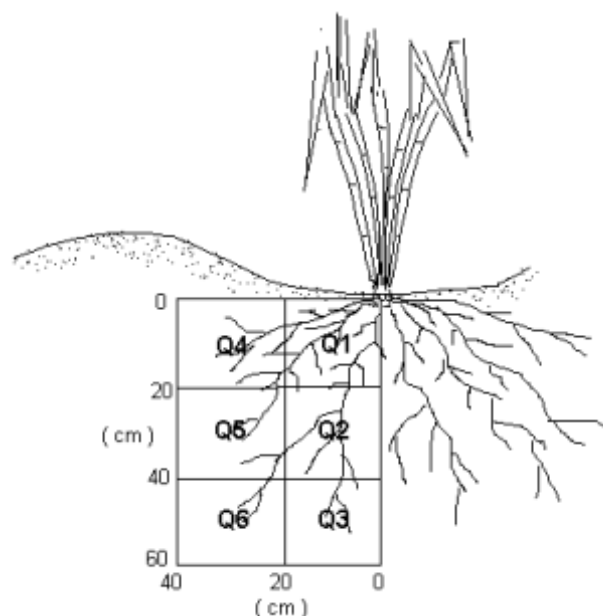


Figura 1. Croqui indicador da localização e distribuição dos quadrantes utilizados para coleta e avaliação do desenvolvimento das raízes.

Nos monólitos formados por blocos de solos de 40 cm x 50 cm x 60 cm, obtidos pela introdução de uma prancha de pregos e de uma lâmina no perfil do solo com ajuda de um macaco hidráulico, foram avaliados, também por quadrantes, os comprimentos das raízes. Nesse caso, as raízes foram separadas em duas classes de diâmetro: as finas (0 - 2 mm) e as grossas (2 - 5 mm). Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A consistência muito dura, típica desses solos, foi obtida a partir do horizonte ABpx com valores de tensão de ruptura superiores a 0,29 MPa e muito baixo teor de umidade (2,79%), independente do teor de argila presente (Quadro 2). Esse valor de tensão, inferior a 1,72 MPa e a 0,92 MPa para camadas compactadas em ensaios com penetrômetro com tensão confinante, são mais adequados aos propósitos do presente estudo, por terem sido obtidos na mesma condição de avaliação da consistência do solo no campo, a de tensão livre.

Segundo o Quadro 2, o valor de tensão de ruptura mais relacionado ao início da friabilidade está em torno de 0,05 MPa, bem abaixo das tensões de 0,9 e 11,3 MPa, como possíveis de serem exercidas pelas plantas para o bom desenvolvimento de seus sistemas radiculares. Essa tensão de 0,05 MPa corresponde, para os horizontes mais adensados Bx e Btx da área experimental, às umidades de 12,2 e 14,2%, respectivamente, valores esses superiores a 1/3 da capacidade de armazenamento do solo (Quadro 1).

Embora as duas subáreas tenham recebido totais de água semelhantes durante a experimentação, a subárea II, com irrigação convencional, apresenta nas épocas mais secas valores próximos a 10% de umidade (Fig. 2), que corresponderia a tensões de 0,1 MPa e, portanto, ao limite entre friabilidade e dureza.

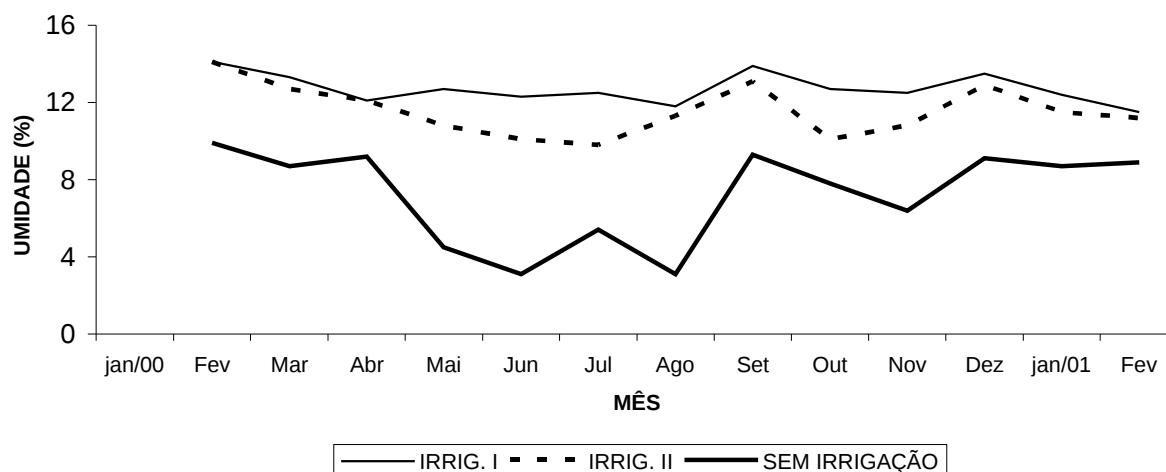


Figura 2. Variação da umidade do solo das áreas irrigadas I e II e sem irrigação durante o período experimental. Campos dos Goytacazes – RJ. 2015.

A Figura 2 mostra, também, que os valores obtidos para as parcelas não irrigadas estiveram sempre com teores de umidade abaixo da friabilidade, sendo que, entre os meses de abril e agosto, foram inferiores ao do ponto de murchamento (6,81%). A influência desse baixo teor de umidade para o desenvolvimento do sistema radicular da cana-de-açúcar é claramente visualizada nas imagens pictoriais (Fig. 3) e detectadas nos seus valores processados (Quadro 3) com efeitos muito semelhantes nos dois tipos de irrigação utilizados (I e II), suficientes para aumentar, nos quadrantes mais afastados da linha de projeção do colmo das plantas (4; 5 e 6), a área de abrangência do sistema radicular da testemunha (apenas irrigada) em relação às parcelas de sequeiro em mais de 100%.

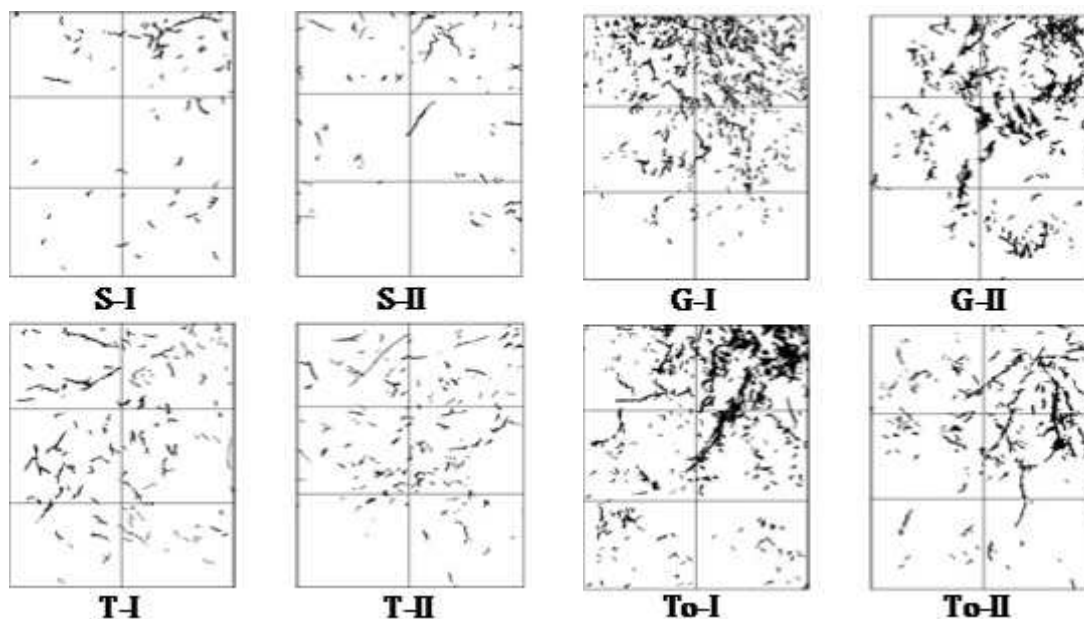


Figura 3. Imagens pictoriais de raiz binarizadas geradas pelo programa Quantroot para os diferentes tratamentos nas áreas I e II, Campos dos Goytacazes – RJ. 2015.

Quadro 3. Valores de área de abrangência das raízes (cm²) processados pelo programa Quantrot para os diferentes tratamentos, quadrantes e subáreas de irrigação I e II, Campos dos Goytacazes - RJ, 2015.

QUADRANTE	TRATAMENTO							
	Irrigação I				Irrigação II			
	S	T	G	To	S	T	G	To
1º	19,54 a	17,20 a	89,30 a	139,80 a	10,70 a	9,40 ab	78,60 a	47,50 a
2º	4,40 b	18,60 a	26,60 c	32,00 b	5,00 ab	14,30 a	50,80 b	50,80 a
3º	5,40 b	5,50 bc	1,70 e	7,50 c	3,70 ab	4,70 ab	19,80 d	6,30 b
4º	5,70 b	14,50 ab	57,50 d	15,10 c	5,80 ab	12,70 a	35,60 c	13,10 b
5º	0,70 b	12,30 abc	14,90 d	16,60 c	3,10 ab	10,70 ab	11,50 de	13,30 b
6º	1,72 b	4,60 c	3,50 e	13,40 c	0,70 b	1,45 b	7,80 e	4,30 b

S = sequeiro; T = testemunha; G = gesso; To = torta.

Letras iguais na mesma coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (5%).

No tratamento sequeiro, além do pequeno desenvolvimento do sistema radicular, é nítido que as raízes concentram-se nos quadrantes 1 e 4, situados acima da camada adensada.

Os dados do Quadro 3 mostram, ainda, que os tratamentos torta e gesso apresentaram elevado efeito sobre o desenvolvimento do sistema radicular da cana-de-açúcar, em especial no que se refere aos quadrantes mais próximos da linha de projeção do colmo (1 e 2), nos quais superaram as médias obtidas pelo tratamento testemunha em, no mínimo, 50% da área de abrangência.

Resultados semelhantes aos descritos foram obtidos pela análise de variância do comprimento de raízes (Quadro 4) e das médias das interações (Quadro 5) nos monólitos, com efeitos altamente significativos entre irrigações, tratamentos, quadrantes e suas interações.

Quadro 4. Resumo da Análise de Variância dos valores de comprimento de raízes. Campos dos Goytacazes - RJ, 2015.

FONTE DE VARIAÇÃO	GL	QM
Bloco	2	NS
Tratamento	3	6855**
Irrigação	1	707**
Quadrante	5	7299**
Trat x Irrigação	3	472**
Trat x Quadrante	15	1707**
Irri x Quad	5	1120**
Trat x Irri x Quad	15	554**
Erro	94	15
Total	143	-
CV%	19,5	

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

A irrigação I obtém, no quadrante 1, a maior média de crescimento de raízes, sobressaindo-se sobre as demais médias da interação área/quadrante em mais de 80% de seus valores absolutos (Quadro 5). A maior eficiência desse sistema de irrigação sobre o denominado convencional (II) pode ser creditada à maior permanência das camadas superficiais do solo da subárea I na umidade igual ou superior ao da friabilidade (Fig. 2), condição considerada mais favorável ao desenvolvimento do sistema radicular. Confirmando os resultados obtidos no PFR, os tratamentos torta e gesso sobressaíram-se sobre os demais nas duas subáreas em mais de 80% de seus valores médios absolutos. Essa superação, no que diz respeito à torta de filtro, é mais evidente nos quadrantes 1 e 2 e decorre, certamente, de sua aplicação localizada no sulco de plantio e da sua comprovada ação na retenção de umidade. De fato, os dados médios obtidos na interação tríplice, irrigação x quadrante x tratamento, não só comprovaram a maior eficiência da irrigação I (friabilidade) no desenvolvimento radicular nas camadas superiores do solo (quadrante 1), como também o elevado efeito do uso da torta nesse desenvolvimento.

Quadro 5. Valores de comprimento de raízes (m m^{-3}) das seis primeiras e duas últimas médias classificadas das interações analisadas. Campos dos Goytacazes – RJ, 2006.

INTERAÇÕES (MÉDIAS)			
Trat x Irri	Irri x Quad	Trat x Quad	Trat x Irri x Quad
To I 374 a	I 1 664 a	To 1 936 a	To I 1 1398 a
G II 340 a	II 1 365 b	G 1 839 a	G I 1 893 b
G I 325a b	II 2 302 bc	G 4 465 b	G II 1 786 b
To II 225 b	I 4 232 cd	To 2 414 b	G I 4 575 c
T I 121 c	II 2 204 cde	G 2 387 b	G II 2 508 c
T II 88 c	II 4 168 def	T 2 164 cd	To II 2 508 c
S I 62 c	II 5 50 g	S 5 192 d	S II 5 7,4 d
S II 48 c	II 6 35 g	S 6 121 d	S II 6 7,0 d

Trat= tratamento; Irri= irrigação; Quad= quadrante; S=sequeiro; T=testemunha; G=gesso; To=torta; I e II= irrigações; 1 a 6= numeração dos quadrantes.

Letras iguais na coluna não se diferenciam estatisticamente pelo teste de Tukey 5%.

Ao se desdobrar essa análise por diâmetro de raiz (Fig. 4), as raízes finas, com diâmetro inferior a 2 mm, apresentaram melhor desenvolvimento que as grossas em todas as profundidades e tratamentos.

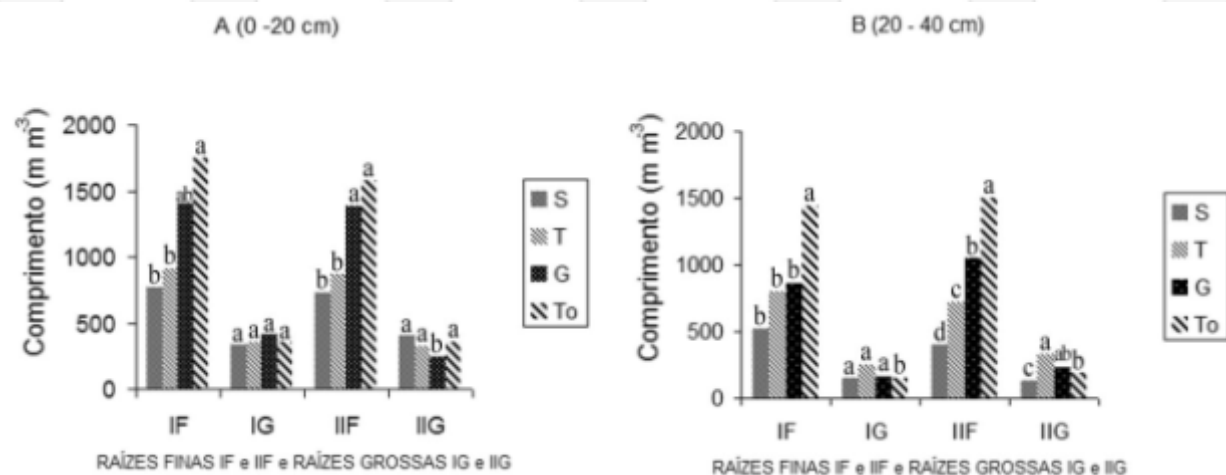


Figura 4. Comprimento de raízes finas (IF e IIF) e grossas (IG e IIG), nas profundidades de 0 – 20 cm (A) e 20 – 40 cm (B) para os tratamentos Sequeiro (S), Testemunha (T), Gesso (G) e Torta (To). Letras iguais na mesma sequência não se diferenciam estatisticamente pelo teste de Tukey a 5%.

Esse fato comprova que existe relação entre o tipo de porosidade e o diâmetro de raízes, o que ocorre por elas serem ramificações secundárias das grossas e, nesses solos, seu diâmetro estar mais próximo ao da porosidade reinante. Esse melhor desenvolvimento alcança maior expressão com os tratamentos gesso e torta na profundidade de 20 – 40 cm, onde o valor médio de comprimento das raízes finas chega a ser 9,6 vezes maior que o das raízes grossas quando se aplica a torta de filtro.

Constatou-se, ainda, que, nas parcelas sem irrigação (sequeiro), as raízes finas apresentaram menor desenvolvimento em relação às parcelas irrigadas, admitindo-se, portanto, que a rigidez dos poros nas profundidades em que é maior o adensamento do solo (20 - 40 cm) foi determinante para o seu pequeno desenvolvimento. Para essas raízes finas, o uso da torta de filtro aumentou em mais de 100% o seu crescimento em relação aos tratamentos sequeiro e testemunha, fato já constatado nas avaliações dos perfis (PFR). Essa constatação é mais evidente na camada entre 0 – 20 cm, e ela é devida ao efeito benéfico da torta, que faz aumentar a porosidade do solo, diminuindo, assim, a resistência à penetração das raízes. A aplicação do gesso também favoreceu o crescimento das raízes finas. Além dele se constituir em mais uma fonte de cálcio, elemento fundamental na nutrição vegetal, seu efeito agregador das partículas primárias melhoram as condições físicas e ou mecânicas do ambiente de crescimento das raízes. A porosidade total das camadas adensadas dos solos de tabuleiro não é baixa, mas seus poros são de baixo diâmetro. Dessa forma, eles não causariam grande dificuldade à drenagem, mas sim ao desenvolvimento das raízes mais grossas.

No caso presente, é provável que as raízes grossas tenham encontrado grande dificuldade em abrir espaços para o seu desenvolvimento em face da alta resistência à deformação da camada adensada. Devido às pequenas diferenças obtidas entre tratamentos para as raízes grossas, em especial para as camadas mais profundas e de maior adensamento (Fig. 4), pode-se admitir que o pequeno volume de poros de maior diâmetro e a resistência à deformação do solo foram mais determinantes para o seu pequeno desenvolvimento do que os tratamentos utilizados.

É interessante mencionar que os valores de comprimento das raízes grossas das parcelas do sequeiro, na camada entre 0 e 20 cm, são iguais estatisticamente ou mesmo superiores aos obtidos para os demais tratamentos. Da mesma forma, existe boa produção de raízes grossas nas camadas superiores dos solos adensados, como forma de compensar o baixo desenvolvimento delas nas camadas mais profundas.

Mesmo considerando que o sistema de classificação de Bohm não relacione o tamanho de raiz com a função fisiológica de cada uma, a presença e distribuição de raízes por diâmetro nesses solos são tão importantes que a ausência de raízes com diâmetro superior a cinco milímetros leva a admitir que as raízes grossas (dois a cinco milímetros) exerçam nesse solo o papel de sustentação e, assim, concorram com o seu baixo crescimento nas camadas inferiores para um elevado risco de tombamento da cultura ao final do seu ciclo vegetativo.

CONCLUSÕES

- Os dois métodos utilizados (PFR e MNR) permitiram monitorar a medição de campo da área de abrangência e do comprimento do sistema radicular da cana-de-açúcar em resposta aos tratamentos aplicados.
- O estado seco dos horizontes adensados, no qual a consistência é muito dura e a tensão de ruptura de 0,29 MPa, é determinante para o pequeno desenvolvimento do sistema radicular da cana-de-açúcar.
- A melhor condição de desenvolvimento do sistema radicular nos solos estudados foi obtida no estado de friabilidade, que tem início na tensão de ruptura de 0,05 MPa e umidade de 12%.
- O uso da irrigação foi suficiente para aumentar em 100% a área de abrangência do sistema radicular em relação ao tratamento sequeiro nos quadrantes mais afastados da linha de projeção do colmo.
- O uso da torta de filtro e de gesso superou em mais de 60% o comprimento e a área de abrangência das raízes finas, comparativamente aos tratamentos sequeiro e testemunha em todos os quadrantes analisados.

- As raízes grossas de diâmetro superior a 2 mm tiveram menor desenvolvimento que as raízes finas em todos os tratamentos e profundidades, com presença praticamente limitada às camadas superiores não adensadas do solo.

REFERÊNCIAS

Suarez, G. A. S. Minimização das Restrições Físicas da Camada Adensada dos Solos de Tabuleiro e sem Efeito no Desenvolvimento do Sistema Rodeante da Cana-de-Açúcar. 2003. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro.