



# EVOLUÇÃO DA COMPRESSIBILIDADE DE UM LATOSSOLO ARGILOSO SOB SEMEADURA DIRETA

**DAVID PERES DA ROSA<sup>(1)</sup>; VANDERLEIA TREVISAN DA ROSA<sup>(2)</sup>; JOSÉ MIGUEL REICHERT<sup>(3)</sup>; DALVAN JOSÉ REINERT<sup>(3)</sup>; ARCENIO SATTLER<sup>(4)</sup>, MARCELO IVAN MENTGES<sup>(4)</sup>; DAVI ALEXANDRE VIEIRA<sup>(4)</sup>**

**RESUMO** - O sistema de semeadura direta é o mais empregado no Brasil, porém há poucas pesquisas sobre sua caracterização ao longo do tempo. O objetivo deste trabalho foi avaliar a evolução da compressibilidade de um Latossolo Vermelho distrófico sob semeadura direta. Os tratamentos em estudo foram: SD<sub>14</sub> – semeadura direta há 14 anos; SD<sub>5,5</sub> – semeadura direta há 5,5 anos; SD<sub>4</sub> – semeadura direta há 4 anos; SD<sub>2</sub> – semeadura direta há 2 anos; SD<sub>0</sub> – semeadura direta há 0 anos (seis meses). Coletaram-se informações de densidade do solo, índice de vazios, tensão de pré-consolidação e coeficiente de compressão nas camadas de 0-0,07m, 0,07-0,15m e 0,15-0,22m. Na camada superficial foi encontrada a maior suscetibilidade a compactação e os menores valores de tensões de pré-consolidação, sendo que o SD<sub>0</sub> foi o mais suscetível. Na camada 0,07-0,15m a densidade do solo aumentou com o aumento do período de implantação do sistema. Os tratamentos apresentaram comportamentos similares na camada 0,15-0,22m.

## Introdução

O sistema de semeadura direta tornou-se o sistema mais difundido no Brasil, sob o slogan de um sistema conservacionista. Porém, após alguns anos, o solo sob esse sistema está apresentando problemas de compactação sub-superficial, os quais se agravam pelo não revolvimento do solo (restrito à linha de semeadura) (Rosa [1]), aumento no tamanho das máquinas e implementos agrícolas, repercutindo no aumento da carga normal da máquina ao solo (Rosa [1]), umidade inadequada quando na implantação das culturas (Silva et al. [2]) e utilização inadequada da pressão de inflação dos pneus agrícolas (Richart et al. [3], Tessier & Lague [4], Håkansson & Danfors [5]).

O efeito da compactação pode estar armazenado no banco de memórias de tensões do solo. Conforme explicam Holtz & Kovacs [6], a estrutura desse

armazena todo o histórico de tensões e processos naturais sofridos. Assim, tem-se no estudo da compressibilidade do solo a possibilidade de análise desse histórico, sendo amplamente utilizado para determinar a capacidade de suporte, bem como delimitar as áreas de deformações plásticas (o solo ao ser submetido a uma força normal consegue retornar ao seu estado de origem) e elásticas (o solo não consegue retornar ao seu estado origem ao ser submetido a uma força normal).

Mediante a curva de compressão, que considera o índice de vazios ou a densidade com o logaritmo da pressão aplicada, obtém-se a tensão de pré-consolidação ( $\sigma_p$ ), que é um parâmetro indicativo da capacidade de suporte de pressão do solo (Dias Junior & Pierce [7]), e o coeficiente de compressão (Cc), que é um indicativo da suscetibilidade à compactação (Larson et al. [8]).

Este trabalho objetivou avaliar a evolução no tempo dos parâmetros compressivos de um solo sob semeadura direta.

**Palavras-Chave:** tráfego, compactação, efeito residual.

## Material e métodos

O estudo foi executado no ano agrícola 2006/2007 (após a safra da cultura de inverno), em área pertencente a EMBRAPA Trigo, sob Latossolo Vermelho distrófico (EMBRAPA [9]). A área está delimitada entre as coordenadas 28°10'00" de latitude sul, 52°22'00" de longitude oeste, e altitude de aproximadamente 686m. É caracterizada pela ocorrência de precipitação pluvial mínima de 60mm mensais, distribuída ao longo de todos os meses do ano (Nimer [10]), e o clima da região enquadra-se na classificação de Köppen, zonas Cfa e Cfb.

Os tratamentos no campo estão distribuídos como fatorial 5x2, possuindo cinco tipos de sistemas de manejo e dois níveis de tráfego, totalizando dez tratamentos. Os sistemas de manejo são: SD<sub>14</sub> – semeadura direta há 14

<sup>(1)</sup> Eng. Agríc, doutorando do Prog. de Pós-Grad. em Eng. Agrícola (PPGEA), Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, RS. R. Elpídio de Menezes, 195, ap401, Santa Maria, RS, CEP97105-110, E-mail: [david.dpr@gmail.com](mailto:david.dpr@gmail.com). (apresentador do trabalho)

<sup>(2)</sup> Eng. Agríc, doutoranda do Prog. de Pós-Grad. em Ciência do solo (PPGCS), Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria/RS, e-mail: [vandetrevisan@ibestp.com.br](mailto:vandetrevisan@ibestp.com.br).

<sup>(3)</sup> Eng. Agro., Prof. do Dep. de Solos, bolsista CNPq, Centro de Ciências Rurais (CCR), Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria/RS.

<sup>(4)</sup> Eng. e Msc em Mecânica, pesquisador EMBRAPA TRIGO.

<sup>(5)</sup> Discente do curso de Agronomia da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM).

anos; SD<sub>5,5</sub> – semeadura direta há 5,5 anos; SD<sub>4</sub> – semeadura direta há 4 anos; SD<sub>2</sub> – semeadura direta há 2 anos; SD<sub>0</sub> – semeadura direta há 0 anos (seis meses).

Foram coletadas amostras com estrutura preservada nas camadas de 0-0,07m, 0,07-0,15m e 0,15-0,22m, sendo posteriormente homogeneizadas quanto ao potencial matricial em câmara de pressão de Richards, em sucção de 33kPa. Essas amostras foram submetidas ao ensaio de compressão uniaxial, seguindo a NBR-12007/90 (ABNT [11]), aplicando, cargas estáticas de 12,5; 25; 50; 100; 200; 400; 800 e 1600 kPa, por um período de cinco minutos de aplicação de cada carga. Conforme Machado et al. [12], mais de 90% da compactação é alcançada nesse intervalo. Para a determinação da tensão de pré-consolidação ( $\sigma_p$ ), coeficiente de compressibilidade (Cc), densidade do solo e índice de vazios, foi utilizado o software Compress (Reinert et. al [13]), optando-se pelo método de Casagrande (Holtz & Kovacs [6]), com ajuste semi-manual (método 2) no programa computacional Compress.

A análise estatística constou de análise da variância e comparação de médias pelo de Tukey, realizados pelo software ESTAT (UNESP Jaboticabal).

## Resultados e discussão

Na tabela 1 encontram-se os dados de densidade do solo (Ds), índice de vazios (IV), coeficiente de compressão (Cc) e tensão de pré-consolidação ( $\sigma_p$ ), nos tratamentos e camadas em estudo, e na tabela 2 encontram-se esses dados quando houve influência na interação manejo x tráfego.

Na camada superficial, compreendida 0-0,07m, o tráfego não influenciou os dados de Ds, Cc e  $\sigma_p$ , tendo o manejo o efeito significativo. O solo sob semeadura direta recentemente (SD<sub>0</sub>) apresentou a menor Ds, sendo diferente dos demais. Tal fato atribui-se à ação de revolvimento na aração o qual tem como característica redução da Ds. O solo sob semeadura direta há 14 anos não apresentou a maior densidade do solo, podendo potencialmente demonstrar sua ação em sua estrutura.

Aliado à menor densidade, o SD<sub>0</sub> demonstrou o maior índice de vazios, porém, como desvantagem, apresentou o maior coeficiente de compressão e menor tensão de pré-consolidação que lhe conferirá um menor suporte de carga e maior suscetibilidade à compactação. Concordante a isso, Rosa [1] encontrou maior suscetibilidade à compactação em solo sob semeadura direta com 6 meses de implantação (sendo realizado somente escarificação) em Latossolo Vermelho distrófico. Os tratamentos não apresentaram diferença na tensão de pré-consolidação, sendo que os tratamentos apresentaram valores bem similares exceto o SD<sub>0</sub>.

O tráfego gerou uma pequena redução no índice de vazios (tabela 2), sendo que o solo sob semeadura direta a 5,5 anos (SD<sub>5,5</sub>) e a 14 anos (SD<sub>14</sub>)

apresentaram valores similares, demonstrando comportamentos parecidos.

Na camada intermediária (0,07-0,15m), verifica-se, na tabela 1, que o tráfego não ofereceu diferença entre os tratamentos. O SD<sub>0</sub> continuou a apresentar a menor densidade, porém o SD<sub>14</sub> demonstrou a maior densidade do solo, sendo que este parâmetro aumentou com o aumento do período de uso desse sistema. Nota-se aqui o efeito do tráfego acumulado no tempo, pois além desse fato, o índice de vazios demonstrou o mesmo comportamento. Na tabela 2, observa-se que o SD<sub>14</sub> apresentou o menor coeficiente de compressão. Isso pode lhe atribuir a vantagem de menor suscetibilidade a compactação, porém pode estar relacionado com efeito da compactação, que tende a reduzir o coeficiente de compressão.

Na camada 0,15-0,22m, os tratamentos não apresentaram diferença em todos os parâmetros medidos (Ds, IV, Cc,  $\sigma_p$ ), porém, na adição do tráfego no SD<sub>4</sub> e SD<sub>5,5</sub>, os valores foram bem superiores aos demais chegando a 114kPa e 122,33kPa, respectivamente. Observam-se nessa camada, os maiores valores de tensão de pré-consolidação e densidade do solo, apontando para presença do efeito de compactação. Outro fato que também pode ser observado é a atuação do processo de aração, pois a única camada em que o SD<sub>0</sub> não apresentou diferença entre os tratamentos foi nessa, visto que a aração atua a profundidades de até 0,12m.

A camada superficial no geral apresentou à maior suscetibilidade a compactação, concordante com Assis & Lanças [14] que trabalharam em Nitossolo Vermelho distroférrico sob semeadura direta 1, 4, 5 e 12 anos.

As curvas de compressão normalizadas dos tratamentos e camadas em estudo estão apresentadas na figura 1. A maior inclinação da reta virgem na camada superficial sem ação do tráfego foi demonstrada pelo SD<sub>0</sub>, seguido pelo SD<sub>5,5</sub>, SD<sub>2</sub>, SD<sub>4</sub> e SD<sub>14</sub>. Tal fato atribuiu-se à baixa densidade inicial que possibilita elevadas deformações. Ao adicionar o efeito do tráfego, o SD<sub>14</sub> começou a manifestar a segunda maior inclinação, demonstrando curva similar a SD<sub>5,5</sub>. Em geral, o tráfego apresentou menores inclinações, pois o solo, por estar sob ação desse, eleva sua capacidade de suporte.

Na camada intermediária, sem ação do tráfego, o SD<sub>0</sub>, SD<sub>2</sub> e SD<sub>5,5</sub> apresentaram comportamentos similares, sendo a menor inclinação da curva de compressão revelada no solo sob semeadura direta há 4 e 14 anos. Como esperado, esses dois solos tiveram as maiores tensões de pré-consolidação. Ao adicionar o efeito do tráfego, constata-se a importância do cuidado que se deve ter no solo sob semeadura direta recentemente.

Na camada 0,15-0,22m, assim como os dados apresentados anteriormente nas tabelas 1 e 2, as curvas não apresentaram diferença visual significativa, diferença foi observada nos tratamentos com tráfego, em que o SD<sub>0</sub> demonstrou a maior inclinação.

Analisando o perfil do solo em estudo (0-0,22m), nota-se que o solo sob semeadura direta recentemente oferece uma suscetibilidade à compactação bem maior que os demais, sendo que, com o passar do tempo, a estrutura do solo é fortalecida, reduzindo tal suscetibilidade e

umentando sua capacidade de suporte. O solo sob semeadura direta há 14 anos, aponta para uma estrutura massiva, ou seja, uma estrutura sob ação da compactação gerada pelo acúmulo de tráfego ao longo deste período, demonstrando que esse sistema não é suficiente contra esta manifestação, concordante com as conclusões de Rosa [1].

### CONCLUSÕES

Solo sob semeadura direta recentemente apresenta elevada suscetibilidade à compactação, baixo suporte de carga. Com aumento do período de implantação do sistema, tem-se um aumento da capacidade de suporte do solo.

A camada 0-0,07m, apresentou as menores tensões de pré-consolidação e a maior suscetibilidade à compactação.

Na camada 0,07-0,15m, o solo sob semeadura há 14 anos apresentou a maior densidade do solo e menor índice de vazios.

Na camada 0,15-0,22m, os tratamentos apresentaram comportamento similar.

### Agradecimentos

A EMBRAPA Trigo pelo apoio técnico e financeiro, essenciais para execução deste projeto.

### Referências

- [1] ROSA, D. P. da **Comportamento dinâmico e mecânico do solo sob níveis diferenciados de escarificação e compactação**. 2007. 122f. Dissertação (Mestrado em Engenharia agrícola) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.
- [2] SILVA, J. R. et al. **Correlação entre esforços de tração e profundidade de subsolagem**. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, 18p, 1984. (Boletim Técnico nº 96).
- [3] RICHART, A. et al. Compactação do solo: causas e efeitos. **Ciências Agrárias**, v. 26, p. 321-344, 2005.
- [4] TESSIER, S.; LAGUE, C. Soil compaction by liquid manure tanker. **Transactions of ASAE**, v. 34, p. 402-413, 1991.
- [5] HÅKANSSON, I.; DANFORS, B. Effect of heavy traffic on soil conditions and crop growth. In: PROCEEDINGS OF THE SEVENTH CONFERENCE ON THE ISTVS, Calgary, Canada. **Anais...** Canada, 1981. p. 239-253.
- [6] HOLTZ, R. D.; KOVACS, W. D. **An introduction to geotechnical engineering**. New Jersey: Prentice-Hall, 1981. 733 p.
- [7] DIAS Jr., M. de S.; PIERCE, F. J. O processo de compactação do solo e sua modelagem. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 20, p. 175-182, 1996.
- [8] LARSON, W. E.; GUPTA, S. C.; USECE, R. A. Compression of agricultural soils from eight soil orders. **Soil Science Society of America Journal**, v. 44, p. 450-457, 1980.
- [9] EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: 2. ed. rev. atual. EMBRAPA, 1997. 212 p.
- [10] NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. 1989. 442p.
- [11] ABNT. **NBR 12007: Ensaio de adensamento unidimensional**. Rio de Janeiro, 1990. 13p.
- [12] MACHADO, A. L. T. **Previsão do esforço de tração para ferramentas de hastas com ponteiros estreitas em dois solos do Rio Grande do Sul**. 2001, 172f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.
- [13] REINERT, D.J.; ROBAINA, A. D.; REICHERT, J.M. COMPRESS – Software e proposta de modelo para descrever a compressibilidade dos solos e seus parâmetros. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 29., 2003, Viçosa. **Anais...** Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2003. 1 CD-ROM.
- [14] ASSIS, R. L. de; LANÇAS, K. P. Avaliação da compressibilidade de um Nitossolo vermelho distroférrico sob sistema plantio direto, preparo convencional e mata nativa **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, p. 507-514, 2005.

Tabela 1. Densidade do solo (Ds), coeficiente de compressão (Cc) e tensão de pré-consolidação ( $\sigma_p$ ), nos tratamentos e camadas em estudo.

	Camada											
	0-0,07m				0,07-0,15m				0,15-0,22m			
	Ds (Mg m <sup>-3</sup> )	IV	CC	$\sigma_p$ (kPa)	Ds (Mg m <sup>-3</sup> )	IV	CC	$\sigma_p$ (kPa)	Ds (Mg m <sup>-3</sup> )	IV	CC	$\sigma_p$ (kPa)
<b>Manejo (M)*</b>												
SD <sub>0</sub>	1,10 c	1,37 a	0,51 a	37,28 a	1,22 b	1,16 a	0,44 a	52,78 a	1,38 a	0,89 a	0,28 a	65,72 a
SD <sub>2</sub>	1,31 ab	1,00 bc	0,28 c	66,47 a	1,31 ab	0,90 a	0,30 ab	64,68 a	1,34 a	0,93 a	0,31 a	66,03 a
SD <sub>4</sub>	1,36 a	0,90 c	0,27 c	66,43 a	1,34 ab	0,93 a	0,29 ab	84,26 a	1,37 a	0,89 a	0,28 a	96,35 a
SD <sub>5,5</sub>	1,20 bc	1,16 b	0,40 b	51,22 a	1,36 ab	0,93 a	0,30 ab	55,05 a	1,41 a	0,84 a	0,25 a	94,92 a
SD <sub>14</sub>	1,26 ab	1,07 bc	0,31 bc	65,46 a	1,41 a	0,84 a	0,23 b	71,90 a	1,40 a	0,86 a	0,24 a	63,82 a
<b>Trafego (T)</b>												
Sem	1,23 a	1,11 a	0,380 a	56,11 a	1,31 a	0,95 a	0,32 a	67,06 a	1,38 a	0,88 a	0,27 a	69,70 a
Com	1,25 a	1,09 a	0,340 a	58,63 a	1,34 a	0,95 a	0,30 a	64,41 a	1,38 a	0,88 a	0,27 a	84,99 a
<b>M</b>	**	**	**	NS	*	NS	**	NS	NS	NS	NS	*
<b>T</b>	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
<b>M x T</b>	NS	*	*	NS	*	NS	**	**	NS	NS	NS	*
<b>DP</b>	0,07	0,12	0,36	20,18	0,90	0,19	0,09	20,29	0,07	0,11	0,06	21,70
<b>CV (%)</b>	5,82	10,48	17,21	35,18	6,83	19,51	27,75	30,86	5,27	12,06	22,69	28,06

\*Médias seguidas da mesma letra, não diferiram estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% (\*) ou 1% (\*\*) de probabilidade. SD<sub>14</sub> – Semeadura direta há 14 anos; SD<sub>5,5</sub> – Semeadura direta há 5,5 anos; SD<sub>4</sub> – Semeadura direta há 4 anos; SD<sub>2</sub> – Semeadura direta há 2 anos; SD<sub>0</sub> – Semeadura direta há 0 anos (seis meses); Man. – manejo, DP – desvio padrão; CV – coeficiente de variação; NS – não significativo.

Tabela 2. Coeficiente de compressão (Cc), índice de vazios (IV), tensão de pré-consolidação ( $\sigma_p$ ) e densidade do solo (Ds) na interação manejo x tráfego.

Parâmetro	Tráfego	Manejo				
		SD <sub>0</sub>	SD <sub>2</sub>	SD <sub>4</sub>	SD <sub>5,5</sub>	SD <sub>14</sub>
<b>Camada 0-0,07m</b>						
Cc	Sem	0,50 Aa	0,37 Aabc	0,30 Abc	0,44 Aab	0,27 Ac
	Com	0,52 Aa	0,20 Bc	0,24 Abc	0,37 Ab	0,35 Abc
IV (%)	Sem	1,34 Aa	1,11 Aabc	0,90 Ac	1,23 Aab	0,97 Abc
	Com	1,40 Aa	0,89 Bb	0,89 Ab	1,09 Ab	1,16 Aab
<b>Camada 0,07-0,15m</b>						
Cc	Sem	0,32 Aa	0,31 Aa	0,32 Aa	0,40 Aa	0,25 Aa
	Com	0,55 Ba	0,30 Ab	0,25 Ab	0,20 Bb	0,21 Ab
$\sigma_p$ (kPa)	Sem	55,90 Ab	47,00 Ab	119,99 Aa	41,85 Ab	70,57 Aab
	Com	49,67 Aa	82,37 Ba	48,53 Ba	68,27 Aa	73,23 Aa
Ds (Mg m <sup>-3</sup> )	Sem	1,30 Aa	1,27 Aa	1,33 Aa	1,27 Aa	1,39 Aa
	Com	1,13 Bb	1,36 Aa	1,35 Aab	1,44 Ba	1,42 Aa
<b>Camada 0,15-0,22m</b>						
$\sigma_p$ (kPa)	Sem	74,70 Aa	71,20 Aa	78,70 Aa	67,33 Aa	56,57 Aa
	Com	56,73 Ac	60,87 Abc	114,00 Aab	122,33 Ba	71,07 Aabc

\*Médias seguidas da mesma letra maiúscula na vertical e minúscula na horizontal, não diferiram estatisticamente pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade.

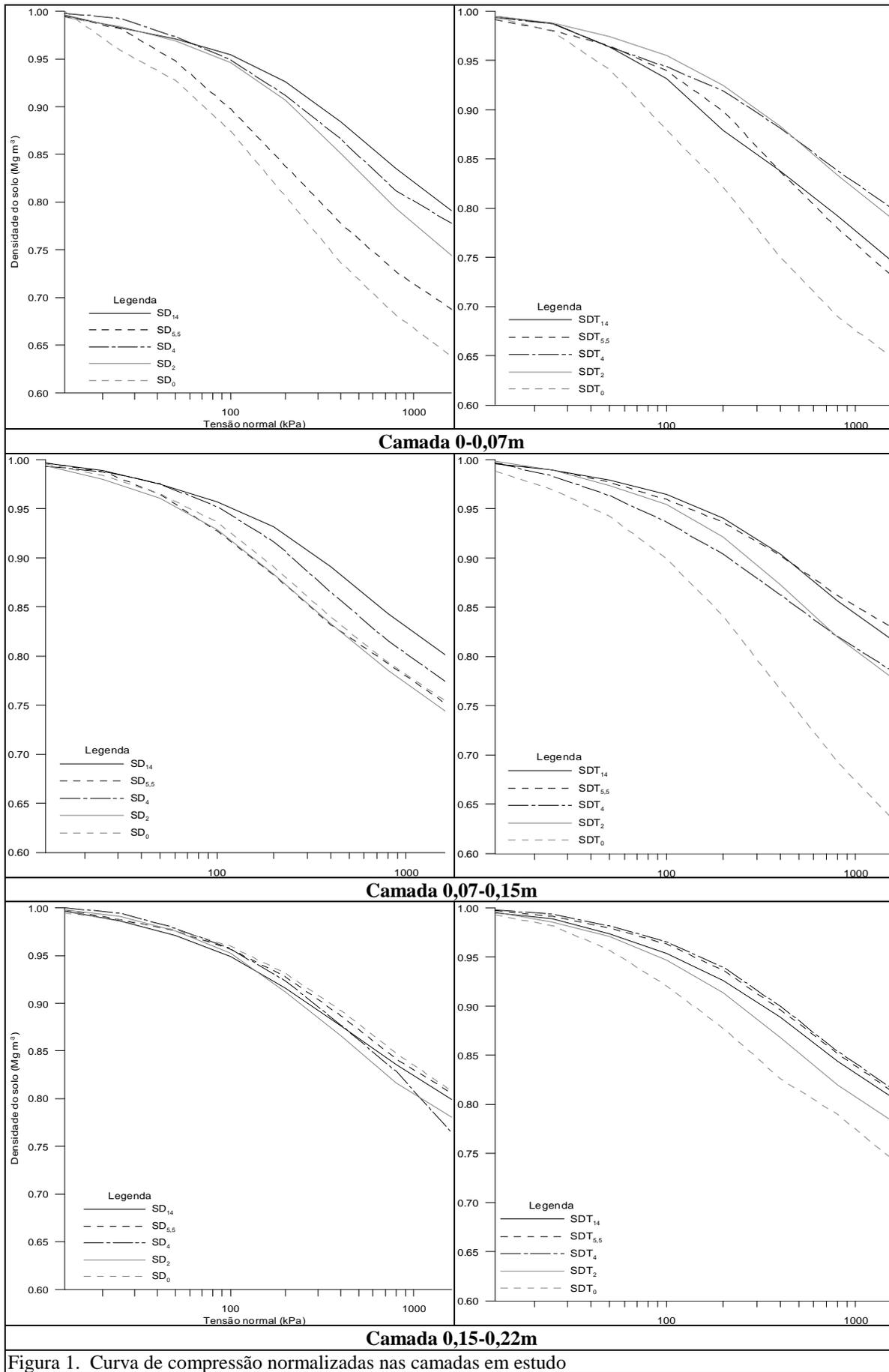


Figura 1. Curva de compressão normalizadas nas camadas em estudo