



Compressibilidade de um Argissolo Vermelho Amarelo Submetido a Doses de Cinza de Casca de Arroz⁽¹⁾.

Ivana Kruger Tuchtenhagen⁽²⁾; Cláudia Liane Rodrigues De Lima⁽³⁾; Eloy Antonio Pauletto⁽³⁾; Ledemar Carlos Vahl⁽³⁾; Lizete Stumpf⁽⁴⁾; Rodrigo Brum de Paiva⁽⁵⁾.

⁽¹⁾ Extraído da dissertação de mestrado do primeiro autor e apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Manejo e Conservação do Solo e da Água, da Universidade Federal de Pelotas – UFPel.

⁽²⁾ Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Manejo e Conservação do Solo e da Água, da Universidade Federal de Pelotas – UFPel; Pelotas, Rio Grande do Sul; E-mail: ivana.kruger@bol.com.br; ⁽³⁾ Professor(a) do Departamento de Solos; da Faculdade de Agronomia “Eliseu Maciel” - FAEM, da Universidade Federal de Pelotas – UFPel; ⁽⁴⁾ Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Manejo e Conservação do Solo e da Água, da Faculdade de Agronomia “Eliseu Maciel” - FAEM, da Universidade Federal de Pelotas – UFPel; ⁽⁵⁾ Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Manejo e Conservação do Solo e da Água, da Universidade Federal de Pelotas – UFPel.

RESUMO: O processo de beneficiamento de arroz gera como resíduo a casca de arroz (CA) que devido ao seu alto poder calorífico, vêm substituindo a lenha empregada como fonte de energia nas indústrias de beneficiamento. O subproduto originado da queima constituído de cinza e de cascas parcialmente carbonizada é denominado de cinza de casca de arroz (CCA). O estudo foi realizado no Centro Agropecuário da Palma pertencente à Universidade Federal de Pelotas (UFPel), em Capão do Leão (RS). Esse trabalho teve por objetivo verificar se ocorre diferença na compressibilidade de um Argissolo Vermelho Amarelo, submetido a cinco doses de CCA (0; 20; 40; 80 e 120 t ha⁻¹) e avaliar qual dose de CCA mais recomendada a ser aplicada a este solo. Foram coletadas 12 amostras indeformadas de solo por tratamento, perfazendo um total de 60 amostras, na camada de 0,00 a 0,10 m. Após saturadas com água e equilibradas no potencial (ψ): -10 kPa, as amostras foram pesadas e submetidas ao ensaio de compressão uniaxial com a aplicação sucessiva e contínua de pressões de 25, 50, 100, 200, 400, 600, 800, 1.000, 1.300 e 1.600 kPa. Os resultados indicaram diferença na compressibilidade do solo sob as diferentes doses de CCA. A maior compactação inicial verificada no tratamento sem adição de CCA favoreceu uma menor deformação da curva de compressão uniaxial. A densidade do solo nos tratamentos T1, T2 e T3 apresentou valores significativamente superiores diferindo dos tratamentos T4 e T5. A utilização de CCA de modo geral, reduz a densidade do solo e a pressão de pressão de preconsolidação. É possível que a dose de CCA entre o intervalo de 40 a 80 t ha⁻¹ seja a mais recomendada, devido aos valores obtidos neste estudo.

Termos de indexação: qualidade estrutural, curvas de compressão uniaxial, pressão de preconsolidação.

INTRODUÇÃO

O arroz (*Oryza sativa* L.) é um dos cereais mais produzidos e consumidos, caracterizando-se como principal alimento para mais da metade da população mundial. Com relação à produção mundial, o Brasil é o nono produtor, sendo o principal entre os países ocidentais e o maior da América do Sul (Fao, 2014). E o estado do Rio Grande do Sul destaca-se como o maior produtor nacional (Conab, 2015).

A partir do processo de beneficiamento do arroz tem-se como resíduo a casca do arroz (CA), que devido ao seu alto valor energético (16,7 MJ/kg) (Della et al., 2001), vem sendo utilizada para a geração de energia. Entretanto após a queima da CA, 15% é convertida em cinza de casca de arroz (CCA) (Gonçalves & Bergmann, 2006). Atualmente a CCA vem sendo utilizada, de forma empírica, principalmente por agricultores familiares que tem alcançado resultados satisfatórios em seus cultivos. As dosagens utilizadas de CCA e o tempo de reaplicação estão sendo estimados por esses agricultores mediante observações empíricas em suas lavouras.

A compactação do solo ao ser considerada como fator limitante ao rendimento das culturas nos sistemas agrícolas torna-se imprescindível o conhecimento dos efeitos deste processo para identificar as estratégias de prevenção, com a finalidade de estabelecer metodologias para a quantificação dos impactos ambientais (Gontijo et al., 2007).

A avaliação da qualidade estrutural dos solos agrícolas submetidos a manejos diferenciados tem sido realizada por meio de indicadores relacionados à compressibilidade, obtidos a partir da curva de compressão uniaxial. Deste modo, a avaliação de parâmetros compressivos apresentam importância para determinar pressões máximas que o solo pode suportar e auxiliar na minimização da compactação em solos cultivados (Silva & Cabeda, 2006),



todavia, é necessário analisar as respostas dessas variáveis aos processos em solos com adição de CCA.

Entretanto, no Brasil, ainda há carência de estudos que escrevam o comportamento compressivo de solo submetido a diferentes doses de CCA. Deste modo, este trabalho teve por objetivo verificar se ocorre diferença no comportamento compressivo do solo e avaliar qual dose de CCA mais recomendada a ser aplicada a este Argissolo Vermelho Amarelo, sob diferentes doses de CCA.

MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo se localiza em um experimento de campo, no Centro Agropecuário da Palma pertencente a Universidade Federal de Pelotas (UFPel), no município de Capão do Leão (RS), cujas coordenadas geográficas são: E357.860 N6.480.490, UTM zona 22 datum WGS84. Apresenta um solo classificado como Argissolo Vermelho Amarelo (Severo, 1999), de textura franco arenosa.

A instalação do experimento ocorreu em Abril de 2010, sendo constituindo em um delineamento de blocos ao acaso, com quatro repetições, em parcelas de 24 m² (6 m x 4 m), totalizando 1.152 m², (Islabão, 2013).

A amostragem de solo foi realizada em Abril de 2013, na camada de 0,00 a 0,10 m, sendo selecionados 5 doses de CCA (0; 20; 40; 80 e 120 t ha⁻¹). Em cada tratamento foram coletadas aleatoriamente, amostras com estrutura preservada, com o uso de anéis volumétricos de 2,5 cm de altura e 7,0 cm de diâmetro, perfazendo um total de 60 amostras (1 camada x 5 tratamentos x 4 blocos x 3 repetições por parcela).

Em laboratório, as amostras foram saturadas com água por capilaridade por um período mínimo de 24 horas, pesadas e equilibradas no potencial (ψ) - 10 kPa, em câmaras pressão de Richards (Klute, 1986).

Após o equilíbrio, cada amostra foi pesada e submetida ao ensaio de compressão uniaxial em consolidômetro automático Modelo CNTA-IHM/BR (Maschetto Automação Agrícola). Este ensaio consistiu na aplicação sucessiva e contínua de pressões crescentes e preestabelecidas de 25, 50, 100, 200, 400, 800 e 1.600 kPa, conforme Silva et al. (2007).

Encerrado o ensaio, as amostras foram secas em estufa a 105°C por 24 horas, para a determinação da densidade (Ds) (Embrapa, 1997). Obtiveram-se as curvas de compressão uniaxial do solo relacionando o logaritmo da pressão aplicada (eixo das ordenadas) versus a densidade do solo

(eixo das abscissas) para a avaliação da pressão de preconsolidação (Dias Júnior & Pierce, 1995) e do índice de compressão, conforme Casagrande (1936).

Para eliminar o efeito da compactação inicial do solo, os valores foram normalizados, dividindo-se a densidade ao final da aplicação de cada carga (Ds) pela densidade inicial do solo (Dsi).

Análise estatística

Os resultados foram submetidos à análise de variância e, quando diferenças significativas foram observadas, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey (5%) de probabilidade com auxílio do software estatístico R (R Core Team, 2014).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das variáveis analisadas sob os diferentes tratamentos de CCA estão apresentados na tabela 1.

Tabela 1 – Densidade (Ds), pressão de preconsolidação (σ_p), densidade crítica na pressão de preconsolidação (Ds σ_p) e índice de compressão (IC), de um Argissolo Vermelho Amarelo sob diferentes doses de cinza de casca de arroz na camada de 0,00 a 0,10 m, Capão do Leão, RS.

Tratamento	Ds	σ_p	Ds σ_p	IC
	Mg m ⁻³	kPa	Mg m ⁻³	
T1	1,66 a	283,20 a	1,72 a	0,29 b
T2	1,64 a	259,50 ab	1,70 ab	0,25 b
T3	1,58 a	240,17 ab	1,68 b	0,29 b
T4	1,39 b	213,58 c	1,52 c	0,38 a
T5	1,22 c	211,83 c	1,34 d	0,36 a

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna, dentro de cada parâmetro avaliado, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5%.

¹T1= 0 t ha⁻¹, T2= 20 t ha⁻¹, T3= 40 t ha⁻¹, T4= 80 t ha⁻¹, T5= 120 t ha⁻¹.

Com o aumento das doses de CCA ocorreu uma tendência na diminuição do valor da Ds, observa-se que os tratamentos T1, T2 e T3 não diferiram estatisticamente entre si, apresentando os maiores valores de Ds em relação aos tratamentos T4 e T5. A mesma tendência foi apresentada por Islabão (2013) no mesmo experimento após nove meses da incorporação da CCA, evidenciando diminuição da Ds.

Segundo Reichert et al. (2003), para solos com textura franco-arenosa (classe textural predominante neste estudo), a densidade crítica do solo situa-se entre 1,70 e 1,80 Mg m⁻³. Logo, os



valores de D_s de todos os tratamentos estudados estão abaixo do limite crítico.

Os valores de D_s encontrados neste estudo corroboram àqueles encontrados por Guerrini & Trigueiro (2004), que constataram que o aumento na proporção de casca de arroz carbonizada em um substrato, proporcionou a diminuição da D_s e por Bellé & Kämpf (1994) que ao estudarem o efeito da adição de CCA na turfa, verificaram redução de forma linear na D_s . Por outro lado, Pauletto et al. (1990) ao avaliarem o efeito de doses de CCA em um Argissolo Vermelho Amarelo, verificaram que não houve diferença significativa para a D_s até a dose de 30 t ha^{-1} , apresentando apenas uma tendência de diminuição do valor à medida que aumentou a dose de CCA a ser aplicado no solo.

A pressão de preconsolidação (σ_p), considerada um indicador da pressão máxima a que o solo foi submetido anteriormente, variaram entre 211,83 a 283,2 kPa (Tabela 1). De maneira geral, é possível observar que ocorreu uma tendência da diminuição da variação da σ_p , com o aumento das doses de CCA.

Os valores de σ_p foram superiores no T1 indicando que o solo foi submetido a um maior estresse nesse tratamento. O fato deste tratamento não conter CCA, pode também ter contribuído para o aumento significativo da compactação inicial quando comparado aos tratamentos com doses mais elevadas de CCA (T4 e T5). Cabe ressaltar que entre os tratamentos T1, T2 e T3 não ocorreram diferença significativa. Este fato pode estar relacionado com as doses de CCA, demonstrando uma tendência de homogeneização entre esses tratamentos.

A D_{sop} representa a densidade limite que o solo pode apresentar sem que haja incremento de compactação. Relacionando a D_s inicial e a D_{sop} (Tabela 1) observou-se que em todos os tratamentos os valores de densidade foram menores que a densidade considerada limite, o que pode ocasionar problemas de compactação adicional. Logo, considerando este parâmetro físico, pode-se dizer que a CCA promoveu melhorias na qualidade estrutural deste solo.

Em relação ao índice de compressão, indicativo da suscetibilidade do solo à compactação, observa-se, através da tabela 1, que o maior IC foi apresentado pela dose de 80 t ha^{-1} , não diferindo estatisticamente da dose de 120 t ha^{-1} .

Com relação aos parâmetros físico-mecânicos observa-se que a curva de compressão normalizada de cada tratamento indicou que o comportamento compressivo do solo foi semelhante entre os tratamentos T2 e T3 e entre os tratamentos T4 e T5 (Figura 1). O tratamento T1 foi o que apresentou a

menor deformação, por conta do menor espaço poroso que apresentou. Em contrapartida, o T4 e o T5 apresentaram as maiores deformações com as cargas aplicadas.

Os tratamentos com menor densidade, como o T4 e T5 (Tabela 1) mostram-se mais susceptíveis à compactação, provavelmente pelo maior espaço de vazios e, menor número de pontos de contato entre as partículas sólidas, resultando em menor atrito ao deslocamento e rearranjo das partículas após a compressão (Silva et al., 2002).

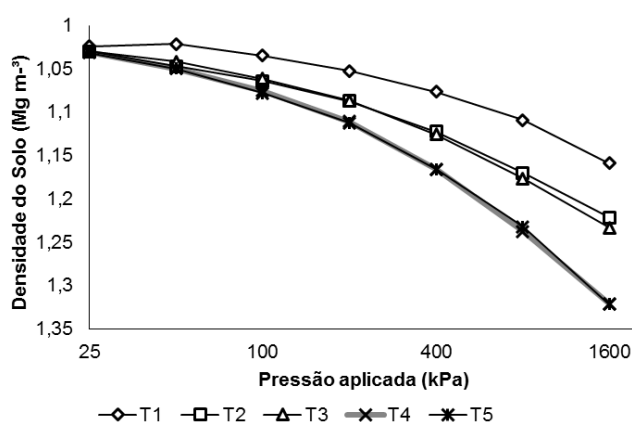


Figura 1 - Curvas de compressão uniaxial normalizadas de um Argissolo Vermelho Amarelo sob diferentes doses de cinza de casca de arroz na camada de 0,00 a 0,10 m, Capão do Leão, RS. T1= 0 t ha^{-1} , T2= 20 t ha^{-1} , T3= 40 t ha^{-1} , T4= 80 t ha^{-1} , T5= 120 t ha^{-1} .

CONCLUSÕES

Os resultados comprovaram de que houve diferença na compressibilidade do solo sob as diferentes doses de CCA.

A maior compactação inicial verificada no tratamento sem adição de CCA favoreceu uma menor deformação da curva de compressão uniaxial.

A utilização de CCA de modo geral, reduziu a pressão de preconsolidação.

É possível que a dose de CCA entre o intervalo de 40 a 80 t ha^{-1} seja a mais recomendada, devido aos valores obtidos neste estudo.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Pelotas, pela oportunidade de aprendizado; à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS), pelo suporte financeiro; e a todos os envolvidos direta e indiretamente na realização deste trabalho.



REFERÊNCIAS

- BELLÉ, S. & KÄMPF, A. N. Utilização de casca de arroz carbonizada como condicionador hortícola para um solo orgânico. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 29:1.265-1.271, 1994.
- CASAGRANDE, A. The determination of the preconsolidation load and its practical significance. In: *INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOIL MECHANICS AND FOUNDATION ENGINEERING*, D-34, 1936, Cambridge. *Proceedings...* Cambridge, Harvard University, 1936. p.60-64.
- CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. Central de informações agropecuárias. 11º Levantamento de grãos da safra 2012/2013. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15_03_11_14_07_48_boletim_graos_marco_2015.pdf>. Acesso em 17 de março de 2015.
- DELLA, V. P.; KÜHN, I.; HOTZA, D. Caracterização da Cinza de Casca de Arroz para uso como Matéria Prima na Fabricação de Refratários de Sílica. *Química Nova*, 24:778-782, 2001.
- DIAS JUNIOR, M. S.; PIERCE, F. J. A simple procedure for estimating preconsolidation pressure from soil compression curves. *Soil Technology*, 8:139-151, 1995.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise de solos. 2.ed. Rio de Janeiro, 1997. p.212.
- FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAOSTAT: Agricultural Production/strawberry. Disponível em: <<http://faostat3.fao.org/faostat-gateway/go/to/home/S>>. Acesso em 30 de outubro de 2014.
- GONÇALVES, M. R. F.; BERGMANN, C. P. Isolantes Térmicos de Cinza de Casca de Arroz: Obtenção e Correlação de suas Propriedades com a Microestrutura. *Cerâmica Industrial*, 11:38-43, 2006.
- GONTIJO, I.; DIAS JUNIOR, M. de S.; OLIVEIRA, M.S. de; ARAUJO JUNIOR, C.F.; PIRES, B.S. & OLIVEIRA, C.A. de. Planejamento amostral da pressão de preconsolidação de um Latossolo Vermelho distroférrico. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 14:255-258, 1990.
- GUERRINI, I. A & TRIGUEIRO, R. M. Atributos físicos e químicos de substratos compostos por biossólidos e casca de arroz carbonizada. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 28:1069-1076, 2004.
- KLUTE, A. Water retention: Laboratory methods. In: KLUTE, A., ed. *Methods of soil analysis: Physical and mineralogical methods*. 2.ed. Madison, American Society of Agronomy, 1986. p.635-662.
- PAULETTO, E. A.; NACHTIGALL, G. R.; GUADAGNIN, C. A. Adição de cinza de casca de arroz em dois solos do município de Pelotas, RS. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 14:255-258, 1990.
- R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2014.
- REICHERT, J.M.; REINERT, D.J. & BRAIDA, J.A. Qualidade dos solos e sustentabilidade de sistemas agrícolas. *Revista Ciência & Ambiente*, 27:29-48, 2003.
- REICHERT, J.M.; SUZUKI, L.E.A.S.; REINERT, D.J. Compactação do solo em sistemas agropecuários e florestais: identificação, efeitos, limites críticos e mitigação. In: CERETTA, C.A.; SILVA, L.S. da; REICHERT, J.M. (Ed.). *Tópicos em ciência do solo*. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 5:49-134, 2007.
- SEVERO, C.R.S. Caracterização dos solos do Centro Agropecuário da Palma. Pelotas. 1999. 97p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas.
- SILVA, A.J.N. & CABEDA, M.S.V. Compactação e compressibilidade do solo sob sistemas de manejo e níveis de umidade. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 30:921-930, 2006.
- SILVA, R.B.; MASQUETTO, B.J. & LANÇAS, K.P. Desenvolvimento e automação de um consolidômetro com interface homem máquina. In: *CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO*, 31., Gramado, 2007. *Anais...* Gramado, Conquistas e Desafios da Ciência do Solo Brasileira, 2007. CD-ROM
- SILVA, V.R.; REINERT, D.J.; REICHERT, J.M. & SOARES, J.M. Fatores controladores da compressibilidade de um Argissolo Vermelho Amarelo distrófico arênico e de um Latossolo Vermelho distrófico típico. I- Estado inicial de compactação. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 26:1-8, 2002.

**XXXV Congresso
Brasileiro de
Ciência do Solo**

CENTRO DE CONVENÇÕES - NATAL / RN



**O SOLO E SUAS
MÚLTIPLAS FUNÇÕES**
02 a 07 DE AGOSTO DE 2015