

# Adaptação de um equipamento para incorporação de calcário em solos sob plantio direto<sup>1</sup>

*Adaptation of a lime incorporation equipment for soils under no-tillage*

Vilson Antonio Klein<sup>2</sup>, Arno Udo Dallmeyer<sup>3</sup>, Pedro Alexandre Varella Escosteguy<sup>4</sup>, Walter Boller<sup>4</sup>, Irineo Fioreze<sup>4</sup>, Marcio Luis Vieira<sup>5</sup>, Fábio Fernando Durigon<sup>6</sup>, Fernando Fávero<sup>7</sup>

Recebido em 11/04/2007; aprovado em 19/12/2007.

## RESUMO

O sistema plantio direto (SPD) é um sistema de manejo conservacionista do solo e a sua utilização em larga escala comprova as vantagens da sua adoção. Contudo, dois aspectos desse sistema restringem o rendimento das culturas: a compactação do solo e a concentração de nutrientes na superfície do solo e de elementos tóxicos ao desenvolvimento do sistema radicular na sub-superfície, resultantes da aplicação exclusiva de corretivos e fertilizantes na superfície do solo. O objetivo desse trabalho foi desenvolver um equipamento capaz de eliminar a compactação e de injetar calcário em profundidade, em solos sob SPD. Desenvolveu-se um equipamento que escarifica o solo em profundidades de até 25 cm e, por meio de um dosador mecânico e distribuidor (ou transportador) pneumático, injeta calcário com o auxílio de uma tubulação acoplada na parte posterior das hastes. Para verificar a eficiência do equipamento desenvolvido, implantou-se a cultura da soja utilizando-se quatro sistemas de plantio direto e avaliaram-se os rendimentos correspondentes. Os resultados das várias avaliações mecânicas realizadas foram positivos, apesar de haver ainda uma concentração do calcário numa área com cerca de 20 cm de diâmetro ao redor da haste. Na área onde houve escarificação com injeção de calcário, o

rendimento de grãos foi 818 kg ha<sup>-1</sup> superior ao SPD sem escarificação e sem aplicação de calcário. Os resultados permitem concluir que o equipamento desenvolvido representa uma alternativa para minimizar impedimentos físicos e químicos ao crescimento do sistema radicular no perfil do solo, aumentando o rendimento de grãos de soja.

**PALAVRAS-CHAVE:** compactação do solo, atributos físicos, atributos químicos.

## SUMMARY

No tillage (NT) is an excellent soil management system, whose advantages have been corroborated by its widespread use. However, two aspects of this system may restrict crop yield: soil compaction and the high concentration of nutrients on the soil surface and of toxic elements to root system development on the subsurface, due to the application of correctives and fertilizers exclusively on the topsoil. This study aimed to design an equipment capable of eliminating compaction and placing lime into NT soils. The equipment was designed to chisel plow the soil up to a depth of 25 cm, and to incorporate lime through a tube mounted on the rear edge of the chisel shank, using a mechanical metering system and a pneumatic injection/transportation system. Soybean was cropped

<sup>1</sup> Projeto financiado pelo CNPq, processo n° 470107/2004-9.

<sup>2</sup> Eng. Agr. Prof. Dr. Titular da FAMV/UPF, Bolsista do CNPq, C.P. 611, Passo Fundo – RS. 99001-970, 54 3316 8151. E-mail vaklein@upf.br.

<sup>3</sup> Eng. Agr. Prof. Dr Titular UFSM.

<sup>4</sup> Eng. Agr. Professores da FAMV/UPF.

<sup>5</sup> Eng. Agr. MS, Doutorando em Agronomia PPGA/FAMV/UPF.

<sup>6</sup> Acadêmico de Agronomia, bolsista Pibic CNPq.

<sup>7</sup> Acadêmico de Agronomia, bolsista Pibic Fapergs.

using four no-till soil management systems and grain yield was assessed. The results of several mechanical assessments were positive, despite the fact that lime was concentrated in an area of approximately 20 cm in diameter around the shank. In the area that was chisel plowed and limed, grain yield was 818 kg ha<sup>-1</sup> higher than in NT soils that were not chisel plowed and not limed. The results show that the proposed equipment is an alternative to mitigate physical and chemical constraints to root system development in the soil profile, increasing soybean grain yield.

**KEY WORDS:** soil compaction, physical attributes, chemical attributes.

## INTRODUÇÃO

O sistema plantio direto (SPD), por não requerer preparo prévio do solo para a semeadura, reduz consideravelmente os custos de produção e os efeitos negativos da erosão hídrica do solo, sendo uma prática amplamente adotada no Sul do Brasil. No entanto, a utilização do referido sistema de manejo ocasiona mudanças significativas nas propriedades físicas e químicas do solo. Inúmeros trabalhos evidenciam que o plantio direto aumenta a densidade do solo (VOORHEES e LINDSTROM, 1983; SIDIRAS et al., 1984; VIEIRA, 1985; KLEIN e BOLLER, 1995).

Segundo Freitas (1994), a compactação do solo é considerada a maior limitação à produção de culturas em todo o mundo, pois afeta diretamente o crescimento das raízes, diminui a capacidade de infiltração de água no solo, reduz a translocação de nutrientes, resultando em uma pequena camada para ser explorada pelas raízes. Destaca ainda que por depender de vários fatores, principalmente a umidade do solo no momento de crescimento das raízes, o efeito da compactação na produção das culturas é difícil de ser quantificado.

A escarificação do solo é uma prática mecânica que pode ser utilizada para reduzir a compactação, diminuindo a densidade e a resistência mecânica do solo à penetração do sistema radicular das plantas, aumentando também o espaço de aeração e o volume de água facilmente disponível às plantas (INOUE et al., 2002). Esta prática de manejo

do solo apresenta como vantagem sobre os demais sistemas de preparo do solo, manter considerável proporção dos restos de culturas anteriores (até 75%) sobre a superfície do solo, desagregar o solo segundo os seus planos de fratura naturais, demandar menos tempo e consumir menos combustível (BOLLER, 1996).

Trabalhos recentes vêm demonstrando o efeito benéfico de uma escarificação eventual do solo sob SPD, promovendo incrementos positivos sobre o rendimento das culturas, principalmente do milho (SILVA, 2003; KLEIN et al. 2004), além de se apresentar como uma técnica muito interessante para melhoria da conservação do solo e da água no SPD (CAMARA e KLEIN, 2005).

De acordo com Taylor (1967), características químicas do solo geralmente são modificadas pela incorporação de fertilizantes aplicados na sua superfície ou pela colocação dos mesmos dentro da camada arável. O desenvolvimento vegetal pode ser afetado por estas mudanças, especialmente quando se trata de sementes em germinação e plântulas em estabelecimento. Quando as raízes encontram altas concentrações de alumínio tóxico, o seu crescimento tende a limitar-se, prejudicando seriamente o desenvolvimento e produção da planta. Este efeito adverso pode ser minimizado pela incorporação de calcário, que deve ser bem misturado ao solo. Conclui ainda, que na presença de altas concentrações de alumínio tóxico no solo, operações de preparo (especialmente subsolagem), realizadas com o intuito de promover maior desenvolvimento do sistema radicular, comumente fracassam, pois o impedimento ao crescimento das raízes é químico e não mecânico.

Em solos sob SPD onde os corretivos (calcário) e fertilizantes são aplicados na superfície do solo, têm-se observado um elevado gradiente na concentração de nutrientes e de elementos tóxicos ao desenvolvimento do sistema radicular no perfil do solo. Caires e Fonseca (2000) destacam inclusive que a calagem na superfície em sistema plantio direto, sem critério adequado, pode ocasionar redução na absorção de zinco e de manganês em decorrência do aumento do pH nessa camada.

Vários estudos têm sido realizados avaliando diferentes doses de calcário em superfície e com incorporação. Kaminski et al. (2005) destacam que

a incorporação do calcário com arado de discos, antes da implantação do SPD, neutralizou a acidez em profundidades maiores e mostrou-se mais eficiente que a aplicação superficial. Ciotta et al. (2004), em trabalho realizado no Paraná, não obtiveram diferenças no pH, nos teores de Ca e Mg e na saturação por bases até a profundidade de 15 cm e de alumínio trocável até a profundidade de 20 cm, tanto para aplicação na superfície, quanto para calcário incorporado.

Por outro lado, implementos de hastes, como escarificadores ou subsoladores são muito ineficientes na incorporação de calcário em profundidade, ocorrendo uma pequena incorporação até a metade da profundidade de operação (DEP. AGR. PURDUE, 2004).

Doss e Lund (1975) afirmam que solos ácidos, que não são corrigidos em profundidade, apresentam uma séria limitação ao desenvolvimento radicular das plantas, diminuindo assim a sua produtividade. Estes mesmos autores estudaram o efeito do pH do subsolo sobre o desenvolvimento do sistema radicular, parte aérea e na produtividade de algodão, e constataram que estes eram afetados negativamente quando ocorria déficit hídrico durante o período vegetativo da cultura. Quando as precipitações eram suficientes não ocorriam diferenças significativas.

Johnson et al. (1969) e Markin (1986) comentam o mecanismo de injeção de fertilizantes líquidos em profundidade no solo com o auxílio de hastes de subsolador, creditando os bons resultados no desenvolvimento da cultura devido à descompactação do solo em profundidade e colocação de nutrientes.

Em países europeus há várias décadas, vem sendo utilizados subsoladores equipados com adubadoras pneumáticas que sopram o fertilizante no subsolo por meio de dutos instalados na parte posterior da haste sulcadora (SCHULTE-KARRING, 1973). Nutrientes como o fósforo, que é indispensável para as plantas apresenta-se imóvel no solo. Esta é uma justificativa da utilização desses equipamentos para melhorar a distribuição e a mistura no perfil do solo, incrementando o crescimento do sistema radicular e a absorção desse nutriente.

Richards et al. (1995) apresentaram uma proposta de incorporação de calcário em

profundidade com a utilização de um subsolador com dispositivo acoplado. Esses autores destacam que com a incorporação de calcário ocorreu um incremento de Ca e a redução da toxidez de alumínio, sendo uma excelente estratégia para melhorar o ambiente ao crescimento profundo do sistema radicular.

O objetivo desse trabalho foi desenvolver um equipamento capaz de incorporar calcário em profundidade em solos sob SPD, sem promover a inversão de camadas de solo e avaliar o efeito dessa operação no rendimento de grãos da cultura da soja.

## MATERIAL E MÉTODOS

Como implemento de preparo do solo, utilizou-se um escarificador, modelo Jumbo-Matic, de engate na barra de tração, equipado com cilindros hidráulicos de acionamento por controle remoto, cinco hastes de formato parabólico, espaçadas em 350 mm, ponteira com largura de 18,7 mm na extremidade e 78,2 mm no meio, disco de corte com diâmetro de 432 mm, para corte dos restos culturais e nivelador/destorroador composto por um rolo com barras transversais/helicoidais, que também tem por função auxiliar na regulagem da profundidade.

Sobre esse escarificador foi colocado o reservatório de calcário, com capacidade para 600 kg, equipado com dosadores do tipo transportador helicoidal. Estes elementos mecânicos são acionados pela roda motriz com o auxílio de um sistema de transmissão por correntes. O calcário é conduzido pelas tubulações flexíveis e metálicas até o interior do solo, que conduzem o calcário para uma tubulação de metal fixada na parte posterior de cada haste (Figura 1A), sendo depositado a aproximadamente 5 cm acima da profundidade de trabalho das hastes.

Para facilitar o transporte e deposição profunda de calcário no solo, acoplou-se um sistema pneumático composto por uma turbina (Figura 1B), de uma semeadora de precisão marca MAX, modelo TM 605, acionada pela TDP do trator, e um sistema de distribuição de fluxo de ar direcionado a todas as hastes. Esse sistema é composto por uma central de distribuição e por tubulações flexíveis (Figura 1C). Na conexão da tubulação do ar com a do calcário, junto à haste, foi instalado um sistema do tipo "venturi"



A



A



B



C

Figura 1 - Detalhes dos principais elementos construtivos do equipamento desenvolvido. (A) haste de formato parabólico com as tubulações; (B) sistema pneumático acoplado ao equipamento; (C) sistema de distribuição do fluxo do ar.

para criar, uma pressão negativa na tubulação e para succionar o calcário e injetá-lo para dentro do solo. Na Figura 2, apresentam-se uma visão geral do equipamento desenvolvido com os sistemas colocados e na posição de trabalho.

As avaliações funcionais do equipamento constaram da determinação da vazão do calcário em todos os dosadores por meio de coletas e pesagens. No campo avaliou-se visualmente a distribuição do calcário cavando-se trincheiras, transversais ao

deslocamento do equipamento.

Para avaliar a influência da incorporação profunda de calcário pelo equipamento desenvolvido instalou-se um experimento em um Latassolo Vermelho distrófico típico, com composição granulométrica média de 36,1% de argila, 9,4% de silte e 54,5% de areia e conduziu-se os sistemas de manejo, constituídos por quatro tratamentos (Tabela 1).



Figura 2 - Visão geral do equipamento desenvolvido com a disposição dos elementos construtivos montados e em posição de trabalho.

Tabela 1-Tratamentos testados no experimento para avaliação da incorporação de calcário em solos sob plantio direto sobre a cultura da soja. Passo Fundo, RS, 2005

Tratamentos	Designação	Manejes
T1	PD	Plantio direto
T2	PDE	Plantio direto escarificado
T3	PD + CS	Plantio direto com calcário em superfície ( $1400 \text{ kg ha}^{-1}$ )
T4	PDE + IC	Plantio direto escarificado com injeção de calcário ( $1400 \text{ kg ha}^{-1}$ )

Sobre esses tratamentos, sem preparo complementar, foi implantada a cultura da soja em direção transversal à escarificação, para comparar os rendimentos de grãos obtidos em cada sistema de manejo e poder verificar a eficiência do equipamento desenvolvido. Para implantação da cultura da soja utilizou-se uma semeadora adubadora equipada com mecanismo sulcador tipo cinzel, para deposição do adubo que operou a 10 cm de profundidade e com discos duplos defasados, para deposição da semente.

Os tratamentos foram dispostos em faixa, adotando-se o delineamento inteiramente casualizado (DIC) com quatro repetições, totalizando 16 parcelas experimentais com  $2 \text{ m}^2$  de área. Os dados foram submetidos à análise da variância, aplicando-se o teste F e as médias dos tratamentos comparadas pelo teste de Duncan. Ambos os testes foram realizados para o nível de significância de 5% de probabilidade.

Após um período de 6 meses, da implantação do experimento, foram coletadas amostras de solo, variando a profundidade em 5 cm. Nestas amostras foram analisados os atributos químicos da acidez, teores de fósforo, potássio, matéria orgânica, alumínio,

cálcio, magnésio, e estimados valores da capacidade de troca catiônica (CTC), saturação por bases, por alumínio e por potássio, além dos teores de enxofre, boro, manganês, zinco e cobre (TEDESCO et al., 1995), bem como, os atributos físicos, a densidade, a porosidade total e a macroporosidade (EMBRAPA, 1997).

No presente trabalho verificou-se, ainda, a necessidade da aplicação profunda de alguns nutrientes, pouco móveis principalmente em solos com elevado teor de argila e com mais de 10 anos sob plantio direto. Para essa finalidade foram coletadas amostras de solo com distintos teores de argila na região do Planalto Médio Rio-Grandense, e analisadas, quanto aos seus atributos químicos, conforme procedimentos descritos anteriormente.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O equipamento desenvolvido apresentou uma capacidade operacional efetiva de  $0,61 \text{ ha h}^{-1}$ , determinada com base na velocidade de avanço de  $5 \text{ km h}^{-1}$  e da largura de trabalho de 1,75 m,

considerando-se uma eficiência de trabalho de 70%. Os mecanismos dosadores possibilitaram uma adequada vazão de calcário, sendo o desempenho do equipamento satisfatório, ainda que um protótipo.

Aspectos que, a princípio, poderiam ser apontados como fatores limitantes, incluem a necessidade do calcário ser seco e a capacidade limitada do reservatório, que implica em reabastecimento muito freqüente. Porém, é possível utilizar embalagens de fertilizantes com capacidade para 500 kg, o que aumentaria a eficiência de campo do equipamento.

Em relação a limitada capacidade do reservatório, deve-se considerar que a quantidade a ser aplicada, em geral, não será muito elevada. Embora essa quantidade varie com tipo e condição do solo, a maioria dos solos do Rio Grande do Sul - (RS), dificilmente necessitam quantidades superiores a 3000 kg ha<sup>-1</sup>. A época mais recomendada para se fazer a escarificação e calagem é após a colheita da cultura da soja e imediatamente antes da cultura de inverno (KLEIN et al., 2006). Nesse período, geralmente, são poucas as atividades a serem realizadas na propriedade rural típica do RS, que é baseada em culturas de grãos.

Verificou-se que o calcário quando aplicado no perfil do solo, unicamente pela força da gravidade, concentra-se em determinados pontos, formando-se

um filete, o que limita muito o volume de solo corrigido reduzindo a neutralização do alumínio tóxico. No entanto, a aplicação pneumática, com o equipamento desenvolvido possibilita a distribuição do calcário ao longo do perfil do solo e, ainda, evitando-se a obstrução das tubulações dos mecanismos dosadores.

Nas avaliações feitas a campo, foram visualizados bulbos de calcário na direção de deslocamento com aproximadamente 20 cm de diâmetro e 10 cm de altura. A formação destes bulbos depende do teor de água no solo, pois quanto mais seco o solo, maiores serão as fendas de cisalhamento no solo e melhor a distribuição. A uniformidade na aplicação de calcário no perfil foi afetada pelo espaçamento entre as hastes, pois quanto menor, melhor será a distribuição do calcário. Mesmo assim, o volume de solo na camada de 10 a 20 cm que recebeu calcário foi de 50 %. Este valor é, provavelmente, superior ao volume de solo corrigido com uma aplicação superficial seguida de uma aração.

Os valores de saturação de alumínio aumentaram para todos os tratamentos até a profundidade de aproximadamente 20 cm, a partir da qual o SPD apresentou os maiores valores (Figura 3A). Por outro lado, até a profundidade de 10 cm o sistema com escarificação com injeção de calcário proporcionou as melhores condições de acidez (Figura 3B).

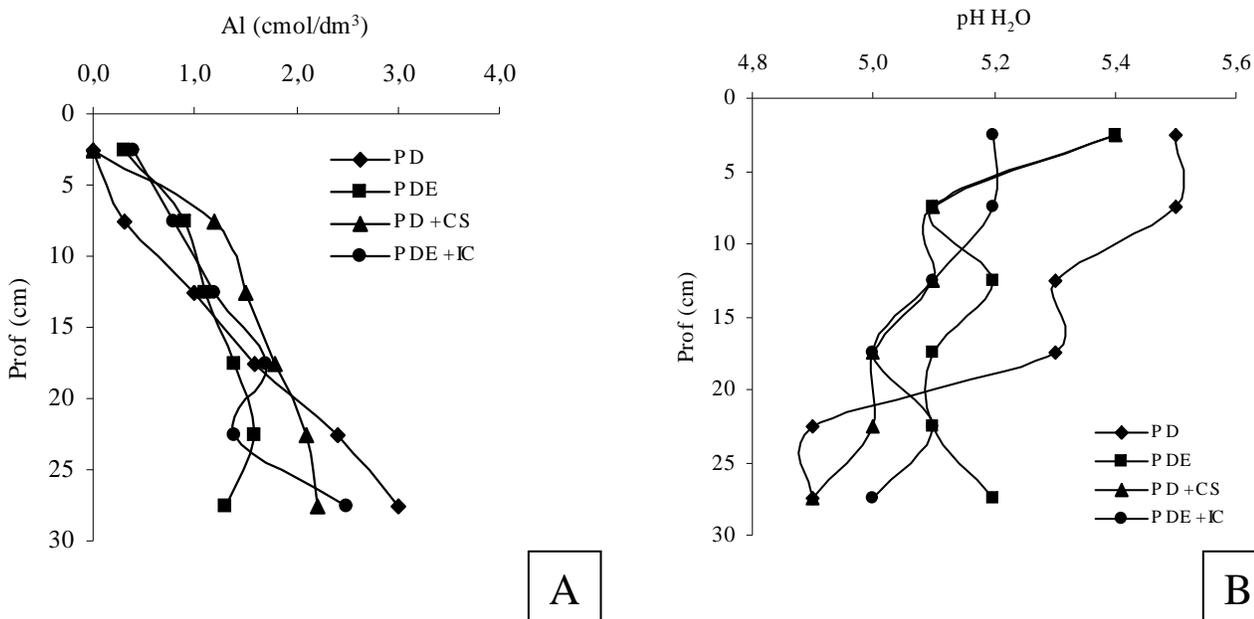


Figura 3 - Principais atributos químicos do solo avaliados em função da profundidade e manejo do solo. (A) Saturação por alumínio e (B) acidez ativa (PD= Plantio direto; PDE= plantio direto escarificado).

Importante destacar que nesse experimento a quantidade de calcário finamente moído aplicado foi de  $1400 \text{ kg ha}^{-1}$ , dose bastante baixa, o que possibilitou, em função da granulometria, a reação com o solo e o cessamento do seu efeito 6 meses após a aplicação. Uma recomendação, em relação ao calcário a ser utilizado nesse equipamento é que ele tivesse granulometria bastante variada. Dessa forma a ação do mesmo sobre a acidez e, por conseguinte, eliminação de elementos tóxicos seria mais duradoura, visto que partículas menores reagem mais rapidamente, enquanto que partículas maiores demoram mais para se solubilizarem.

Na Figura 4 apresentam-se os principais atributos físicos do solo avaliados. Observa-se que as tendências dos valores de densidade do solo, porosidade total e volume de macroporos para os dois sistemas de manejo foram semelhantes. No entanto, houve diferenças significativas no rendimento da soja em função do sistema de manejo do solo (Figura 5). Este fato, também constatado por Vieira (2006), leva a suposição de que os métodos tradicionais utilizados para avaliar a qualidade física do solo, não apresentam uma adequada sensibilidade que possibilite para detectar pequenas alterações na estrutura do solo.

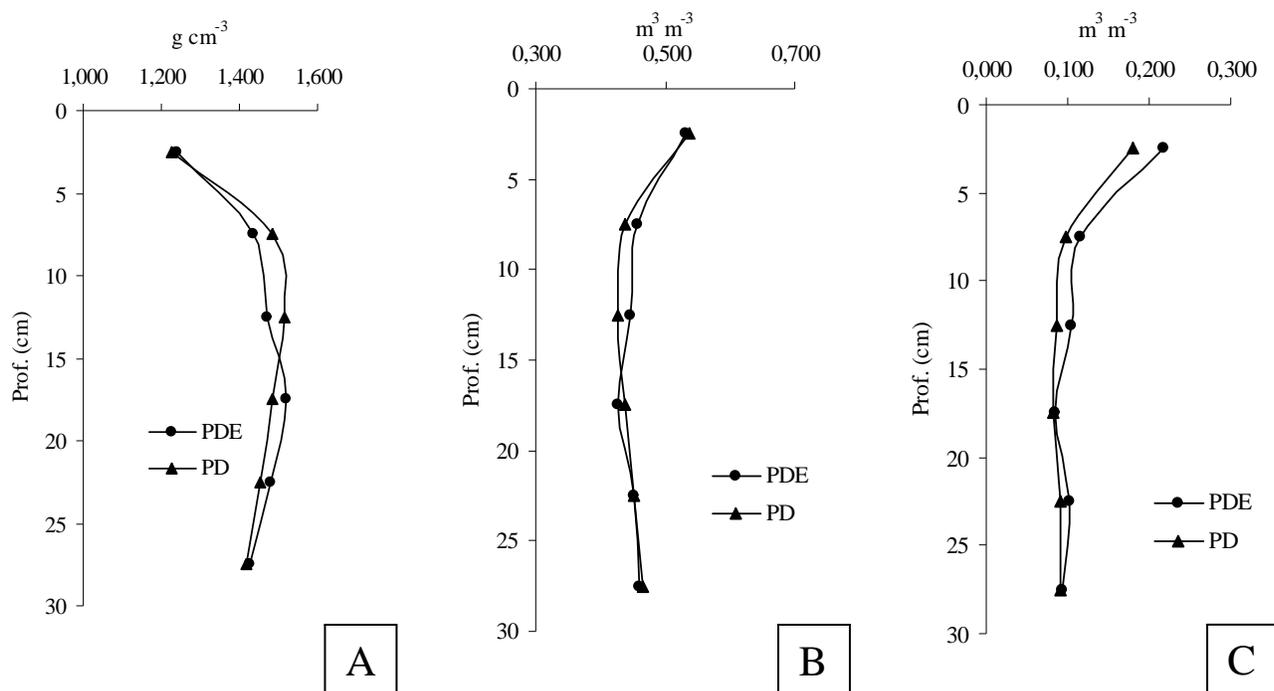


Figura 4 - Principais atributos físicos do solo avaliados em profundidade e manejo. Densidade do solo (A), porosidade total (B) e volume de macroporos (C) (PDE= Plantio direto escarificado e PD= Plantio direto).

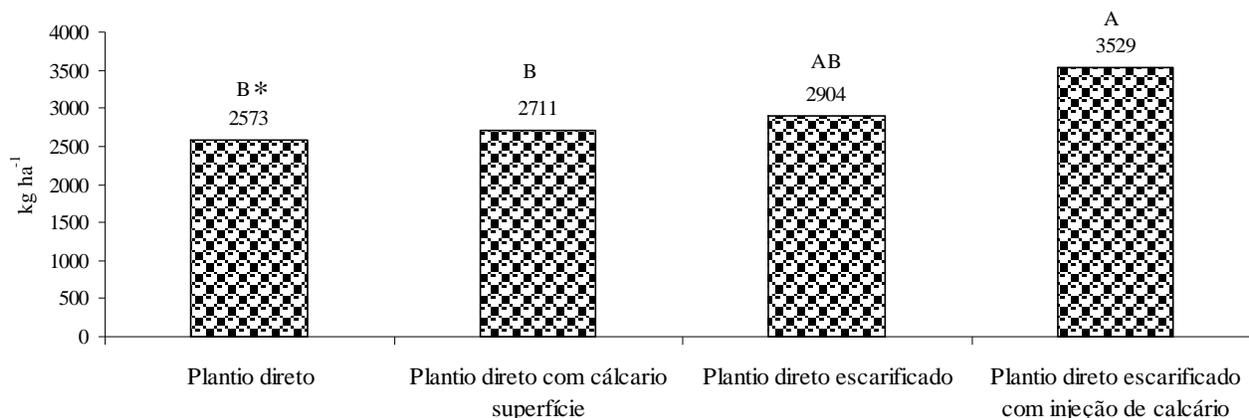


Figura 5 - Rendimento de grãos de soja ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) em função dos manejos do solo.

\* Médias com a mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Duncan para 5% de probabilidade  $CV=12,6\%$ .

Tabela 2 - Teor de fósforo em profundidade em solos sob plantio direto.

Profundidade cm	Solo 1 (40% argila)	Solo 2 (50% argila)	Solo 3 (70% argila)
	mg dm <sup>-3</sup>		
0 a 5	33	48	29
5 a 10	17	15	7
10 a 15	8	12	8
15 a 20	6	7	5
20 a 25	5	4	4
25 a 30	5	4	4

Na Figura 5 observa-se, ainda, que os sistemas de manejo com escarificação apresentaram os maiores rendimentos de grãos de soja. O sistema de plantio direto com aplicação profunda de calcário produziu 956 kg ha<sup>-1</sup> a mais do que o plantio direto, o que corresponde a quase 16 sacos de soja por ha, o que geraria uma renda adicional de R\$ 360,00 ha<sup>-1</sup>, valor esse que supera em muito o custo da operação, incluindo o custo do calcário.

Com base na Tabela 2, constata-se que em solos com vários anos sob plantio direto ocorre uma elevada concentração de fósforo nas camadas superficiais. Isto pode acarretar a concentração do crescimento do sistema radicular nessa camada, limitando o crescimento das culturas, em períodos de déficit hídrico. A concentração do fósforo na camada superficial é motivada pelo não revolvimento do solo e a utilização de sulcadores em semeadoras-adubadoras, para descompactação, que depositam o fertilizante até uma profundidade de no máximo 12 cm. Abaixo dessa profundidade os níveis do nutriente são extremamente baixos.

O equipamento desenvolvido poderia atenuar esta problemática, pois nele pode-se adaptar um segundo reservatório que possibilite aplicação profunda de calcário e fertilizante no solo simultaneamente, especialmente os que apresentam as referidas características.

Esse equipamento com algumas modificações, poderá ser utilizado na implantação de pomares em solos com elevados teores de alumínio e baixos teores de nutrientes em profundidade (WILMS, 1986), uma vez que existe a recomendação de se incorporar corretivos e fertilizantes a profundidades de até 40 cm, o que é feito de forma muito ineficiente com a

utilização de subsoladores convencionais ou de arados de aivecas, sendo necessárias várias operações.

## CONCLUSÕES

1. O equipamento adaptado melhorou as condições químicas do solo em relação a aplicação superficial de calcário.
2. A incorporação profunda de calcário e a mobilização do solo aumentaram o rendimento de grãos da cultura da soja.

## AGRADECIMENTOS

Agradecimento muito especial ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pelo financiamento do projeto, a JAN Implementos Agrícolas S/A pela cedência do escarificador Jumbo Matic, a Empresa Tecmaster que apostou na nossa idéia e construiu o protótipo, a Valtra do Brasil S/A pela cedência do trator utilizado na implantação dos experimentos e ao Sindicato da Indústria de Calcário no RS (SINDICALC) pela doação do calcário.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BOLLER, W. **Avaliação de diferentes sistemas de manejo do solo visando à implantação da cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.)** 1996. 272 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrônômicas - Universidade Estadual Paulista.
- CAIRES, E.F.; FONSECA, A.F. Adsorção de nutrientes pela soja cultivada no sistema de plantio direto em função da calagem na superfície.

- Bragantia**, Campinas, v.59, n.2, p.213-20, 2000.
- CAMARA, R.K.; KLEIN, V.A. Escarificação em plantio direto como técnica de conservação do solo e da água. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.29, n.5, p.789-96, 2005.
- CIOTTA, M.N.; BAYER, C.; ERNANI, P.R. et al. Manejo da calagem e os componentes da acidez de Latossolo Bruno em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.28, n.2, p. 317-26, 2004
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro. 1997. 212p.
- DEP. AGR., PURDUE. **Soil acidity and liming of Indiana**. Dep. of Agronomy Purdue. Disponível em: <<http://www.agry.purdue.edu/ext/forages/publications/ay267.htm>> Acesso em: 15 ago. 2004.
- DOSS, B.D.; LUND, L.F. Subsoil pH Effects on Growth and Yield of Cotton. **Agronomy Journal**, Madison, v.67, n.2, p. 193-6, 1975.
- FREITAS, P.L., de Aspectos físicos e biológicos do solo. In: LANDERS, J.N. Ed. **Experiências de plantio direto no Cerrado**. Goiânia: APDC, 1994. p.199-213.
- INOUE, T. T.; ARAÚJO, M. A.; TORMENA, C. A. et al. Influência da escarificação em propriedades físicas de um Latossolo vermelho distroférrico após 13 anos de plantio direto. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 14., Cuiabá, 2002. **Resumos Expandidos...** Cuiabá: SBCS, 2002. CD-ROM.
- JOHNSON, D. R.; HERBER, J.H.; EASTIN, J.D. et al. Effect of Injections of Propane into Soil on Crop Growth. **Agronomy Journal**, Madison, v.61, n.3, p. 371-4, 1969.
- KAMINSKI, J.; SANTOS, D.R.; GATIBONI, L.C. et al. Eficiência da calagem superficial e incorporada precedendo o sistema plantio direto em um argissolo sob pastagem natural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa, v.29, n.4, p.573-80. 2005
- KLEIN, V.A. BIASUZ Jr. I.J.; MASSING, J.P. et al. Rendimento de milho em plantio direto escarificado. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 15., Santa Maria, 2004. **Resumos Expandidos...** Santa Maria: SBCS, 2004. CD-ROM.
- KLEIN, V.A. ; BOLLER, W. Avaliação de diferentes métodos de manejos de solo e métodos de semeadura em área sob sistema plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.25, p.395-8, 1995.
- KLEIN, V.A.; VIEIRA, M.L.; MARCOLIN, C.D. Quando Escarificar. **Cultivar Máquinas**, Pelotas n.52, p.22-25, 2006.
- MARKING, S. The Paraplow: A Performance Profile. In.: Soybean Digest. [S.l. : s.n], 1986. p. 8-10.
- RICHARDS, J.E.; MISENER, G.C.; MILBURN, P. et al. Incorporation of limestone into naturally compacted subsoil during deep-ripping. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v.36, p.21-32, 1995.
- SIDIRAS, N.; VIEIRA, S.R. ; ROTH, C.H. Determinação de algumas características físicas de um Latossolo roxo distrófico sob plantio direto e preparo convencional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.8, p.265-8, 1984.
- SILVA, V. R. da. **Propriedades físicas e hídricas em solos sob diferentes estados de compactação**. Santa Maria, 2003. 171 p. Tese (Doutorado) - UFSM, 2003.
- SCHULTE-KARRING, H. **Die Meliorative Boden bewirtschaftung**. [S.l.] : R. Wärllich Arweiler. 1973. 239p.
- TAYLOR. H. M. Effects of Tillage-Induced Soil Environmental Changes on Root Growth. In.: ASE. **Tillage for greater Crop Production**. St. Joseph: ASE. 1967. p. 15-8. ASE Publication Proc. 162.
- TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A. et al. **Análise de solo, plantas e outros minerais**. Departamento de solos - Faculdade de Agronomia. UFRGS. Porto Alegre. 1995. 174 p.
- VIEIRA, M.J. Comportamento físico do solo em plantio direto. In: FANCELLI, A.L.; TORRADO, P.V.; MACHADO, J. **Atualização em plantio direto**. Campinas: Fundação Cargill, 1985. p. 163-79.
- VIEIRA, M.L. **Propriedades físico-hídrico-mecânicas do solo e rendimento de milho submetido a diferentes sistemas de manejo**. Passo Fundo, 2006. 104 p. Dissertação (Mestrado) - UPF, 2006.
- WILMS, F.W.W.; BASSO, C.; SUZUKI, A. **Escolha e preparo de terreno e plantio**. In: Manual da cultura da macieira. Florianópolis: EMPASC, 1986. p. 224-35.
- VOORHEES, W.B. ; LINDSTROM, M.J. Soil compaction on conservation tillage in the northern corn belt. **Journal of Soil and Water Conservation**, Ankeny, v. 38, p.307-11, 1983.