

CAPÍTULO 09

Manejo Adequado do Solo

***Luís Fernando Stone, José Geraldo da Silva, João
Kluthcouski e Priscila de Oliveira***

A prática da agricultura, de um modo geral, tem sido uma atividade predatória em termos de conservação do solo. As terras agrícolas vêm sofrendo um processo acelerado de degradação de sua capacidade produtiva pelo inadequado uso do solo, devido à mecanização intensa e desordenada, como pelos sistemas agrícolas embasados na monocultura ou sucessões contínuas grão-grão (MONDARDO, 1984). Nas regiões tropicais e subtropicais, a degradação do solo é ainda mais intensa.

Em termos gerais, a intensa mobilização dos solos tropicais traz, como consequência, a sua desagregação superficial, sujeita à formação de uma fina crosta, resultante da dispersão das partículas do solo, e outra camada subsuperficial compactada, resultante tanto da pressão exercida pelos implementos agrícolas como dos pneus (CASTRO et al., 1987). O processo de erosão, resultante destas alterações físicas, representa o fato mais negativo para a sustentabilidade econômica e física da atividade agrícola, e também, o de maior agressividade ao ambiente.

A degradação dos solos, com todas as suas implicações e nefastas consequências, tem resultado no desafio de viabilizar sistemas de produção que possibilitem maior eficiência energética e conservação ambiental, bem como na criação de novos paradigmas tecnológicos baseados na sustentabilidade.

Apesar disso, problemas de solo de ordem física, química ou biológica podem ocorrer no SPD, limitando seu desempenho. Sempre que possível, esses problemas devem ser resolvidos conservando o sistema.

Compactação do solo

A compactação do solo traz como consequências mudanças bruscas nas relações solo-ar-água, principalmente nos processos dinâmicos, tais como: movimentação da água, ar e nutrientes; crescimento radicular das plantas e na difusibilidade térmica ao longo do perfil (PAULETTO et al., 1997). Assim, mesmo no SPD, restrições inerentes às propriedades físicas no perfil do solo devem ser adequadamente corrigidas.

Aumento na massa específica do solo e microporosidade e redução na macroporosidade e porosidade total no SPD foram relatados por Vieira (1985). Já Vieira e Muzilli (1984) observaram que os valores de densidade de um Latossolo Vermelho-Escuro, sob diferentes sistemas

de manejo, foram significativamente maiores a 10 cm de profundidade no SPD, inexistindo diferenças nas camadas inferiores a 20 cm. A porosidade total e macroporosidade foram mais baixas no SPD em relação ao manejo convencional.

Outro ponto relevante é que a compactação do solo pode afetar a absorção de nutrientes pela modificação no crescimento radicular das plantas e na disponibilidade de nutrientes. Phillips e Kirkham (1962) observaram que a presença de camada compactada pode reduzir em até 25% a absorção de N, P e K pelas plantas de milho. Borges et al. (1988) concluíram que a compactação do solo reduziu o acúmulo de P, K, Ca e Mg na parte aérea de plantas de soja. Para os três primeiros nutrientes, o acúmulo foi máximo até a massa específica do solo da ordem de $1,0 \text{ Mg m}^{-3}$.

Para a cultura do feijão, Primavesi et al. (1985) concluíram que a compactação reduziu a extração de Ca, P e N, em um Latossolo Roxo, e de K, num Podzólico, havendo, contudo, aumentos na concentração foliar de Mg, Ca e N.

Compactação x enraizamento

Para a cultura do feijão tem sido relatado que, em condições ideais de solo, as raízes podem atingir 1,5 m de profundidade (ROBERTSON et al., 1978). Na prática, contudo, devido, provavelmente, ao tipo de solo e à presença de um ou mais tipos de impedimento de ordem física ou química, a literatura mostra que as raízes dessa leguminosa se desenvolvem comumente até 50-60 cm de profundidade (OLIVEIRA; SILVA, 1990; PIRES et al., 1991; STONE; PEREIRA, 1994). Especificamente no caso do feijão irrigado por aspersão, a concentração das raízes na superfície parece ser ainda maior (OLIVEIRA; SILVA, 1990; TEIXEIRA et al., 1992; STONE; PEREIRA, 1994). Isso é devido, possivelmente, ao manejo da irrigação feito apenas na camada superficial, 0-30 cm, quando se trata de irrigação por pivô central.

As alterações nas propriedades do solo, decorrentes de manejo, afetam profundamente o desenvolvimento radicular das plantas. As raízes, porém, são menos conhecidas, estudadas, entendidas e apreciadas, dentre as partes da planta, pelo fato de não poderem ser vistas e também pelas dificuldades para o seu estudo (HUGHES et al., 1992). As raízes absorvem e translocam água e nutrientes, sintetizam carboidratos e suportam a planta. De acordo com Miller (1986), essas funções são afetadas por estresses aos quais as raízes podem estar sujeitas, tais como: falta ou excesso de

água; deficiência de O_2 ; deficiência ou desequilíbrio de nutrientes; temperaturas adversas; impedimento físico; presença de elementos tóxicos e ataque de insetos e doenças. Na agricultura de sequeiro, especialmente em regiões sujeitas a curtos períodos de estresse hídrico, é desejável o desenvolvimento profundo das raízes.

Rovira (1975) concluiu que a faixa de solo com dominância de absorção de nutrientes pelo feijoeiro é localizada entre 10 cm e 20 cm de profundidade. Estudos sobre a resistência à seca com essa cultura mostram que as raízes mais profundas do feijoeiro foram positivamente correlacionadas com a produção de grãos e o crescimento das plantas (SPONCHIADO et al., 1989), e alguns genótipos, apesar de enraizarem mais intensamente na superfície do solo, podem ter o sistema radicular explorando até 100 cm de profundidade (GUIMARÃES et al., 1996).

Stone e Silveira (1996) mostraram que a compactação subsuperficial devida ao preparo do solo com grade induziu à concentração superficial das raízes do feijoeiro até 10 cm. Na aração com aivecas, observou-se boa distribuição de raízes até 40 cm de profundidade. Já no SPD, a maior parte das raízes concentrou-se nos primeiros 20 cm de profundidade.

Kluthcouski (1998) estudou, no estágio de plena floração, o desenvolvimento radicular das culturas da soja, milho, arroz e feijão, observando que diferentes manejos de solo afetaram significativamente o volume radicular médio do milho no perfil do solo (Fig. 1). A escarificação do solo resultou tanto em maior volume radicular, no perfil 0-100 cm de profundidade, como em melhor distribuição até os 20 cm de profundidade, enquanto a grade aradora e o SPD apresentaram os piores desempenhos no desenvolvimento radicular do milho. Na cultura da soja não se observou diferença significativa do manejo do solo sobre o desenvolvimento radicular, havendo, em média, maior volume no manejo do solo com grade aradora, porém com elevada concentração nos primeiros 10 cm de profundidade. Estes resultados contrastam com os obtidos por Pedo et al. (1986). Para o feijoeiro, a concentração superficial das raízes também prevaleceu, registrando-se mais de 66% nos primeiros 10 cm de profundidade e 89% no perfil 0-20 cm, o que coincide com os resultados discutidos por Stone e Pereira (1994) e Stone e Silveira (1996). Para o arroz de terras altas não houve diferença significativa no volume médio de raízes nos diferentes manejos. Entretanto, tendência a maiores volumes e melhor distribuição no perfil foi observada nos manejos do solo com aração e escarificação, em relação a grade aradora ou o plantio direto. Melhor desenvolvimento radicular do arroz em solos descompactados foi também registrado por Guimarães (1997).

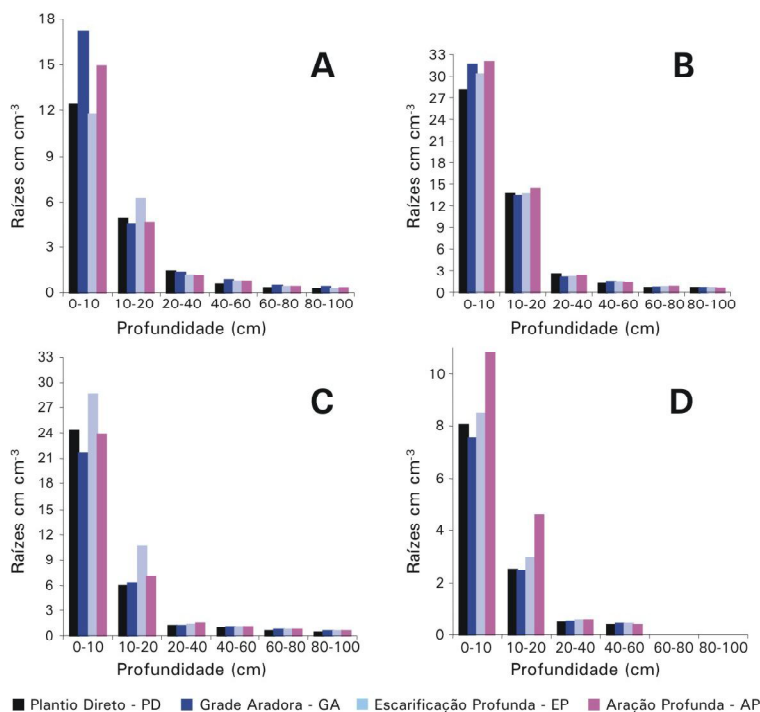


Fig. 1. Efeito do manejo sobre a distribuição das raízes das culturas da soja (A), arroz (B), milho (C) e feijão (D) no perfil do solo. Fazenda Três Irmãos. Santa Helena. GO.

Fonte: Kluthcouski (1998).

O SPD apresentou ligeira tendência ao maior acúmulo superficial das raízes. Abaixo de 20 cm, o desenvolvimento radicular foi muito semelhante em todos os manejos. Independente do manejo do solo, mais de 66% das raízes acumularam-se nos primeiros 10 cm de profundidade e mais de 89% nos primeiros 20 cm. A massa seca das raízes revelou a mesma tendência, já que mais de 69% das raízes concentraram-se nos primeiros 20 cm de profundidade, independente do manejo, sendo que o preparo com grade resultou em raízes mais fibrosas na superfície e o preparo com aivecas em menos fibrosas.

Compactação x fungos com origem no solo

O papel dos microrganismos e da mesofauna no melhoramento das propriedades do solo e as vantagens da cobertura morta e da matéria orgânica sobre suas populações e atividade são inquestionáveis. Kluthcouski (1998) mostrou que ocorre uma larga diferença da atividade microbiológica e populações totais de fungos e bactérias no SPD em relação aos manejos que revolvem o solo. No entanto, se o solo estiver

compactado, na camada superficial, devido tratar-se de ambiente rico em água e matéria orgânica, ocorre o favorecimento de todas as doenças causadas por patógenos de solo¹.

Observa-se, na Tabela 1, que as populações de *Fusarium solani* Esp. *Phaseoli* e *Rhizoctonia solani*, cerca de 80 dias após o manejo, foram significativamente superiores no SPD, em níveis capazes de causar redução na população final de plantas, devido a *R. solani*, ou prejudicando o desenvolvimento das plantas, devido à *F. solani*, segundo pesquisas desenvolvidas por Berni et al. (1997) e Costa e Costa (1997), respectivamente. O revolvimento do solo com arado de aiveca reduziu o número de propágulos destes micro-organismos em cerca de 50%, passando a existir menor probabilidade de causarem danos significativos às plantas. A aração, com conseqüente enterrio dos restos culturais, tem sido recomendada como uma das técnicas de redução destas e de outras enfermidades por Cardoso et al. (1996), Embrapa (1996, 1997), Sartorato et al. (1996) e Costa (1997).

Tabela 1. Efeito do manejo do solo sobre as populações de *Sclerotinia sclerotiorum*, *Rhizoctonia solani*, *Fusarium solani* e bacteriana e fúngica total. Fazenda Três Irmãos. Santa Helena, GO¹.

Manejo do solo	<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>	<i>Rhizoctonia solani</i> % ROC ²	<i>Fusarium solani</i>	População fúngica total propágulos g solo ⁻¹	População bacteriana total
SPD	0,0	88,7 a	5.205 a	35.147 x 10 ² a	45070 x 10 ² a
AP	0,0	45,0 b	2.235 b	22.218 x 10 ² b	36197 x 10 ² a
DMS	-	11,8	2.003	9.240 x 10 ²	58237 x 10 ²
CV (%)	-	17,6	53,5	32,0	142,41

¹Média de quatro repetições e quatro subamostras/repetição. SPD = Sistema Plantio Direto e AP = Aração Profunda.

²Resíduos orgânicos colonizados.

Médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem ao nível de P = 0,05 pelo teste de Tukey.

Fonte: Kluthcouski (1998).

Ainda segundo Kluthcouski (1998), na cultura da soja, a infestação de *Roselinea* sp. foi bastante superior nos manejos com conservação da palhada na superfície, ou superficialmente incorporada através da grade aradora.

Compactação superficial x mecanismos sulcadores

O uso de mecanismos sulcadores na forma de hastes, mais comumente cognominados de “botinhas” é indicado quando ocorre

¹ Informação obtida de Murillo Lobo Júnior, pesquisador da Embrapa Arroz e Feijão.

compactação/adensamento superficial do solo. Observa-se na Tabela 2 uma pequena tendência ao aumento de produtividade independentemente da densidade de semeadura, devido ao uso do sulcador tipo “botinha”. Vale ressaltar que, por ser um cultivo de inverno sob irrigação por aspersão, provavelmente não ocorreu deficiência hídrica para a cultura. Na Tabela 3, também no cultivo de inverno, observa-se decréscimo de rendimento devido ao disco duplo, apenas no tratamento sem nitrogênio, o que pode ser devido ao melhor desenvolvimento do sistema radicular, com maior capacidade no uso de nutrientes, dado ao uso das “botinhas”. O efeito dessa prática, apesar de exigir maior potência do trator, é notório quando ocorrem veranicos ou para se evitar a salinização por fertilizantes, caso do potássio, por exemplo.

Tabela 2. Efeito de diferentes mecanismos sulcadores e da densidade de plantas sobre o rendimento e seus componentes da cultivar de feijão Pérola. Cristalina, GO. 2008.

	<i>Sulcador tipo botinha</i>			<i>Sulcador tipo disco duplo</i>		
	<i>6 Plantas m⁻¹</i>	<i>8 Plantas m⁻¹</i>	<i>10 Plantas m⁻¹</i>	<i>6 Plantas m⁻¹</i>	<i>8 Plantas m⁻¹</i>	<i>10 Plantas m⁻¹</i>
Nº plantas/m	6,8	9,0	10,0	6,8	7,8	9,0
Nº vagens/m	112,4	119	94,8	85	110,8	101,2
Nº grãos/m	580	624	551	497	47	557
Vagens/planta	16,53	13,22	9,48	12,50	14,21	11,24
Grãos/vagem	5,16	5,24	5,82	5,85	4,32	5,50
Grãos/planta	85,29	69,29	55,14	73,09	61,44	61,89
Plantas/ha	136.000	180.000	200.000	170.000	195.000	180.000
Grãos/ha (x 1000)	11.600	12.472	11.028	12.425	11.980	11.140
Sacos/ha	50,65	48,85	44,11	49,29	47,92	43,07
Média (kg ha ⁻¹)	2.872		2.805			

Fonte: informação obtida de José Geraldo Di Stefano, pesquisador da Embrapa Arroz e Feijão.

Tabela 3. Efeito de diferentes mecanismos sulcadores e do manejo do nitrogênio sobre o número de vagens da cultivar de feijão Pérola. Formosa, GO. 2008.

<i>Mecanismo</i>	<i>Sem N</i>	<i>90 kg N ha⁻¹ base</i>	<i>90 kg N ha⁻¹ cob.</i>
Botinha	19,1	22,7	19,1
Disco duplo	15,6	22,6	19,9

Fonte: informação obtida de Tarcísio Cobucci, pesquisador da Embrapa Arroz e Feijão.

Em solos ricos em matéria orgânica e sob SPD, geralmente ocorre melhor estruturação do solo. Nessa condição, independente do mecanismo sulcador das plantadoras, ocorre pouco retorno de solo que separa o fertilizante da semente, podendo resultar em salinização

excessiva nas plântulas (Fig. 2). Nesse caso, a simples adaptação de alguns elos de corrente na parte posterior do mecanismo sulcador evita esse tipo de injúria às plantas (Fig. 3).



Fig. 2. Efeito salino do potássio em plântulas de feijão.



Fig. 3. Adaptação de corrente no mecanismo sulcador da plantadora para evitar o contato adubo-semente.

Compactação x produtividade

O rendimento de grãos na maioria das culturas sob diferentes manejos do solo depende, dentre outros, das condições climáticas do ano agrícola, da qualidade do manejo, do nível de fertilidade do solo e do estado sanitário da cultura. Por essas razões, tem sido bastante variável na literatura o comportamento das culturas. É preciso destacar, contudo, que nos anos em que ocorre deficiência hídrica, quase sempre são registradas perdas de rendimentos, as quais, nos Cerrados, segundo Carmo (1997), correspondem, em

média, a uma safra a cada cinco anos. Nessa região ocorrem perdas anuais de 26%, 17%, 23 % e 38% nos rendimentos de soja, milho, feijão e arroz, respectivamente, quando comparadas aos rendimentos dessas culturas com irrigação suplementar. Essas reduções podem ser reflexo da compactação, da baixa capacidade de armazenamento de água no solo devido aos baixos teores de matéria orgânica, da correção inadequada do perfil do solo ou, ainda, do fraco enraizamento das culturas.

Poucas pesquisas envolvendo variados manejos do solo foram realizadas com a cultura do feijoeiro. Em regime de sequeiro, Mullins et al. (1988) concluíram que não há diferença no rendimento dessa cultura entre os sistemas convencional e SPD. Landers (1995) mencionou que, em nível de produtor, na região de Barreiras-BA, maiores produtividades tendem a ser obtidas no SPD em relação ao sistema convencional. Siqueira et al. (1993) mencionaram que o revolvimento do solo através da aração, independente da cobertura vegetal, sempre proporcionou melhores rendimentos ao feijoeiro.

Em outros estudos, Merten (1994) e Silva et al. (1996) destacaram ligeira superioridade do SPD no rendimento de grãos do feijoeiro em relação aos manejos com grade, aração, ou escarificação. No Brasil Central, Stone e Silveira (1996), Silveira e Silva (1996) e Urchei (1996) verificaram maiores rendimentos do feijoeiro irrigado por aspersão no SPD. Stone e Silveira (1996) e Silva et al. (1996) concluíram que os menores rendimentos do feijoeiro foram obtidos no manejo do solo com grade aradora, enquanto Silveira et al. (1994) não verificaram diferenças entre aração superficial e profunda.

Em estudo conduzido por Kluthcouski (1998), no qual foram comparados diferentes métodos de manejo do solo, em área sob SPD durante oito anos, o melhor rendimento de feijão foi obtido na aração profunda com arado de aivecas (Tabela 4). Esse mesmo autor, em outro estudo, mostrou que, num solo mantido sob SPD por 12 anos, ocorreu efeito significativo da descompactação do solo com arado de aivecas sobre a produtividade de feijão, cultivar Jalo Precoco (Tabela 5).

Em estudo sobre a descompactação do solo no SPD, com implemento diferenciado que não altera significativamente a superfície do solo, houve efeito positivo dessa prática sobre o rendimento de grãos de arroz, soja, milho e feijão e na produção forrageira de milho (Tabela 6).

Tabela 4. Efeito do manejo do solo e da adubação sobre o rendimento da cultura do feijão, cultivar Jalo Precoce. Fazenda Três Irmãos, em Santa Helena de Goiás-GO.

<i>Tratamento</i>	<i>População (plantas ha⁻¹)</i>	<i>Rendimento (kg ha⁻¹)</i>
Sistema Plantio Direto	163.241 a	2.367 b
Grade aradora	158.991 a	2.244 b
Escarificação profunda	174.537 a	2.349 b
Aração profunda	176.407 a	2.691 a
DMS	26.408,0	213,9
CV (%)	17,41	9,83

Médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem, no nível de P = 0,05 pelo teste de Tukey.

Fonte: adaptado de Kluthcouski (1998).

Tabela 5. Efeito do manejo do solo e da adubação sobre o rendimento e algum de seus componentes na cultura do feijão, cultivar Jalo Precoce. Fazenda Três Irmãos. Santa Helena-GO¹.

				Nº de vagens por planta		Nº de sementes por vagem ³	Massa de 100 grãos (g) ⁴
Tratamento		Rendimento ² (kg ha ⁻¹)	População (plantas ha ⁻¹)	Cheias ³	Vazias ³		
Manejo ⁵ /Adubação ⁶							
SPD	T	2.247	182.222	9,1	1,8	4,16	36,27
	To	2.328	162.500	10,6	1,9	4,49	36,56
	Eg	2.525	145.000	13,4	3,1	4,30	36,05
Média		2.367 b	163.241 a	11,05 a	2,27 a	4,32 a	36,29 a
GA	T	2.174	191.972	9,8	1,7	4,13	35,46
	To	2.041	156.944	10,2	2,0	4,28	32,12
	Eg	2.517	128.055	15,6	2,7	4,21	36,59
Média		2.244 b	158.991 a	11,9 a	2,1 a	4,20 a	34,72 a
EP	T	2.315	196.111	9,6	1,8	4,28	36,96
	To	2.273	173.055	9,6	3,1	4,45	33,63
	Eg	2.460	154.444	11,2	3,0	4,30	35,75
Média		2.349 b	174.537 a	10,15 a	2,62 a	4,35 a	35,11 a
AP	T	2.565	196.694	9,7	2,3	4,23	37,61
	To	2.681	181.972	9,8	2,4	4,10	36,70
	Eg	2.826	150.556	12,6	2,9	4,27	36,94
Média		2.691 a	176.407 a	10,72 a	2,51 a	4,20 a	37,08 a
DMS		213,90	26.408,00	1,85	1,06	0,36	3,59
CV (%)		9,83	17,41	13,25	35,05	6,58	11,13
Adubação							
	T	2325 b	191750 a	9,54 b	1,88 b	4,2 a	36,3 a
	To	2331 b	168618 b	10,08 ab	2,35 ab	4,3 a	34,7 a
	Eg	2582 a	144514 c	13,23 a	2,91 a	4,4 a	36,3 a
DMS		219,80	19711,00	3,26	0,87	0,32	2,04
CV (%)		11,87	15,27	27,44	33,68	22,07	7,43
Manejo x Adubação		ns	ns	ns	ns	ns	Ns

¹ Média de quatro repetições. ² Média de 02 amostras de 4,95 m², com 13% de umidade. ³ Média de 10 plantas/parcela. ⁴ Média de 2 amostras/parcela. ⁵ SPD = Sistema Plantio Direto; GA = Grade aradora; EP = escarificação profunda; AP = aração profunda. ⁶ T = testemunha; To = recomendação oficial para a região; Eg = reposição das exportações pela colheita. Médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem ao nível de P = 0,05 pelo teste de Tukey. Fonte: Kluthcouski (1998).

Tabela 6. Descompactação do solo sob Sistema Plantio Direto com a técnica de escarificação profunda.

<i>Cultura</i>	<i>Local</i>	<i>Sistema Plantio Direto</i>	<i>Sistema Plantio Direto + escarificação¹</i> (kg ha ⁻¹)	<i>Aumento de rendimento</i> (%)
Arroz de terras altas	Sta. Helena, GO	2.148a	2.865b	33
Arroz de terras altas	Sorriso, MT	4.520	4.636	3
Soja	Sta. Helena, GO	3.978a	4.710b	18
Milho forrageiro	Sta. Helena, GO	37.682a	46.693b	24
Milho	Sta. Helena, GO	9.502a	11.350b	19
Feijão	Sta. Helena, GO	1.884a	2.284b	21

¹Descompactação com Matabroto, equipamento cujas hastes são distanciadas em 1 m, possibilitando o mínimo revolvimento da palhada de cobertura do solo.

Concentração superficial de nutrientes

O SPD, em relação à ciclagem biológica, tende à máxima conservação de nutrientes em um agroecossistema. O mínimo revolvimento do solo e a manutenção da palhada reduzem as perdas de nutrientes (WISNIEWSKI; HOLTZ, 1997). Contudo, o SPD não recupera propriedades químicas de solos, que nos trópicos são naturalmente deficientes ou degradadas por mau manejo. Solos lixiviados, pobres e ácidos, como os dos Cerrados, necessitam de correção antes do estabelecimento do SPD (SHAXSON, 1995). Por não ser recuperador das limitações do solo, é necessária, antes da implantação do sistema, a correção das propriedades físicas e químicas no perfil (DERPSCH, 1984; LANDERS, 1995; BALBINO et al., 1996).

Balbino et al. (1996) observaram que para o SPD se desenvolver sem problemas de fertilidade do solo, é necessário que o perfil mais intensamente explorado pelas raízes contenha mais de 2% de matéria orgânica; pH (água) 5,5; 2 cmol_c kg⁻¹ de Ca; 0,8 cmol_c kg⁻¹ de Mg; 20 mg kg⁻¹ de P; 50 mg kg⁻¹ de K; 1 mg kg⁻¹ de B e Cu; 5 mg kg⁻¹ de Mn; 4 mg kg⁻¹ de Zn e 0,2 mg kg⁻¹ de Mo. Nas regiões tropicais, contudo, é difícil atingir tais níveis para todos os nutrientes em pouco tempo e a custos compatíveis com o retorno das colheitas, sendo necessário acumulá-los no perfil ao longo do tempo, através de excedentes na adubação de manutenção.

Mullins (1995) recomenda que para solos ácidos e inférteis, típicos dos Cerrados, deve-se proceder tanto a calagem como a

correção potássica e fosfatada em maior profundidade até, pelo menos, a zona de maior atividade radicular. Balbino (1997) recomenda, inclusive, que solos com fertilidade natural baixa devem ser cultivados por dois ou mais anos no sistema convencional, incorporando assim os corretivos e alguns nutrientes no perfil. Esta prática é de fundamental importância para os nutrientes imóveis no solo e no floema das plantas, caso do Ca. Já que o uso intensivo da área, seja para produção de grãos ou cobertura morta, é uma das prerrogativas do SPD, e as frequentes adubações são feitas na camada superficial, é evidente que, em consequência, haja um acúmulo dos nutrientes na profundidade de adubação, principalmente daqueles menos móveis ou imóveis.

Sá (1993) avaliou a distribuição de nutrientes no perfil do solo mantido sob SPD durante 4 a 16 anos, verificando que em todos os casos o teor de P abaixo de 20 cm de profundidade era menor que 3 mg kg⁻¹, sendo similar aos valores encontrados em solos sob vegetação nativa. A prática contínua do SPD por 4, 9 e 16 anos resultou no acúmulo de cerca de 29, 79 e 129 mg kg⁻¹ de P, respectivamente, na camada 0-2,5 cm. De maneira similar, o K concentrou-se na camada 0-10 cm, atingindo valores de até 4.5 cmol_c kg⁻¹. Resultados semelhantes foram relatados por Muzilli (1983, 1984); Mullins (1995); Pauletti et al. (1995); Franzluebbbers e Hons (1996). Também foi verificado o acúmulo superficial, principalmente até a profundidade de 10 cm, de Ca e Mg (MUZILLI, 1983; PAULETTI et al., 1995), e Zn e Mn (FRANZLUEBBERS; HONS, 1996). Segundo estes últimos autores, sob SPD ocorre menor concentração de Fe e Cu nos 5 cm superficiais do solo. Ainda segundo a maioria destes autores, no manejo convencional do solo ocorre a diluição destes nutrientes no perfil. A maior acidez superficial no SPD é ponto de controvérsias na literatura. Enquanto Dick (1983) relatou que o pH do solo é ligeiramente inferior nas camadas superficiais, outros autores não observaram a mesma relação (GUEDES et al., 1978; MUZILLI, 1983; ISMAIL et al., 1994; PAULETTI et al., 1995). Também é evidente, no SPD, a maior concentração de matéria orgânica na superfície (ISMAIL et al., 1994; PAULETTI et al., 1995). Em relação aos demais métodos de manejo do solo, a escarificação tende a acumular os nutrientes no solo de forma similar ao SPD, e as grades e arados tendem a uniformizar a distribuição até a profundidade trabalhada.

Enquanto que para Muzilli (1984), no manejo convencional do solo, o maior contato do adubo com as partículas do solo explica a menor disponibilidade de nutrientes para as culturas, para

Mallarino (1997), o acúmulo superficial de nutrientes pode resultar em baixa absorção de P e K, e, conseqüentemente, baixos rendimentos de colheita, especialmente quando a camada superficial do solo estiver seca. Na prática da agricultura dependente das chuvas, particularmente nos trópicos, com freqüente ocorrência de veranicos, parece ser necessária uma melhor qualidade das propriedades do solo, em maior profundidade, em relação às regiões temperadas, objetivando obter melhor desenvolvimento radicular das plantas e, conseqüentemente, melhor uso da água.

Barber (1985) mencionou que, quando o fertilizante fosfatado foi misturado em apenas uma pequena porção de solo ocorreu grande proliferação de raízes na porção fertilizada em relação às demais, podendo, neste caso, ter sido reduzida a absorção do nutriente. Guimarães e Castro (1981, 1982) e Chaib et al. (1984) verificaram melhor desenvolvimento radicular do feijoeiro, no que se refere à profundidade, quando se efetuou a adubação em maior profundidade em relação à convencional. Aumento no rendimento de grãos devido à incorporação mais profunda do fertilizante tem sido registrado na cultura do feijão (KLUTHCOUSKI et al., 1982; THUNG et al., 1982) e milho (BARBER, 1985; ALONÇO; FERREIRA, 1992). Schenk e Barber (1980) e Silderbush e Barber (1984) relatam que a maior parte do fósforo e potássio é extraída da camada 0-20 cm de profundidade. Mallarino (1997) salientou que a adubação potássica mais profunda foi particularmente importante em anos nos quais ocorreu deficiência hídrica. Gonzalez-Erico et al. (1979) e Alonço e Ferreira (1992) obtiveram maiores produtividades de milho com a incorporação profunda do calcário. Sá (1995) também registrou efeitos positivos da calagem profunda nas culturas da soja e do milho, principalmente quando a incorporação do corretivo foi realizada com arado de aivecas, até a profundidade de 35 cm.

Na Tabela 7, nota-se que em um Latossolo Roxo eutrófico, mantido sob SPD durante 12 anos, o revolvimento do solo com arado de aivecas tendeu a uniformizar a distribuição dos nutrientes até a profundidade trabalhada, que foi de aproximadamente 40 cm. Essa uniformização, no entanto, nem sempre resultou em aumento da concentração dos nutrientes na folha do feijoeiro, cultivar Jalo Precoce (Tabela 8), porém, houve efeito significativo da produtividade nesse manejo do solo em relação a outros métodos de preparo (Tabela 5).

Tabela 7. Efeito do manejo do solo sobre a distribuição dos nutrientes no perfil de um Latossolo Roxo eutrófico na gleba 3-A após a colheita do feijão. Fazenda Três Irmãos. Santa Helena, GO.

<i>Tratamento</i>	<i>pH</i> (água)	<i>Ca</i>	<i>Mg</i>	<i>Al</i>	<i>P</i>	<i>K</i>	<i>Cu</i>	<i>Zn</i>	<i>Fe</i>	<i>Mn</i>	<i>MO</i>
			cmol L ⁻¹				mg	L ⁻¹			gkg ⁻¹
Manejo¹/ Prof. (cm)²											
SPD 0-5	5,5	4,9	1,8	0,12	40,1	133,0	4,2	11,3	21,5	104,5	28,5
5-10	5,6	4,6	1,1	0,15	45,0	163,0	3,7	9,8	20,2	85,2	24,7
10-20	6,2	5,2	1,1	0,02	9,5	150,0	3,1	1,7	20,2	63,0	20,0
20-40	6,2	4,4	0,8	0,02	5,9	93,5	3,6	1,5	26,2	52,5	15,2
40-60	6,3	3,4	0,9	0,00	2,0	90,2	4,1	1,3	29,5	49,0	08,5
	6,0 A	4,5 A	1,2 A	0,06 A	20,5 A	125,9 A	3,7 A	5,1 A	23,5 A	70,8 A	19,4 A
GA 0-5	5,5	4,9	1,7	0,10	40,0	111,7	4,3	10,5	19,2	93,5	27,2
5-10	5,6	4,9	1,3	0,07	51,2	128,7	3,5	8,4	18,7	85,2	25,2
10-20	6,0	5,3	1,2	0,07	14,9	128,5	2,9	1,9	19,7	73,2	21,2
20-40	6,0	4,4	1,2	0,00	13,7	110,5	3,3	2,3	23,7	63,5	18,5
40-60	6,2	3,7	1,1	0,00	6,5	85,7	3,9	1,7	27,2	50,0	11,2
	5,9 A	4,7 A	1,3 A	0,05 A	25,3 A	113,0 A	3,6 A	5,0 A	21,7 A	73,1 A	20,7 A
EP 0-5	5,5	5,0	1,6	0,12	44,8	132,7	4,2	11,9	21,2	96,2	25,2
5-10	5,6	5,2	1,4	0,10	56,7	150,0	3,7	11,2	21,5	82,5	24,7
10-20	6,1	5,1	1,1	0,02	9,0	133,0	3,3	1,5	21,7	71,7	20,2
20-40	6,1	4,1	1,0	0,02	7,1	94,5	3,8	1,4	27,2	54,7	17,2
40-60	6,4	3,3	1,1	0,00	2,5	98,7	4,4	1,8	31,2	49,0	10,7
	5,9 A	4,6 A	1,2 A	0,05 A	24,0 A	121,8 A	3,9 A	5,6 A	24,6 A	70,8 A	19,6 A
AP 0-5	5,6	5,0	1,5	0,10	42,7	145,7	4,1	10,2	20,7	88,0	25,7
5-10	5,6	4,8	1,4	0,10	36,7	150,2	3,7	8,4	19,5	85,2	26,0
10-20	6,0	4,8	1,1	0,07	14,3	124,7	3,3	3,6	21,7	77,0	21,0
20-40	6,2	4,7	0,9	0,00	8,5	98,7	3,5	2,1	23,7	63,0	18,5
40-60	6,3	3,9	1,1	0,00	3,4	92,2	3,9	1,4	26,0	47,5	13,5
	6,0 A	4,7 A	1,2 A	0,05 A	21,1 A	122,3 A	3,6 A	5,2 A	22,3 A	72,1 A	20,9 A
DMS (média)	0,405	1,417	0,370	0,071	10,944	56,112	0,494	1,763	6,509	20,555	3,30
CV (%)	6,90	31,21	30,43	128,64	48,75	47,05	13,43	34,29	28,59	29,02	16,57
Profundidade (cm)											
0-5	5,5 C	4,9 AB	1,7 A	0,11 A	41,9 A	130,8 A	4,2 A	11,0 A	20,7 B	95,6 A	26,7 A
5-10	5,6 C	4,9 AB	1,3 B	0,11 A	47,4 A	148,0 A	3,6 B	9,5 A	20,0 B	84,6 A	25,2 A
10-20	6,1 B	5,1 A	1,1 BC	0,05 B	11,9 B	134,1 A	3,1 C	2,2 B	20,9 B	71,2 B	20,6 B
20-40	6,1 B	4,4 B	1,0 C	0,01 BC	8,8 BC	99,3 B	3,6 B	1,8 B	25,2 A	58,4 C	17,4 A
40-60	6,3 A	3,6 C	1,1 C	0,00 C	3,6 C	91,7 B	4,1 A	1,5 B	28,5 A	48,9 C	11,0 D
DMS	0,115	0,554	0,211	0,045	7,146	22,294	0,324	1,706	3,823	12,253	2,16
CV (%)	1,93	12,03	17,14	80,74	31,36	18,42	8,66	32,67	16,54	17,04	10,69
Man x Prof	Ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	Ns	ns	ns	ns

¹ Média de quatro repetições e três subamostras/repetição no tratamento testemunha para adubação (T).

² SPD = Sistema Plantio Direto to; GA = grade aradora; EP = escarificação profunda; AP = aração profunda.

Médias seguidas da mesma letra, maiúsculas para médias e minúsculas para profundidade dentro de manejo, nas colunas, não diferem ao nível de P = 0,05 pelo teste de Tukey.

Fonte: Kluthcouski (1998).

Tabela 8. Efeito do manejo do solo e da adubação sobre a concentração de nutrientes nas folhas do feijoeiro, cultivar Jalo Precoce. Fazenda Três Irmãos. Santa Helena, GO.¹

Tratamento		Nutriente									
		N	P	K	Ca	Mg	Zn	Cu	Mn	Fe	B
		gkg ⁻¹					mgkg ⁻¹				
Manejo ² / Adubação ³											
SPD	T	4,60 a	0,28	2,62	1,52	0,39	38,75	11,50	130,00	410,00	31,00
	To	4,77 a	0,30	2,72	1,55	0,40	39,50	12,00	122,50	512,50	33,50
	Eg	4,30 a	0,25	2,57	1,69	0,38	37,00	11,50	132,50	545,00	31,00
		4,56 A	0,28 A	2,64 A	1,58 A	0,39 A	38,42 A	11,67 A	128,33 A	489,17 A	31,83 B
GA	T	4,32 a	0,26	2,67	1,56	0,38	36,25	10,50	125,00	522,50	31,00
	To	4,87 a	0,32	2,70	1,60	0,40	39,25	12,25	137,50	507,50	35,50
	Eg	4,62 a	0,28	2,75	1,61	0,40	38,25	11,75	142,50	620,00	36,00
		4,61 A	0,29 A	2,71 A	1,59 A	0,39 A	37,92 A	11,50 A	135,00 A	550,00 A	34,17 B
EP	T	4,82 a	0,22	2,20	1,53	0,33	31,00	8,00	72,50	162,50	37,60
	To	4,75 a	0,20	2,02	1,70	0,34	28,25	9,25	85,00	165,00	40,00
	Eg	4,67 a	0,22	2,20	1,58	0,34	33,75	11,25	87,50	187,50	35,60
		4,75 A	0,21 B	2,14 B	1,61 A	0,33 B	31,00 B	9,50 B	81,67 B	171,67 B	37,73 A
AP	T	4,57 a	0,19	2,12	1,75	0,34	27,75	8,00	87,50	190,00	39,00
	To	4,87 a	0,21	2,05	1,68	0,35	30,00	9,75	80,00	180,00	41,60
	Eg	4,70 a	0,21	2,25	1,61	0,33	30,00	10,50	77,50	162,50	37,00
		4,72 A	0,20 B	2,14 B	1,68 A	0,34 B	29,25 B	9,42 B	81,67 B	177,50 B	39,20 A
DMS (adubação)		1,20	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DMS (média)		0,311	0,022	0,187	0,151	0,023	3,584	1,139	15,896	101,340	3,455
	T	4,58 A	0,24 A	2,41 A	1,59 A	0,36 A	33,44 A	9,50 B	103,75 A	321,25 A	34,65 A
	To	4,82 A	0,26 A	2,37 A	1,63 A	0,37 A	34,25 A	10,81 A	106,25 A	341,25 A	37,65 A
	Eg	4,57 A	0,24 A	2,44 A	1,62 A	0,36 A	34,75 A	11,25 A	110,00 A	378,75 A	34,90 A
CV (%)		0,308	0,023	0,172	0,148	0,016	4,537	0,717	18,259	69,104	6,252
	Manejo	5,23	7,08	6,08	7,35	4,92	8,24	8,49	11,69	22,91	7,59
	Adubação	6,10	8,69	6,57	8,45	3,97	12,25	6,29	15,78	18,35	16,13
Manejo x Adubação		*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

¹ Médias seguidas da mesma letra minúscula para médias e maiúscula para adubação dentro de manejo nas colunas, não diferem ao nível de P = 0,05 pelo teste de Tukey.

² SPD = Sistema Plantio Direto; GA = Grade aradora; EP = escarificação profunda; AP = aração profunda.

³ T = testemunha; To = recomendação oficial para a região; Eg = reposição das exportações pela colheita.

Fonte: Kluthcouski (1998).

Consideração importante

“Em ciência, explicações são sempre provisórias, mesmo que muito eficientes por algum tempo”. Com essa lógica, não se pretende criticar ou enaltecer nenhum sistema de produção ou prática cultural. O que deve ser considerado é o melhor dos caminhos para a sustentabilidade da exploração, principalmente econômica e ambiental. Isso significa dizer que nenhum sistema deve ser considerado ininterrupto ou eterno, que no caso do manejo do solo, significa, quando necessário, a alternância de métodos de manejo.

Referências

- ALONÇO, A. dos S.; FERREIRA, O. O. Incorporação profunda de fertilizantes e calcário: sua influência na produção de milho (*Zea mays* L.) sob stress hídrico e sobre algumas propriedades físicas e químicas de um solo cerrado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 20., 1991, Londrina. **Anais...** Londrina: SBEA, 1992. p. 1206-1225.
- BALBINO, L. C. Sistema plantio direto. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 5., 1996, Goiânia. **Anais...** Goiânia: EMBRAPA-CNPAF, 1997. v. 2, p. 219-228. (EMBRAPA-CNPAF. Documentos, 70).
- BALBINO, L. C. MOREIRA, J. A. A.; SILVA, J. G. da; OLIVEIRA, E. F. de; OLIVEIRA, I. P. de. Plantio direto. In: ARAUJO, R. S.; RAVA, C. A.; STONE, L. F.; ZIMMERMANN, M. J. de O. (Coord.). **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fósforo, 1996. p. 301-352.
- BARBER, S. A. Fertilizer rate and placement effects on nutrient uptake by soybeans. In: WORD SOYBEAN RESEARCH CONFERENCE, 3., 1984, Ames. **Proceedings...** Boulder: Westview, 1985. p. 1007-1115.
- BERNI, R. F.; MOREIRA, J. A. A.; RIOS, G. P.; STONE, L. F.; COSTA, J. L. da S. Influência dos níveis de água de irrigação e preparo de solo nas podridões radiculares do feijoeiro. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v. 22, p. 250, ago. 1997. Suplemento, ref. 106. Edição dos Resumos do XXX Congresso Brasileiro de Fitopatologia, Poços de Caldas, ago. 1997.
- BORGES, E. N.; NOVAIS, R. F. de; REGAZZI, A. J.; FERNANDES, B.; BARROS, N. F. de. Respostas de variedades de soja à compactação de camadas do solo. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 35, n. 202, p. 553-568, nov./dez. 1988.
- CARDOSO, J. E.; RAVA, C. A.; SARTORATO, A. Doenças causadas por fungos do solo. In: ARAUJO, R. S.; RAVA, C. A.; STONE, L. F.; ZIMMERMANN, M. J. de O. (Coord.). **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fósforo, 1996. p. 701-722.

CARMO, D. A. S. Algumas considerações sobre agricultura irrigada na região dos cerrados. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 7., 1989, Brasília, DF. **Estratégias de utilização:** anais. 2. ed. Planaltina, DF: EMBRAPA-CPAC, 1997. p. 87-97.

CASTRO, O. M. de; VIEIRA, S. R.; MARIA, I. C. Sistemas de preparo do solo e disponibilidade de água. In: SIMPÓSIO SOBRE O MANEJO DE ÁGUA NA AGRICULTURA, 1987, Campinas. **Anais...** Campinas: Fundação Cargill, 1987. p. 27-51.

CHAIB, S. L.; BULISANI, E. A.; CASTRO, L. H. S. M. Crescimento e produção do feijoeiro em resposta à profundidade da aplicação do adubo fosfatado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 19, n. 7, p. 817-822, jul. 1984.

COSTA, J. L. da S. Soil inoculum density limiting the effectiveness of chemicals on the control of white mold on dry beans. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON RESISTENSE 97 - AN INTEGRATED APROACH TO COMBATING RESISTANCE, 1997, Harpenden, U.K. **Programs & papers.** Hertz: IACR, 1997. Não paginado.

COSTA, G. R.; COSTA, J. L. da S. Densidade mínima de inóculo de *Fusarium solani* f. sp. *phaseoli* para causar podridão radicular seca no feijoeiro. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v. 22 p. 258, ago. 1997. Suplemento, ref. 154. Edição dos Resumos do XXX Congresso Brasileiro de Fitopatologia, Poços de Caldas, ago. 1997.

DERPSCH, R. Histórico, requisitos, importância e outras considerações sobre o plantio direto no Brasil. In: TORRADO, P. V.; ALOISI, R. R. (Coord.). **Plantio direto no Brasil.** Campinas: Fundação Cargill, 1984. p. 1-12.

DICK, N. A. Organic carbon, nitrogen, and phosphorus concentrations and pH in soil profiles as affected by tillage intensity. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 47, n. 1, p. 102-107, Jan./Feb. 1983.

EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agropecuária do Oeste. **Milho:** informações técnicas. Dourados, 1997. 222 p. (EMBRAPA-CPAO. Circular técnica, 5).

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa da Soja. **Recomendações técnicas para a cultura da soja na região central do Brasil:** 1996/97. Londrina, 1996. 164 p. (EMBRAPA-CNPSo. Documentos, 96).

FRANZLUEBBERS, A. J.; HONS, F. M. Soil – profile distribution of primary and secondary plant available nutrients under conventional and no tillage. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 39, n. 3/4, p. 229–239, 1996.

GONZALEZ-ERICO, E.; KAMPRATH, E. J.; NADERMAN, G. C.; SOARES, W. V. Effects of depth of lime incorporation on the growth of corn on an oxisol of Central Brazil. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 43, n. 6, p. 1155-1158, Nov./Dec. 1979.

GUEDES, L. V. M.; WILES, T. L.; VEDDATO, R. D. Sistema de manejo do solo de longo prazo com comparações entre plantio direto, preparo mínimo e plantio convencional. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE PESQUISA DA SOJA, 1., 1978, Londrina. **Anais...** Londrina: EMBRAPA-CNPSO, 1978. v. 1, p. 59-65.

GUIMARÃES, C. M. Desenvolvimento radicular e da parte aérea do arroz de terras altas (*Oryza sativa* L.) em sistemas de plantio direto e convencional. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FISILOGIA VEGETAL, 6., 1997, Belém, PA. **Resumos...** Belém, PA: SBFV, 1997. p. 400.

GUIMARÃES, C. M.; CASTRO, T. de A. P. e. **Sistema radicular do feijoeiro e profundidade de aplicação do adubo**. Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, 1981. 3 p. (EMBRAPA-CNPAP. Pesquisa em andamento, 31).

GUIMARÃES, C. M.; CASTRO, T. de A. P. e. Sistema radicular do feijoeiro condicionado aos efeitos da profundidade de aplicação e tipo de adubo fosfatado. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 1., 1982, Goiânia. **Anais...** Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, 1982. p. 138-141. (EMBRAPA-CNPAP. Documentos, 1).

GUIMARÃES, C. M.; BRUNINI, O.; STONE, L. F. Adaptação do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) à seca. 1. Densidade e eficiência radicular. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 31, n. 6, p. 393-399, jun. 1996.

HUGHES, K. A.; HORNE, D. J.; ROSS, C. W.; JULIAN, J. F. A 10-year maize/oats rotation under three tillage systems: 2. plant population, root distribution and forage yields. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 22, n. 1/2, p. 145-157, Jan. 1992.

ISMAIL, I.; BLEVINS, R. L.; FRYE, W. W. Long-term no-tillage effects on soil properties and continuous corn yields. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 58, n. 1, p. 193-198, Jan./Feb. 1994.

KLUTHCOUSKI, J. **Efeito de manejo em alguns atributos de um latossolo roxo sob cerrado e nas características produtivas de milho, soja, arroz e feijão, após oito anos de sistema plantio direto**. 1998. 179 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Escola Superior em Agronomia "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.

KLUTHCOUSKI, J.; AIDAR, H.; TEIXEIRA, M. G.; CHAGAS, J. M.; CASTRO, T. de A. P. e; GUIMARÃES, C. M. Profundidade de incorporação de adubos para o feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 1., 1982, Goiânia. **Anais...** Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, 1982. p. 142-143. (EMBRAPA-CNPAP. Documentos, 1).

LANDERS, J. N. **Fascículo de experiências de plantio direto no cerrado**. Goiânia: APDC, 1995. 261 p.

MALLARINO, A. P. Manejo de fósforo e potássio y starters para maíz y soya en siembra directa. In: CONGRESO NACIONAL DE AAPRESID, 5., 1997, Mar del Plata. **Conferências**. [S.l.: s.n.], 1997. p. 11-19.

MERTEN, G. H. Rendimento de grãos de feijão em diferentes sistemas de preparo do solo com tração animal. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 10., 1994, Florianópolis. **Resumos...** Florianópolis: SBCS, 1994. p. 178-179.

MILLER, D. E. Root systems in relation to stress tolerance. **HortScience**, Alexandria, v. 21, n. 4, p. 963-970, Aug. 1986.

MULLINS, C. A.; TOMPKINS, F. D.; PARKS, W. L. Effects of tillage methods on soil nutrient distribution, plant nutrient absorption, stand and yield of snap beans and lima beans. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 113, n. 5, p.667-669, 1988.

MULLINS, G. L. Soil management under no-tillage: chemical aspects. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DO SISTEMA DE PLANTIO DIRETO, 1., 1995, Passo Fundo. **Resumos...** Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1995. p. 121-125.

MUZILLI, O. Influência do sistema de plantio direto, comparado ao convencional, sobre a fertilidade da camada arável do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 7, n. 1, p. 95-102, 1983.

MUZILLI, O. Manejo da fertilidade do solo. In: IAPAR. **Plantio direto no Estado do Paraná**. Londrina, 1984. p. 43-57. (IAPAR. Circular, 23).

OLIVEIRA, F. A. de; SILVA, J. J. S. Evapotranspiração, índice de área foliar e desenvolvimento radicular do feijão irrigado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 25, n. 3, p. 317-322, mar. 1990.

PAULETTI, V.; VIEIRA, S. M.; SANTOS, A. F. dos; OLIVEIRA, S. O. de; MOTTO, A. C. V. Avaliação da fertilidade do solo em profundidade e da palhada em áreas sob plantio direto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25., 1995, Viçosa, MG. **Resumos expandidos...** Viçosa, MG: SBCS, 1995. v. 2, p. 630-632.

PAULETTO, E. A.; PEDROTTI, A.; CRESTANA, S. Avaliação da compactação de um planossolo submetido a diferentes sistemas de cultivos através da tomografia computadorizada e do penetrômetro. In: SEMINÁRIO INTERAMERICANO DO SISTEMA DE PLANTIO DIRETO, 2., 1997, Passo Fundo. **Anais...** Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1997. p. 143-146.

PEDO, F.; MIELNICZUK, J.; MEDEIROS, J. C. Rendimento e distribuição de raízes em dois níveis de compactação do solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 6., 1986, Campo Grande, MS. **Resumos...** Campinas: Fundação Cargill, 1986. p. 14.

PHILLIPS, R. E.; KIRKHAM, D. Soil compaction in the field and corn growth. **Agronomy Journal**, Madison, v. 54, n. 1, p. 29-34, Jan./Feb. 1962.

PIRES, R. C. de M.; ARRUDA, F. B.; FUJIWARA, M.; SAKAI, E.; BORTOLETTO, N. Profundidade do sistema radicular das culturas de feijão e trigo sob pivô central. **Bragantia**, Campinas, v. 50, n. 1, p. 153-162, 1991.

PRIMAVESI, O.; MELLO, F. A. F. de; MURAOKA, T. Produção de matéria seca, concentração e acúmulo de nutrientes no feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.), em dois solos sujeitos à compactação. **Anais da Escola Superior de Agricultura Luis de Queiroz**, Piracicaba, v. 42, n. 2, p. 327-362, 1985.

ROBERTSON, L. S.; CHRISTENSON, D. R.; SMUCKER, A. J. MOKMA, D. L. M. Tillage systems. In: ROBERTSON, L. S.; FRAIZER, R. D. (Ed.). **Dry bean production: principles and practices**. [S.l.]: Michigan State University, 1978. p. 79-93.

ROVIRA, L. A. A. **Estudo do sistema radicular do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). var carioca.** 1975. 87 f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

SÁ, J. C. de M. Efeito do método de calagem em um LEa argiloso sob longo período de plantio direto com elevada acidez. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25., 1995, Viçosa, MG.

Resumos expandidos... Viçosa, MG: SBCS, 1995. v. 2, p. 1108-1110.

SÁ, J. C. de M. **Manejo da fertilidade do solo no plantio direto.** Castro: Fundação ABC, 1993. 96 p.

SARTORATO, A.; RAVA, C. A.; RIOS, G. P. Doenças fúngicas e bacterianas da parte aérea. In: ARAUJO, R. S.; RAVA, C. A.; STONE, L. F.; ZIMMERMANN, M. J. de O. (Coord.). **Cultura do feijoeiro comum no Brasil.** Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1996. p. 669-700.

SCHENK, M. K.; BARBER, S. A. Potassium and phosphorus uptake by corn genotypes grown in the field as influenced by root characteristics. **Plant and Soil**, The Hague, v. 54, p. 65-75, 1980.

SHAXSON, T. No cerrado, é preciso construir o solo antes de produzir. **Plantio Direto**, Passo Fundo, p. 8, mar. 1995. Número Especial Cerrado.

SILBERBUSH, M.; BARBER, S. A. Phosphorus and potassium uptake of field- grown soybean cultivars predicted by a simulation model. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 48, n. 3, p. 592-596, 1984.

SILVA, V. A. da; ANDRADE, M. J. B. de; RAMALHO, M. A. P.; SALVADOR, N.; LUNKES, J. A. Efeitos de métodos de preparo do solo e níveis de fertilizante NPK sobre o feijão da “seca” (*Phaseolus vulgaris* L.) em seqüência à cultura do milho. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 5., 1996, Goiânia. **Anais...** Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, 1996. v. 1, p. 418-420. (EMBRAPA-CNPAP. Documentos, 69).

SILVEIRA, P. M. da; SILVA, J. G. da. Efeito do preparo do solo e da rotação de culturas sobre o rendimento do feijoeiro irrigado. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 5., 1996, Goiânia. **Anais...** Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, 1996. v. 1, p. 462-464. (EMBRAPA-CNPAP. Documentos, 69).

SILVEIRA, P. M. da; SILVA, S. C. da; SILVA, O. F. da; DAMACENO, M. A. Estudo de sistemas agrícolas irrigados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 29, n. 8, p. 1243-1252, ago. 1994.

SIQUEIRA, R.; YAMAOKA, R. S.; CASÃO JUNIOR, R.; MEDEIROS, G. B. de; HAMAKAWA, P. J.; LADEIRA, A. de S. Sistemas de preparo e coberturas vegetais em um solo de baixa aptidão agrícola. In: ENCONTRO LATINO AMERICANO SOBRE PLANTIO DIRETO NA PEQUENA PROPRIEDADE, 1., 1993, Ponta Grossa. **Anais...** Ponta Grossa: IAPAR, 1993. p. 221-237.

SPONCHIADO, B. N.; WHITE, J. W.; CASTILLO, R.; JONES, P. G. Root growth of four common bean cultivars in relation to drought tolerance in environments with contrasting soil types. **Experimental Agriculture**, London, v. 25, n. 2, p. 249-257, Apr. 1989.

STONE, L. F.; PEREIRA, A. L. Sucessão arroz-feijão irrigados por aspersão: efeitos de espaçamento entre linhas, adubação e cultivar no crescimento, desenvolvimento radicular e consumo d'água do feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 29, n. 6, p. 939-954, jun. 1994.

STONE, L. F.; SILVEIRA, P. M. da. Efeito do preparo do solo na compactação e disponibilidade de água do solo e no desenvolvimento radicular e produtividade do feijoeiro irrigado por aspersão. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 5., 1996, Goiânia. **Anais...** Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, 1996. v. 1, p. 459-461. (EMBRAPA-CNPAP. Documentos, 69).

TEIXEIRA, D. M. C.; MAIA, A. de H. N.; CORNAT, B. **Profundidade efetiva de raízes em feijoeiro irrigado**. Parnaíba: EMBRAPA-CNPAP, 1992. 4 p. (EMBRAPA-CNPAP. Pesquisa em andamento, 17).

THUNG, M.; ORTEGA, J.; RODRIGUEZ, R. Respuesta y aprovechamiento del fósforo aplicado a dos profundidades y su efecto en el rendimiento del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 1., 1982, Goiânia. **Anais...** Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, 1982. p. 205. (EMBRAPA-CNPAP. Documentos, 1).

URCHEI, M. A. Efeitos do plantio direto e do preparo convencional sobre alguns atributos físicos de um Latossolo Vermelho escuro argiloso e no crescimento e produtividade do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) sob irrigação. 1996. 131 f. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

VIEIRA, M. J. Comportamento físico do solo em plantio direto. In: FANCELLI, A. L. (Coord.). **Atualização em plantio direto**. Campinas: Fundação Cargill, 1985. p. 161–179.

VIEIRA, M. J.; MUZILLI, O. Características físicas de um Latossolo Vermelho-Escuro sob diferentes sistemas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 19, n. 7, p. 873-882, jul. 1984.

WISNIEWSKI, C. HOLTZ, G. P. Decomposição da palhada e liberação de nitrogênio e fósforo numa rotação aveia-soja sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 32, n. 11, p. 1191-1197, nov. 1997.