

**A importância da elasticidade da matéria orgânica e de sua atuação na estabilidade dos agregados para o controle da compactação do solo****The importance of the elasticity of organic matter and its performance in the stability of aggregates for the control of soil compaction**

DOI: 10.34188/bjaerv3n3-052

Recebimento dos originais: 20/05/2020

Aceitação para publicação: 20/06/2020

**Katia Cristina Menezes**

Mestranda em Agricultura Conservacionista pela Instituição de Desenvolvimento Rural do Paraná (IAPAR-EMATER), Londrina-PR.

Instituição de Desenvolvimento Rural do Paraná IDRPR, Londrina-PR

Rodovia Celso Garcia Cid, km 375, 86047-902 - Londrina – PR

E-mail: fernandeskatia49@gmail.com

**Jacqueline Dalbello Puia**

Mestranda em Agronomia pela Universidade Estadual de Londrina (UEL), Londrina, PR, Brasil.

Universidade Estadual de Londrina (UEL)

Rodovia Celso Garcia Cid - Pr 445 Km 380 - Campus Universitário, PR, 86057-970

E-mail: jack\_puia@hotmail.com

**Alessandra Helena Ramires Machado**

Mestranda em Agricultura Conservacionista pela Instituição de Desenvolvimento Rural do Paraná (IAPAR-EMATER), Londrina-PR.

Instituição de Desenvolvimento Rural do Paraná IDRPR, Londrina-PR

Rodovia Celso Garcia Cid, km 375, 86047-902 - Londrina – PR

E-mail: alessandrahr3@hotmail.com

**RESUMO**

A compactação de solos é um dos principais desafios da agricultura, trazendo sérios problemas ao desenvolvimento das culturas e também causando prejuízos financeiros. A compactação é definida como o adensamento das partículas de solo e procede de vários fatores, como pisoteio de animais e peso excessivo por eixos de máquinas e reflete queda da produtividade. Este problema pode ser minimizado com o incremento de matéria orgânica ao solo resultante do processo de decomposição dos resíduos vegetais com o tempo confere ao solo o potencial de resiliência após sofrer um processo de compressão. Este trabalho teve como objetivo, expor como os mecanismos de elasticidade e estabilidade dos agregados atuam em relação à compactação do solo. Conclui-se que a estabilidade do solo é interligada com fatores como; quantidade de matéria orgânica presente no solo e do sistema radicular das plantas, sendo que a matéria orgânica possui propriedades cimentantes que atuam na agregação do solo, tornando-o mais estruturado e resistente ao processo de compactação, podendo-se concluir que com o aumento da elasticidade do solo através do acréscimo de matéria orgânica, aumenta a capacidade de proteção do solo contra a compactação causada por máquinas, animais e cargas excessivas. Isto se deve ao aumento do teor de carbono orgânico, e é justificado devido à elasticidade da própria matéria orgânica, que é mais elástica do que as partículas minerais.

**Palavras-chave:** Agregação, compressão, adensamento de partículas.

**ABSTRACT**

Soil compaction is one of the main challenges of agriculture, bringing serious problems to crop development and also causing financial losses. Compaction is defined as the density of soil particles and comes from several factors, such as animal trampling and excessive weight by machine shafts and reflects on the fall in productivity. This problem can be minimized by increasing organic matter to the soil resulting from the process of decomposition of plant residues and over time gives the soil the potential for resilience after suffering a compression process. This work aimed to expose how the mechanisms of elasticity and stability of the aggregates act in relation to soil compaction. It is concluded that soil stability is interconnected with factors such as; amount of organic matter present in the soil and root system of plants, and organic matter has cementing properties that act in soil aggregation, making it more structured and resistant to the compaction process, and can be conclude that with increased soil elasticity by increasing organic matter, the soil protection capacity increases against compaction caused by excessive machinery, animals and loads. This is due to the increase in organic carbon content, and is justified due to the elasticity of organic matter itself, which is more elastic than mineral particles.

**Keywords:** Aggregation, compression, densification of particles.

**1 INTRODUÇÃO**

A estruturação do solo é considerada por muitos autores como sendo um dos atributos determinantes da qualidade de solo, pois a variação no arranjo das partículas de solo resultará na resposta do mesmo em relação à aeração, disponibilidade de água e a resistência à penetração de raízes, e como consequência a planta refletirá os efeitos, positiva ou negativamente.

A matéria orgânica do solo é um importante aliado na estruturação do solo, seu efeito de elasticidade proporciona ao solo a propriedade de retornar ao seu formato original após sofrer um processo de compressão.

A agricultura moderna trouxe a agricultura vários avanços inclusive a mecanização, obtendo como benefícios a redução da mão de obra e tornando o processamento agrícola mais eficiente. Porém em meio ao progresso, surgiram também seus efeitos adversos, como é o caso da compactação.

A compactação é resultante da ação da compressão do solo por máquinas, implementos agrícolas e pisoteio de animais, o que causa uma re-organização das partículas tornando-as mais adensadas. E como resultado deste processo, a resistência à penetração de raízes.

O problema de compactação do solo é inevitável na agricultura moderna e recorrente na maioria das áreas de produção agrícola, sendo assim para que os efeitos deste problema sejam minimizados, é necessário identificar e estabelecer parâmetros para proteger o solo do tráfego excessivo de máquinas e implementos, manejá-lo de forma adequada a fim de evitar perdas de produtividade, a matéria orgânica presente no sistema exerce a função de elasticidade e ajuda na estruturação dos agregados de solo, fatores que contribuem para proteção do solo.

O presente trabalho tem como objetivo apresentar os mecanismos pelos quais a matéria orgânica influencia a capacidade dos solos em resistir às forças de compactação e identificar como os mecanismos de elasticidade e estabilidade dos agregados atuam como agentes mitigadores da compactação do solo por meio de um levantamento bibliográfico.

## **2 CONTEÚDO**

De acordo com Toigo (2010), o solo possui capacidade de suportar a pressão executada pelas máquinas, implementos ou animais, porém quando esta pressão é superior a esta capacidade, o solo tende a compactar e este fato pode ser agravado se as condições presentes no solo no momento da pressão forem propícias, como por exemplo, se houver alta umidade.

Quando os solos estão compactados severamente, sua porosidade é afetada, influenciando assim a relação de massa e volume do solo, sendo este um dos fatores limitantes para o desenvolvimento radicular das plantas, nestes casos também pode haver a diminuição da taxa de difusão do oxigênio no solo, pois uma fração do espaço poroso da superfície é ocupado pelo acúmulo de raízes (TOIGO, 2010).

Nas plantas, o problema da compactação causa um obstáculo mecânico que diminui o crescimento do sistema radicular, torna a aeração deficiente e diminui o percentual de absorção de água e nutrientes, ocasionando expressiva queda de produtividade (BEULTER; CENTURION, 2004). Segundo Brandt (2005) e Braida et al. (2006), manter cobertura vegetal na camada superficial do solo é uma das formas mais eficientes para dissipar a energia de compactação. A cobertura vegetal atua na dispersão da energia da chuva, reduzindo assim as perdas de solo por erosão superficial. (CASSOL et al, 2004). A matéria orgânica do solo atua na ciclagem e disponibilização de nutrientes, e potencializa a fixação biológica de nitrogênio (TOIGO, 2010).

Bayer et al., (2004) alega que a cobertura fornece subsídio de matéria orgânica e proporciona maior teor de umidade ao solo. Segundo Costa et al. (2003) e Albuquerque et al. (2005) são consequências da ação da matéria orgânica no solo a diminuição da oscilação da temperatura do solo no decorrer do dia.

Mielniczuk (2008) afirma que a matéria orgânica do solo possui potencial para ser utilizada como atributo fundamental da qualidade do solo. Além de atender aos requisitos básicos como de ser sensível as alterações no manejo do solo, é também fonte primária de nutrientes para às plantas, influenciando fatores como a retenção e infiltração de água, a estrutura do solo, e a susceptibilidade a compactação e erosão.

A porosidade do solo é um fator importante na estruturação do mesmo e pode ser advinda de duas origens, sendo estas textural ou estrutural. Dentre os processos que alteram a porosidade estrutural os mais agressivos, são o manejo e a compactação, caracterizados principalmente pela redução da macroporosidade, da porosidade total e também do aumento da microporosidade, fatores estes que influenciam a estruturação do solo (TARAWALLY et al., 2004).

Um solo considerado ideal para que haja o desenvolvimento da cultura, deve reter água adequadamente, deve ser arejado, possuir um bom suprimento de calor e ainda deve haver pouca resistência ao crescimento radicular (REINERT; REICHERT, 2006).

Reinert e Reichert (2006) afirma que no decorrer do processo de agregação, há a ação dos estabilizadores de solo, sendo eles: a argila, as forças eletrostáticas, ácidos húmicos e polissacarídeos resultantes da matéria orgânica, hifas dos fungos resultantes dos microrganismos por ação mecânica, e os compostos orgânicos e a vegetação, resultantes da ação mecânica das raízes e da incrementação de material orgânico na superfície como resultado da ação dos estabilizadores de solo, obtém-se um solo bem estruturado e com características que proporcionam a planta melhores condições de desenvolvimento e resistente a erosão e a compactação.

Quanto maior for a penetração do sistema radicular no perfil de solo, maior será o teor de matéria orgânica (MO), que irá atuar no processo de formação de agregados estáveis do solo, pois a matéria orgânica possui substâncias de ação aglutinadora e cimentantes, fator condicionante na formação de agregados do solo. No sistema plantio direto-SPD, a matéria orgânica é mantida em superfície pelo constante aporte de restos culturais, e em profundidade através da morte das raízes (GENRO JUNIOR et al., 2004).

A utilização de sistemas de manejo com menor revolvimento do solo, tráfego de máquinas reduzido e acréscimo do teor de carbono orgânico (CO), utilizando técnicas de plantio direto e a adoção de pousio, são medidas de recuperação das propriedades físicas do solo e solos de estabilidade estrutural boa são menos propensos à erosão e à compactação (BAYER et al., (2003).

Segundo Sodré Filho et al. (2004), algumas práticas vinculadas à agricultura conservacionista como é o caso do sistema de rotação de culturas e SPD, visam a mitigação de problemas comuns derivados da agricultura moderna, tornando assim a exploração agrícola mais sustentável e resultando em maior produtividade para o produtor.

A rotação de culturas pode ser entendida como sendo uma alternância devidamente ordenada entre diferentes espécies e a mesma deve atender aos seguintes princípios: a) produção adequada de fitomassa tanto de raízes quanto de parte aérea para a formação da cobertura morta tanto para mitigar processos erosivos, quanto para minimizar os efeitos das variações de temperatura preservando o teor

de água no solo. b) promover condições favoráveis que impeçam o surgimento de pragas e doenças. c) disponibilização de nutrientes para outras culturas. d) redução do tempo de área descoberta, mantendo assim a qualidade da estrutura do solo. Portanto, a não utilização de sistemas que provoca desordens físicas, químicas e biológicas no solo e que resultam na intensificação do processo erosivo e da compactação dos solos, não preserva o conteúdo de água, além de aumentar a infestação de pragas e doenças na lavoura é fundamental para a manutenção da estrutura do solo (FRANCHINI et al., 2011).

Segundo Ceretta et al. (2002), o nível de decomposição dos resíduos culturais está interligado com a relação carbono e nitrogênio, sendo que as espécies leguminosas como por exemplo o nabo forrageiro e a ervilhaca possuem uma taxa de decomposição mais acentuada quando em comparação a das gramíneas como é o caso da aveia preta. Na manutenção do sistema de rotação de culturas e do SPD, deve-se sempre utilizar espécies que tenham seu processo de decomposição mais prolongado, ou seja, preferencialmente gramíneas, isto manterá o solo protegido por mais tempo.

De acordo com Mazurana (2011), a elasticidade do solo confere a propriedade de recuperação do solo, sendo assim um poderoso aliado contra os processos de compactação. Quando o solo está em condição de umidade ótima de compactação, e o mesmo sofre uma carga, o mesmo tem sua densidade aumentada, sendo que dependendo do tempo e do peso pode atingir a sua densidade máxima. O efeito da MOS reduz a densidade máxima do solo e isto é justificado por dois motivos, o primeiro relacionado a estabilidade estrutural do solo, e o segundo devido ao efeito de elasticidade, sendo que quando incrementado 1% de matéria orgânica no solo, a redução da densidade máxima ocorre na proporção de 11%, comprovando assim o potencial do efeito de elasticidade do solo no poder de descompactação.

A variação da umidade presente no solo pode afetar a elasticidade, assim como a quantidade do teor de CO e também a densidade. Aumentando este teor, o resultado será o aumento na elasticidade do solo (BRAIDA et al, 2008).

A elasticidade pode ser definida como sendo a capacidade do solo em retornar a sua forma original após suportar a ação de alguma espécie de carga que causou a deformação da estrutura original. Braida et al. (2008) observarem a associação entre o aumento do teor de carbono orgânico e o aumento da elasticidade do solo.

De acordo com Perdok et al. (2002), quando ocorre a compressão de um solo que não esteja saturado, uma fração do ar permanece presa em seu interior, assim, forma-se bolhas de ar comprimido. Este aprisionamento das bolhas de ar irá depender do tempo de pressão e da pressão da carga aplicada ao solo, da umidade presente no solo naquele momento, do volume poroso dos

atributos dos espaços poroso sendo que destes, sempre haverá um determinado teor de umidade que proporcionará um aprisionamento maior de bolhas de ar, conseqüentemente gerando maior elasticidade.

Tormasella et al., (2000), explica que isto ocorre, pois quanto mais baixo for a quantidade da água no solo, ou seja quanto mais enxuto o mesmo estiver, com mais facilidade o ar será eliminado dos poros no processo de compressão. Estudos mostram que em solos mais úmidos (tensão 6 kPa), a presença de água em maior quantidade dificultará a expulsão de ar do espaço poroso do solo, acrescendo assim o confinamento das bolhas de ar, fato que resulta na ampliação da elasticidade do solo.

Alguns estudos relacionados a elasticidade conforme citado por Perdock et al. (2002) e Silva; Cabeda (2005), demonstraram que os resultados verificados não são significativos sendo assim, a mesma normalmente não é estimada em estudos que abordam questões relacionadas a processos deformativos do solo. No entanto, de maneira especial com a inserção do sistema de plantio direto, frequentemente tem-se utilizado a questão da elasticidade como sendo umas das prováveis justificativas para o aumento da resistência do solo à compactação sob esse sistema. Relacionado a isto, há também a elasticidade vinculada ao incremento do teor de MOS, usualmente observado em camadas superficiais do solo no sistema de plantio direto.

### **3 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A compactação de solos é um dos principais desafios da agricultura, trazendo sérios problemas ao desenvolvimento das culturas e também causando prejuízos financeiros.

Através deste trabalho, podemos concluir que a estabilidade do solo é interligada com fatores como; quantidade de matéria orgânica presente no solo e do sistema radicular das plantas, sendo que a matéria orgânica possui propriedades cimentantes que atuam na agregação do solo, tornando-o mais estruturado e resistente ao processo de compactação, podendo-se concluir que com o aumento da elasticidade do solo através do acréscimo de matéria orgânica, aumenta a capacidade de proteção do solo contra a compactação causada por máquinas, animais e cargas excessivas. Isto se deve ao aumento do teor de carbono orgânico, e é justificado devido à elasticidade da própria matéria orgânica, que é mais elástica do que as partículas minerais.

A matéria orgânica também promove umidade no solo, sendo assim, quando o mesmo está submetido à compressão, há um confinamento de bolhas de ar, que após o cessar da aplicação da carga tende a retornar ao seu formato original, prevenindo que ocorra a compactação do solo, testificando assim a sua importância.

**REFERÊNCIAS**

- ALBUQUERQUE, J.A.; MAFRA, A.L.; FONTOURA, S.M.V.; BAYER, C.; PASSOS, J.F.M. Avaliação de sistemas de preparo e calagem em um Latossolo Bruno aluminico. **Rev. Bras. Ci. Solo**, 29:963- 975, 2005. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832005000600014>
- BAYER, C.; MARTIN NETO, L.; MIELNICZUK, J.; PAVINATO, A. Armazenamento de carbono em frações lábeis da matéria orgânica de um Latossolo Vermelho sob plantio direto. **Pesq. Agropec. Bras**, 39:677- 683, 2004. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2004000700009>
- BAYER, C.; SPAGNOLLO, E.; WILDNER, L.P.; ERNANI, P.R. ALBURQUEQUE, J.A. Incremento de carbono e nitrogênio num Latossolo pelo uso de plantas estivais para cobertura do solo. **Ciência Rural**, 33:469-475, 2003. [https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-84782003000300012&script=sci\\_arttext](https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-84782003000300012&script=sci_arttext)
- BEULTER, A.N.; CENTURION, J.F. Compactação do solo no desenvolvimento radicular e na produtividade da soja. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.39, n.6, p.581-588, 2004. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2004000600010>
- BRAIDA, J.A.; REICHERT, J.M.; VEIGA, M.; REINERT, D.J. Resíduos vegetais na superfície e carbono orgânico do solo e suas relações com a densidade máxima obtida no ensaio Proctor. **Rev. Bras. Ci. Solo**, 30:605-614, 2006. [https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-06832006000400001&script=sci\\_arttext](https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-06832006000400001&script=sci_arttext)
- BRAIDA, J. A. *et al.* Elasticidade do solo em função da umidade e do teor de carbono orgânico. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Viçosa, v. 32, n. 2, p.477-485, mar. 2008. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832008000200002>
- BRANDT, A. A. **Propriedades mecânicas de solo franco arenoso sob distintos sistemas de preparo, tráfego mecanizado e resíduos vegetais**. Santa Maria, Universidade Federal de Santa Maria, 2005. 89p. (Tese de Mestrado). <https://repositorio.ufsm.br/handle/1/7531>
- CASSOL, E. A.; CANTALIC E, J. R. B.; REICHERT, J. M.; MONDAR, A. Escoamento superficial e desagregação do solo em entre sulcos em solo franco argilo arenoso com resíduos vegetais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. 39:685-690, 2004. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2004000700010>
- CERETTA, C. A. *et al.* Produção e decomposição de fitomassa de plantas invernais de cobertura de solo e milho, sob diferentes manejos da adubação nitrogenada. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 32, n. 1, p.39-54, 2002. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782002000100009>
- COSTA, F. S.; ALBUQUERQUE, J. A.; BAYER, C.; FONTOURA, S. M. V.; WOBETO, C. Propriedades físicas de um Latossolo Bruno afetadas pelos sistemas plantio direto e preparo convencional. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, 27:527- 535, 2003. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832003000300014>
- FRANCHINI, J. C. *et al.* **Importância da rotação de culturas para a produção agrícola sustentável no Paraná**. Londrina: Embrapa Soja, 2011. 52p. (Documentos / Embrapa Soja, ISSN 1516-781X; n.327) <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/897259>
- GENRO JUNIOR, S. A.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M. Variabilidade temporal da resistência à penetração de um Latossolo argiloso sob semeadura direta com rotação de culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, p. 477-484, 2004. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832004000300009>

MAZURANA, M. *Atributos físicos, mineralógicos e matéria orgânica de solos relacionados à capacidade de suporte de carga*. 2011. 169 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011. <<http://www.ufrgs.br/agronomia/materiais/michaelmazmes.pdf>>

MIELNICZUK, J. Matéria orgânica e a sustentabilidade de sistemas agrícolas. In: SANTOS, G.A.; SILVA, L.S.; CANELLAS, L.P.; CAMARGO, F.A.O. (Ed.) **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre: Metrópole, 2008. cap.1 p.1-5. <https://www.scienceopen.com/document?vid=b8192581-7d2c-4ef0-868f-ed434d09e0f8>

PERDOK, U.D.; KROESBERGEN, B.; HOOGMOED, W.B. Possibilities for modeling the effect of compression on mechanical and physical properties of various Dutch soil types. **SoilTill. Res.**, 65:61-75, 2002. [https://doi.org/10.1016/S0167-1987\(01\)00277-X](https://doi.org/10.1016/S0167-1987(01)00277-X)

REINERT, D. J.; REICHERT, R. M. **Propriedades físicas do solo**. Santa Maria, UFSM, 18 p., 2006.

SILVA, A.J.N.; CABEDA, M.S.V. Compressibilidade de um Argis. Amar. de tabuleiro costeiro submetido a pressões uniaxiais. In.: **CONGR. BRA. DE CI. DO SOLO, 30, Recife, 2005. Anais**. Viçosa, MG, Soc. Bras. de Ci. do Solo, 2005.

SODRÉ FILHO, J. et al. Fitomassa e cobertura do solo de culturas de sucessão ao milho na Região do Cerrado. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v. 39, n. 4, p.327-334, abr. 2004. <http://www.scielo.br/pdf/pab/v39n4/20441.pdf>

TARAWALLY, M.A. et al. Field compaction at different soil-water status: effects on pore size distribution and soil water characteristics of a Rhodic Ferralsol in Western Cuba. **SoilTillageRese.** Amsterdam, v. 76, p. 95-103, 2004. <https://doi.org/10.1016/j.still.2003.09.003>

TOIGO, S. **Remediação mecânica e biológica da compactação inicial de um nitossolo vermelho cultivado com trigo**. 2010. Dissertação de Mestrado. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. <http://repositorio.utfpr.edu.br:8080/jspui/handle/1/272>

TORMASELLA, J; HODNETT, M; ROSSATO, L. Pedotransfer functions for the estimation of soil water retention in Brazilian soils. USA, **Soil. Soc. Am. J.**, 2000 64 p.327-338. <https://dl.sciencesocieties.org/publications/sssaj/abstracts/64/1/327>