

# “Relações de resistência mecânica à penetração e produtividade do milho doce”

**ALCEU PEDROTTI<sup>(1)</sup>, ELOÁ MOURA ARAUJO<sup>(2)</sup>, SÉRGIO CARLOS RESENDE<sup>(3)</sup>, FERNANDO D. CINTRA<sup>(4)</sup>, ELOY ANTONIO PAULETTO<sup>(5)</sup>, ANDRÉ FRANCISCO DA F. MACHADO<sup>(6)</sup> & EVERTON BARBOSA BEZERRA<sup>(7)</sup>**

**RESUMO** - Ao longo do tempo, o manejo intensivo do solo altera suas condições físicas. Características, estas, capazes de influenciar a disponibilidade de água, de oxigênio, resistência mecânica a penetração e, conseqüentemente, o desenvolvimento e produtividade das plantas. Sistemas de cultivo que promovem menor revolvimento do solo (sistemas conservacionistas) podem reduzir os efeitos da compactação e a associação com rotação de culturas potencializa sua capacidade de regenerar as propriedades físicas perdidas, além de trazer significativas vantagens econômicas. Tendo em vista estas vantagens, neste estudo visou-se a análise da resistência mecânica a penetração um sistema de faixas experimentais com três repetições dispostas em blocos compostos por 12 tratamentos que associam três manejos de solos (CC – cultivo convencional, CM – cultivo mínimo, PD – plantio direto) e quatro plantas de cobertura (amendoim, feijão, guandu e crotalária) em sucessão a cultura do milho doce (*Zea mays* L.). Houve diferença significativa nos valores de Resistência Mecânica à Penetração, do solo submetido aos diferentes sistemas de cultivo. O plantio direto apresentou maior resistência mecânica na camada até 10 cm, a crotalária apresentou menores valores de resistência mecânica no cultivo convencional, sendo que o amendoim foi a cultura que apresentou menores valores de resistência mecânica no plantio direto.

**Palavras-Chave:** (resistência a penetração; produtividade; plantio direto)

## Introdução

As plantas necessitam de solos com condições físicas favoráveis para o seu desenvolvimento adequado. Essas condições determinam os fluxos de água, calor e gases no solo. A umidade do solo, por sua vez, controla a aeração, a temperatura e a resistência mecânica do solo, as quais são afetadas pela densidade do solo e distribuição do tamanho de poros. Esses

fatores físicos interagem e regulam o crescimento e a funcionalidade das raízes, com reflexo no crescimento e produtividade dos cultivos (Collares [1]).

A estrutura do solo pode ser alterada por práticas de manejo, influenciando a produtividade das culturas por meio das alterações na disponibilidade de água, na difusão de oxigênio e na resistência do solo à penetração das raízes (Tormena et al. [2]). O plantio direto modifica as condições do solo, em taxas e direções diferentes das observadas em sistemas de manejo que incluem o seu revolvimento (Reichert et al. [3]). No entanto, a ausência de revolvimento do solo, associada à maior intensidade de uso da terra, expõe o solo a intenso tráfego de máquinas em condições inadequadas de umidade e contribui para alterar a qualidade estrutural do solo, o que acarreta aumento da compactação em muitas áreas manejadas sob esse sistema (Collares [1]).

Na literatura há indicações de que algumas plantas podem minimizar os efeitos negativos da degradação dos solos, por meio da melhoria na agregação e estrutura (Wohlenberg et al. [4]). Quanto mais o sistema radicular penetrar no solo, tanto maior será a produção de biomassa, além de promover a descompactação do solo (Sodré Filho [5]). Segundo Wohlenberg et al. [4] espécies de cobertura, aliadas às práticas de manejo e conservação, recuperam ou mantêm características físicas do solo. Bayer, Mielniczuk e Pavinato [6] ressaltam a hipótese é de que a utilização de culturas leguminosas para cobertura do solo em plantio direto, num sistema de sucessão ou rotação com culturas comerciais não leguminosas, resultará num incremento da disponibilidade de N.

Heredia Zárate [7] citando vários autores afirma que uma cultivar de milho para ser recomendado ao consumo "in natura" (milho-verde), deve apresentar espigas grandes, cilíndricas, bem empalhadas e bem granadas; grãos tipo dentado, de cor amarela e profundos; "cabelo" claro e solto; sabugo de coloração branca e grãos com endurecimento relativamente lento, possibilitando período de colheita mais longo. Os principais fatores que influenciam a produtividade da cultura do milho são a adubação nitrogenada, a população de plantas, o material

<sup>(1)</sup> Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Agrônoma – DEA, da Universidade Federal de Sergipe - UFS. Av. Marechal Rondon, s/n., Campus Universitário, Jardim Rosa Elze, São Cristóvão, SE, CEP 49100-000. E-mail: [apedroti@ufs.br](mailto:apedroti@ufs.br).

<sup>(2)</sup> Discente do Curso de Engenharia Agrônoma do Departamento de Engenharia Agrônoma – DEA, da Universidade Federal de Sergipe - UFS. Av. Marechal Rondon, s/n., Campus Universitário, Jardim Rosa Elze, São Cristóvão, SE, CEP 49100-000. E-mail: [eloama@hotmail.com](mailto:eloama@hotmail.com).

<sup>(3)</sup> Mestrando – NEREN– UFS Av. Marechal Rondon, s/n., Campus Universitário, Jardim Rosa Elze, São Cristóvão, SE, CEP 49100-000. E-mail: [scarlosresende@yahoo.com.br](mailto:scarlosresende@yahoo.com.br).

<sup>(4)</sup> Embrapa Tabuleiros Costeiros, Av. Beira Mar nº 3250, CEP 49000-000, Aracaju-SE. E-mail: [fcintra@cpac.embrapa.br](mailto:fcintra@cpac.embrapa.br).

<sup>(5)</sup> FAEM – Universidade Federal de Pelotas, Campus Universitário, Capão do Leão, RS., CEP 5400-100, E-mail: [pauletto@terra.com.br](mailto:pauletto@terra.com.br)

<sup>(6)</sup> Discente do Curso de Engenharia Agrônoma do Departamento de Engenharia Agrônoma – DEA, da Universidade Federal de Sergipe - UFS. Av. Marechal Rondon, s/n., Campus Universitário, Jardim Rosa Elze, São Cristóvão, SE, CEP 49100-000. E-mail: [andreffm@hotmail.com](mailto:andreffm@hotmail.com).

<sup>(7)</sup> Discente do Curso de Engenharia Agrônoma do Departamento de Engenharia Agrônoma – DEA, da Universidade Federal de Sergipe - UFS. Av. Marechal Rondon, s/n., Campus Universitário, Jardim Rosa Elze, São Cristóvão, SE, CEP 49100-000. E-mail: [bezerra\\_evertton@hotmail.com](mailto:bezerra_evertton@hotmail.com)  
Apoio financeiro: CAPES e CNPq.

genético e o clima (Costa et al. [8]). O milho é uma das culturas mais exigentes em fertilizantes, especialmente os nitrogenados (Veloso et al. [9]).

O milho-doce, utilizado principalmente como milho verde, tanto in natura como para processamento, difere do milho comum, não por suas características taxonômicas, mas pelo alto teor de açúcares e baixo teor de amido, ambos resultantes da ação de genes recessivos individuais ou associados em combinações duplas ou triplas (Paiva et al. [10]).

Com o objetivo de avaliar a resistência mecânica do solo a penetração, avaliou-se um experimento no seu sexto ano de condução (2007), em que se associa 3 sistemas de manejo (cultivo convencional, mínimo e plantio direto) com quatro culturas (crotalária, feijão guandu, amendoim e feijão) antecedentes a cultura do milho doce.

## Material e Métodos

O estudo vem sendo desenvolvido desde 2001 no Campus Rural do Departamento de Engenharia Agrônoma – DEA, da Universidade Federal de Sergipe – UFS, localizado na porção central da região fisiográfica do Litoral, a 15 km de Aracaju; em solo classificado como Argissolo Vermelho Amarelo, conforme Embrapa [11].

Neste experimento, na safra de 2007, estuda-se o sistema de cultivo convencional – CC (composto de gradagem com grade niveladora de discos + aração com arado de discos + gradagem), cultivo mínimo – CM (composto de 1 ou 2 gradagens com grade niveladora de discos, sendo que a segunda gradagem quando há incidência considerável de invasoras) e plantio direto – PD (consistindo do não revolvimento do solo e controle de invasoras através de herbicida e/ou capina manual).

As culturas utilizadas em sucessão são feijão (*Phaseolus vulgaris*) e amendoim (*Arachis hipogea*) como plantas comerciais, e Guandu (*Cajanus cajan*) e Crotalária (*Crotalaria juncea*) como plantas de cobertura. Utilizou-se o esquema de faixas experimentais sendo os tratamentos de manejo de solo dispostos como faixas e os de plantas de cobertura distribuídos ao acaso.

Para controle de invasoras durante o ciclo das diferentes culturas e sistemas de manejo estudados, quando necessário, utilizou-se capina através de enxada e manual. A adubação e a calagem foram feitas de acordo com a análise química do solo, segundo recomendações técnicas normais em condução de experimento de campo.

Na determinação da resistência mecânica à penetração foi utilizado o penetrômetro de impacto modelo IAA/Planalsucar-Stolf (Stolf et al. [12]), com as seguintes características: peso da carga móvel 4.000,0 g, curso de queda livre 40,0 cm, ângulo do cone da extremidade da ponta da haste 30°, diâmetro da haste metálica 0,95 cm e peso total do equipamento 7.200,0 g, fazendo-se as leituras até a profundidade até 40 cm, em todas as parcelas (36 no total), após a

colheita da cultura do milho doce, com três repetições, sendo os valores de leitura obtidos em  $\text{Kgf/cm}^2$ , e posteriormente transformado em MPa ( $1 \text{ Kgf/cm}^2 = 0,0981 \text{ MPa}$ ).

Desta forma, estudou-se 12 tratamentos, que derivam da associação dos três sistemas de manejo de solos com as quatro culturas antecedentes ao milho. Utilizou-se o esquema de faixas experimentais (Pimentel Gomes, 1990) com três repetições, sendo os tratamentos de manejo de solo dispostos como faixas e os de sucessão de culturas distribuídos ao acaso para cada sistema de manejo. As parcelas possuem área total de  $60 \text{ m}^2$  (6 m X 10 m), com espaço entre faixas para permitir a manobra de máquinas e implementos sem prejuízo da faixa vizinha e seguindo o sistema de irrigação por aspersão implantada no local.

O parâmetro de avaliação da produtividade do milho-doce foi o peso de espigas; sendo este relacionado para cada um dos sistemas de preparo do solo e cultivo do milho doce.

Para avaliação e análise estatística dos parâmetros físicos avaliados utilizou-se o teste de médias de Tukey ao nível de significância de 5% de probabilidade através do programa Sisvar (Ferreira [13]).

## Resultados

Analisando a Tabela 1, as parcelas onde foi cultivada a espécie Crotalária, a resistência mecânica à penetração foi menor no cultivo convencional nas profundidades de 0 a 10 cm e de 20 a 30 cm, indicando que a crotalária promoveu uma melhor estruturação do solo, exceto na profundidade de 20 a 30 cm.

Os resultados obtidos de resistência mecânica do solo a penetração e de produtividade do milho quando cultivado em três sistemas, associados as quatro diferentes culturas, após seis anos de cultivo, são mostrados nas Tabelas 2, 2.3. E em todas houve diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade.

Observa-se na Tabela 2 que, na profundidade de 0 a 10 cm, o Plantio Direto obteve uma maior Resistência Mecânica à Penetração em relação ao cultivo convencional e cultivo mínimo.

A análise da Tabela 3 mostra que nas parcelas onde foi cultivada a espécie Crotalária observou-se uma maior produtividade do milho-doce nos Cultivo Convencional e Cultivo Mínimo comparado às outras culturas (Guandu, Feijão e Amendoim), sendo que no Plantio Direto, nas parcelas onde foi cultivado Feijão, apresentou uma maior produtividade de milho-doce.

## Discussão

Analisando a Tabela 1, observa-se que houve diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade entre os tratamentos. Nas parcelas onde foi cultivada a espécie Crotalária, a resistência mecânica à penetração foi menor no cultivo convencional nas profundidades de 0 a 10 cm e de 20 a 30 cm, indicando que a crotalária promoveu uma melhor estruturação do solo, exceto na profundidade de 20 a 30 cm, provavelmente devido a compactação provocada pelo uso de máquinas ao longo dos anos (Silva et al. [14]), mostrando que a crotalária tem dificuldade de melhor estruturar o solo numa camada de impedimento, já no

sistema com pouco revolvimento do solo cultivado mínimo o guandu na profundidade até 20 cm promoveu uma menor resistência à penetração, sendo que nas profundidades acima de 20 cm no cultivo mínimo o feijão e o amendoim promoveram uma melhor estruturação do solo, causando uma menor resistência à penetração no solo. No plantio direto cujo sistema não há revolvimento do solo o amendoim promoveu uma melhor estruturação do solo, com uma menor resistência à penetração nas profundidades de 0 cm até 30 cm, mostrando que a atividade biológica na cultura do amendoim promoveu uma maior ação dos microrganismos (Oliveira et al. [15]), com uma conseqüente maior fixação atmosférica do nitrogênio favorecendo à uma melhor estruturação do solo para uma menor resistência mecânica à penetração do solo nesse sistema de cultivo, fato este ocasionado pelos restos culturais e umidade dos sistemas conservacionistas (Vieira [16]).

A diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade em todos os sistemas de cultivo, na profundidade de 0 a 10 cm, na qual o Plantio Direto obteve uma maior Resistência Mecânica à Penetração em relação ao cultivo convencional e cultivo mínimo (Tabela 2), está de acordo com Tavares et al. [17], que trabalhando com resistência mecânica à penetração, obteve resultados maiores no plantio direto em relação aos outros sistemas de cultivo na camada de 0 a 15 cm, já na camada de 10 a 20 cm o cultivo convencional apresentou uma maior resistência mecânica à penetração, aumentando na camada de 20 a 30 cm, este fato deve-se a uma maior mobilização do solo, através do uso contínuo de máquinas no preparo do solo no cultivo convencional ao longo dos anos, o que caracteriza a formação de uma camada mais compacta (pé de grade) na profundidade de 20 cm. Observa-se também na Tabela 2 que nas camadas mais profundas a resistência mecânica à penetração no plantio direto foi menor em relação aos outros sistemas. Provavelmente, isso se deve aos restos de vegetais dispostos sobre o solo, promovendo um maior teor de umidade. Nas camadas de 20 a 30 cm do cultivo mínimo, ocorreu uma maior resistência à penetração se comparado ao cultivo convencional e plantio direto, pois o peso das máquinas utilizadas para o revolvimento superficial acarretou maior compactação nas camadas mais subsuperficiais ao longo do tempo.

Analisando a Tabela 3, observa-se que houve diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade na produtividade do milho-doce entre as plantas de cobertura em cada sistema de cultivo. Nas parcelas onde foi cultivada a espécie Crotalaria observou-se uma maior produtividade do milho-doce nos Cultivo Convencional e Cultivo Mínimo comparado às outras culturas (Guandu, Feijão e Amendoim), comprovando seu poder de recuperar a degradação do solo. No Plantio Direto, as parcelas onde foi cultivado Feijão apresentaram uma maior produtividade de milho-doce em relação às demais espécies cultivadas anteriormente ao milho-doce. Ressalta-se também que o sistema de Plantio Direto apresentou acréscimo de produção de 5.030,00 Kg/ha de milho-doce em relação ao CC e 2.460,00 Kg/ha em relação ao CM, correspondendo a

um aumento de 54,86 e 26,83% respectivamente, em relação ao PD. Esses resultados comprovam os trabalhos realizados por Silva et al. [15], que analisando o desempenho agrônomico e econômico do milho irrigado em sucessão a espécies invernais de cobertura de solo e/ou para produção de grãos, relataram que as espécies de cobertura de solo de inverno melhoram as características de solo, podendo apresentar também vantagens econômicas.

### Conclusões

As propriedades físicas são alteradas pelo manejo.

Na profundidade de 0 a 10 cm a resistência mecânica à penetração foi maior no plantio direto, enquanto que nas camadas subsuperficiais esses valores são maiores nos cultivos convencional e mínimo, sendo que, nas parcelas do cultivo convencional, foi observado uma menor resistência à penetração com a espécie crotalaria; no cultivo mínimo com o guandu; e no plantio direto com o amendoim.

A produtividade do milho-doce o sistema plantio direto apresentou uma maior produtividade em relação ao convencional e mínimo, com destaque para o CC, que apresentou a menor produtividade em relação ao CM e PD.

### Referências

- [1] COLLARES, Gilberto Loguércio et al. Qualidade física do solo na produtividade da cultura do feijoeiro num Argissolo. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, v. 41, n. 11, nov. 2006.
- [2] TORMENA, C.A.; SILVA, A.P. da; LIBARDI, P.L. Caracterização do intervalo hídrico ótimo de um Latossolo roxo sob plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.22, p.573-581, 1998.
- [3] REICHERT, J.M.; REINERT, D.J.; BRAIDA, J.A. Qualidade dos solos e sustentabilidade de sistemas agrícolas. *Ciência e Ambiente*, v.27, p.29-48, 2003.
- [4] WOHLBERG, E. V. et al. Dinâmica da agregação de um solo franco-arenoso em cinco sistemas de culturas em rotação e em sucessão. *Rev. Bras. Ciênc. Solo*, Viçosa, v. 28, n. 5, Oct. 2004.
- [5] SODRE FILHO, Joilson et al. Fitomassa e cobertura do solo de culturas de sucessão ao milho na Região do Cerrado. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, v. 39, n. 4, Apr. 2004.
- [6] BAYER, Cimélio; MIELNICZUK, João; PAVINATO, Aurélio. Sistemas de manejo do solo e seus efeitos sobre o rendimento do milho. *Cienc. Rural*, Santa Maria, v. 28, n. 1, Mar. 1998.
- [7] HEREDIA ZÁRATE, Néstor A.; VIEIRA, Maria do Carmo. Produção do milho doce cv: superdoce em sucessão ao plantio de diferentes cultivares de inhame e adição de cama-de-frango. *Hortic. Bras.*, Brasília, v. 21, n. 1, Mar. 2003.
- [8] COSTA, F. S.; ALBUQUERQUE, J. A.; BAYER, C.; FONTOURA, S. M. V.; WOBETO, C. Propriedades físicas de um Latossolo Bruno afetado pelo plantio direto e preparo convencional. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 27, n.3, Viçosa, 2003. 18p.
- [9] VELOSO, M. E. da C. Doses de nitrogênio na cultura do milho, em solos de várzea, sob sistema de drenagem subterrânea. *Rev. Bras. De Milho e Sorgo*, v. 5, n. 3, 2006.
- [10] PAIVA, E.; VASCONCELOS, M. J. E.; PARENTONE, S. N.; EUGÊNIO, E.; MAGNAVACA, R. Seleção de progênies de milho doce de alto valor nutritivo com auxílio de técnicas eletroforéticas. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v 27, p1213-1218, 1992.
- [11] EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília, Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412p
- [12] STOLF, R. FERNANDES, J. & FURLANI, N. V. L. Recomendações para uso do penetômetro de impacto modelo IAA/ Planasulcar-Stolf. São Paulo, MIC/IAA/PNMCA\_Planasulcar, 1983. 8p.
- [13] Ferreira, D. F. *Sisvar* 4.3. 2003.
- [14] SILVA I, A.A.; SILVA, P.R.F.; MINETTO, T.; STRIEDER, M.L.; JANDREY, D.B.; ENDRIGO, P.C. Desempenho agrônomico e econômico do milho irrigado em sucessão a espécies invernais de cobertura de solo

e/ou para produção de grãos. Cienc. Rural v.38 n.3 Santa Maria maio/jun. 2008.10p.

- [15] OLIVEIRA, T.K; CARVALHO, G.J & MORAIS, R.N.S, Planta de Cobertura do Solo e seus Efeitos sobre o Feijoeiro em Plantio Direto, Pesquisa Agropecuária Brasileira, v37, nº 8, 2002, p 1079-1087.
- [16] VIEIRA, M. J. Propriedades Físicas do Solo. In: IAPAR. Plantio Direto no Estado do Paraná, IAPAR, 244 p. (IAPAR. Circular Técnica, 23). Londrina, 1981.
- [17] TAVARES, J. F; BARBOSA, G. M. C; GUIMARÃES, M. F & FONSECA, I. C. B. Resistência á penetração e desenvolvimento do sistema radicular do milho (Zea mays) sob

diferentes sistemas de manejo em um Latossolo Roxo, R. Bras. Ci. Solo, 25:725-730, 2001.

**Tabela 1.** Resistência mecânica à penetração nos diferentes sistemas de cultivo e culturas antecedentes ao milho doce; na safra 2007; média de 3 repetições. São Cristóvão – Se. 2008.

Profundidade	0 a 10 cm			10 a 20 cm			20 a 30 cm		
	Culturas	CC	CM	PD	CC	CM	PD	CC	CM
Crotalária	0,68 b	0,78 a	0,49 c	1,96 b	2,35 a	1,17 b	2,06 c	2,15 c	1,47 c
Guandu	0,88 a	0,39 c	1,17 a	3,33 a	1,56 c	2,06 a	2,06 c	2,45 b	2,35 a
Amendoim	0,58 c	0,68 b	0,98 b	1,56 c	1,96 b	1,27 b	2,35 b	2,74 a	1,66 b
Feijão	0,88 a	0,88 a	0,58 c	1,86 c	1,96 b	1,96 a	2,74 a	2,15 c	1,86 b

CC – cultivo contínuo (gradagem+aração+gradagem); CM – cultivo mínimo (grade); PD – Plantio direto (sem cultivo). Letras diferentes na vertical diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

**Tabela 2.** Resistência Mecânica do Solo à Penetração nos diferentes sistemas de cultivo, na safra 2007; São Cristóvão – Se. 2008.

Sistema de cultivo	Profundidade		
	0 a 10 cm	10 a 20 cm	20 a 30 cm
CC	0,76 b	2,18 a	2,30 a
CM	0,68 c	1,96 a	2,37 a
PD	0,80 a	1,56 b	1,83 b

CC – cultivo contínuo (gradagem+aração+gradagem); CM – cultivo mínimo (grade); PD – Plantio direto (sem cultivo). Letras diferentes na vertical diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

**Tabela 3.** Produtividade do milho-doce nos diferentes sistemas de cultivo e espécies empregadas na sucessão (kg/ha.), na safra 2007; média de 3 repetições. São Cristóvão – SE. 2008.

CULTURAS EM SUCESSÃO	PRODUTIVIDADE (Kg/ha)		
	CC	CM	PD
Crotalária	5.103,00 a	7.263,00 a	9.004,00 b
Guandu	4.808,00 b	6.473,00 c	8.438,00 c
Feijão	4.286,00 c	6.174,00 d	9.674,00 a
Amendoim	2.353,00 d	6.920,00 b	9.554,00 a
MÉDIA	4.137,50	6.707,50	9.167,50

CC -cultivo contínuo (gradagem+aração+gradagem); CM – cultivo mínimo (grade); PD – plantio direto (sem cultivo). Letras diferentes na vertical diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.