
MITIGAÇÃO DA COMPACTAÇÃO DO SOLO: ESTRATÉGIAS DE RECUPERAÇÃO FRENTE AO TRÁFEGO DE MÁQUINAS AGRÍCOLAS

Alisson Gabriel Savicki, Emanuel Felipe Ludwig, Douglas Airton Farsen e Igor Kieling Severo

RESUMO:

A compactação do solo, intensificada pelo tráfego de máquinas agrícolas em condições inadequadas de umidade, constitui uma das principais formas de degradação física em sistemas produtivos, afetando a porosidade, a infiltração de água, o crescimento radicular e a produtividade das culturas. O objetivo deste estudo foi analisar os impactos da mecanização sobre os atributos físicos do solo e propor estratégias de mitigação e recuperação. A pesquisa baseou-se em abordagem qualitativa e análise documental de estudos científicos nacionais e internacionais. Os resultados evidenciam que a compactação eleva a densidade aparente e a resistência à penetração, reduz a atividade biológica e aumenta as perdas de produtividade, mesmo em áreas com bom manejo químico. Estratégias de mitigação incluem a utilização de práticas mecânicas, como subsolagem e escarificação, que reduzem a densidade e melhoram a macroporosidade no curto prazo. Entretanto, para garantir sustentabilidade a longo prazo, destaca-se a adoção de práticas conservacionistas, como o uso de plantas de cobertura, o tráfego controlado de máquinas e o sistema plantio direto. A integração dessas medidas é essencial para restaurar a estrutura física do solo e promover sistemas agrícolas mais produtivos e resilientes.

Palavras-chave: Estrutura do Solo. Sistema Plantio Direto. Sustentabilidade. Manejo.

1 INTRODUÇÃO

A mecanização agrícola aumenta a produtividade, mas o tráfego excessivo de máquinas, em condições úmidas, compacta o solo, reduzindo poros, dificultando a infiltração de água e o desenvolvimento radicular, e comprometendo a aeração. De acordo com Senem *et al.* (2010), os solos agrícolas estão sofrendo grandes perturbações, sendo a compactação apontada como a principal causa dessas mudanças, sobretudo em virtude do tráfego de tratores e máquinas em condições de manejo inadequadas. Essa condição adversa é uma das principais causas da degradação física do solo e, por isso, torna-se fundamental minimizar práticas que alterem negativamente suas propriedades físicas.

A compactação do solo e o alagamento interferem diretamente na absorção de elementos minerais pelas plantas, pois comprometem o funcionamento físico do solo, impedindo o crescimento das raízes. Elementos como fósforo (P) e potássio (K), por serem absorvidos por difusão, tornam-se menos disponíveis em solos compactados, já que a redução na porosidade limita o movimento de água e solutos no perfil. De acordo com Silva *et al.* (2023), a compactação do solo está entre os principais fatores de degradação física, pois reduz o volume radicular, dificulta a absorção de nutrientes e interfere diretamente na disponibilidade e no aproveitamento de elementos minerais pelas plantas.

Para combater a compactação do solo, são essenciais práticas como plantas de cobertura, plantio direto e tráfego controlado. Esta revisão tem como objetivo analisar os efeitos do tráfego de máquinas nas propriedades físicas do solo e propor soluções agronômicas para reverter e prevenir essa degradação, promovendo uma agricultura sustentável.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A compactação do solo é uma degradação física, causada pela pressão das partículas, que reduz o volume de poros. Agravada pelo tráfego intenso de máquinas agrícolas em umidade inadequada, o solo compactado tem maior densidade, menor porosidade e condutividade hidráulica, dificultando o enraizamento e a troca gasosa. De acordo com Silva, (2021), a compactação é uma das principais causas de eliminação física dos solos agrícolas em escala global. O aumento da densidade do solo e a elevação no grau de compactação tendem a reduzir o volume das raízes e interferir na disponibilidade de nutrientes às plantas, afetando diretamente o desempenho das culturas, mesmo em áreas com manejo químico adequado.

Os efeitos da compactação comprometem diretamente a estrutura do solo e a dinâmica do sistema solo-planta, resultando em menor desenvolvimento radicular, restrição na absorção de água e nutrientes e redução da atividade microbiana. De acordo com Pengthamkeeratii (2011) a compactação afeta negativamente a estrutura do solo, alterando os microhabitats e influenciando a distribuição e atividade dos microrganismos que participam dos ciclos biogeoquímicos. Isso se reflete em lavouras menos produtivas, com plantas mais suscetíveis ao estresse hídrico e à deficiência nutricional.

A compactação do solo é influenciada pelo peso e tipo de maquinário, frequência de tráfego, tipo de solo e umidade. Solos argilosos são mais propensos à compactação quando úmidos, devido à alta retenção de água e menor espaço poroso. De acordo com Richart *et al.* (2005) a extensão e a intensidade da compactação do solo vão depender da pressão exercida pelos pontos de apoio das máquinas e equipamentos, das suas cargas, do número de vezes que trafegam no terreno, da textura e da agregação do solo. Os mesmos autores discutem que essa combinação de fatores intensifica as alterações físicas, limitando o crescimento das raízes, a troca de gases e a disponibilidade de água, o que reduz diretamente a produtividade.

Para mitigar esses efeitos, torna-se fundamental adotar práticas de manejo adequadas, que promovam a recuperação da estrutura física do solo e evitem novos episódios de compactação. A adoção dessas estratégias é essencial para garantir um sistema produtivo mais resiliente, equilibrado e sustentável ao longo das safras.

3 METODOLOGIA

Esta pesquisa foi baseada em uma abordagem qualitativa, com método de procedimento descritivo. Para a coleta de dados, foi utilizada a técnica de análise documental. Foi utilizado como referência, fontes bibliográficas, como a Scielo, Google Scholar e os arquivos da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). O principal objetivo desta pesquisa, foi evidenciar os principais problemas e consequências da compactação do solo agrícola, destacando os impactos sobre o crescimento das plantas, o funcionamento do sistema solo-planta e a produtividade das culturas.

4 DISCUSSÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

A seguir, apresentam-se os resultados da literatura sobre estratégias de mitigação da compactação do solo.

No experimento de Beutler *et al.* (2009), observou-se que o tráfego de máquinas agrícolas compactou significativamente o solo até a profundidade de 25 cm, resultando na redução da macroporosidade, aumento da densidade do solo e da resistência à penetração. Um dos tratamentos mais impactantes foi o T4, que consistiu em quatro passagens de um trator de 8 toneladas no mesmo local, sobre solo previamente saturado por chuva. Esse tratamento elevou a densidade do solo na camada de 0,08–0,11 m para 1,74 t/m³ e a resistência à penetração para 1,44 MPa. Em contraste, o T0 (tratamento controle, sem tráfego de máquinas) apresentou densidade de 1,55 t/m³ e resistência de apenas 0,56 MPa nessa mesma camada. Como consequência dessa compactação, a produtividade de milho foi reduzida em até 22% no tratamento mais intenso (T8). Esses resultados demonstram a importância de evitar o tráfego excessivo de máquinas, especialmente em solos úmidos, pois a compactação causada compromete diretamente a qualidade física do solo e o desempenho das culturas agrícolas

Na dissertação de Ramos (2014), a resistência à penetração (RP) apresentou diferenças significativas entre veículos e cargas aplicadas, destacando-se o trator agrícola com os maiores valores observados, variando de 0,90 MPa na camada de 0,00–0,10 m até 2,71 MPa na camada de 0,30–0,40 m, enquanto o quadriciclo alcançou 2,10 MPa e o baja 1,97 MPa na mesma profundidade. A análise mostrou que o efeito do número de passadas foi mais evidente nas camadas de 0,20–0,30 m e 0,30–0,40 m, com os maiores incrementos registrados em 2 e 4 passadas, atingindo 2,25 e 2,54 MPa, respectivamente, enquanto a testemunha e seis passadas apresentaram valores próximos (máximo de 1,98 MPa). Apesar dessas variações, os valores médios permaneceram abaixo do limite crítico de 2,0 a 3,0 MPa, frequentemente citado na literatura como restritivo ao crescimento radicular, mas evidenciam que o tráfego do trator e a intensidade de quatro passadas representam maior risco de compactação em profundidade, podendo comprometer a exploração do solo pelo sistema radicular em longo prazo

A compactação também compromete os atributos hídricos do solo. Em seus experimentos, Santos *et al.* (2022) observaram redução de até 60% na infiltração de

água em áreas compactadas, levando ao aumento do escoamento superficial e risco de erosão. Já Becker *et al.* (2022) mostraram que a redução na porosidade de macro e mesoporos compromete não apenas a infiltração, mas também a retenção de água, afetando negativamente a disponibilidade hídrica para as plantas em períodos de déficit.

Entre as alternativas de recuperação de áreas compactadas, destacam-se as práticas mecânicas de descompactação. No experimento conduzido por Seki *et al.* (2015), avaliou-se o impacto de práticas de descompactação do solo, subsolagem (40 cm) e escarificação (30 cm) realizadas no verão, antes do cultivo de milho. Os resultados foram expressivos, especialmente na camada de 0,10–0,20 m, onde a densidade do solo foi reduzida de 1,49 para 1,35 Mg m⁻³ com subsolagem, correspondendo a uma redução de 9,4%. Além disso, a porosidade total aumentou de 0,43 para 0,48 m³ m⁻³, representando uma melhora de 11,6%. Houve também aumento significativo na macroporosidade, que passou de 0,07 para 0,12 m³ m⁻³, ou seja, uma elevação de 71,4%. Esses dados demonstram que as práticas mecânicas de descompactação são eficazes na melhoria dos atributos físicos do solo, promovendo condições mais favoráveis para o crescimento radicular, infiltração de água e desenvolvimento das culturas.

O uso de adubos verdes constitui uma alternativa eficiente para melhorar a qualidade física e química do solo, favorecendo a ciclagem de nutrientes e a infiltração de água. Segundo Campos, J. *et al.* (2024), a utilização de espécies de adubos verdes promoveu incremento significativo nos teores de matéria orgânica do solo, aumento do carbono orgânico total e melhorias em indicadores químicos como fósforo disponível, cálcio e magnésio trocáveis, além de contribuir para a manutenção do pH em níveis adequados. O acúmulo de matéria seca pelas espécies avaliadas foi outro ponto relevante, pois a palhada gerada atuou como barreira física contra erosão e auxiliou na ciclagem de nutrientes, criando condições mais favoráveis ao desenvolvimento radicular e à infiltração de água.

Por fim, os estudos reforçam a ideia de que a compactação do solo não deve ser tratada isoladamente, mas como parte de um sistema integrado de manejo. A combinação de rotação de culturas, uso de plantas de cobertura, tráfego controlado e monitoramento da compactação são estratégias recomendadas para garantir a sustentabilidade física do solo. O uso de sensores de compactação, avaliação de resistência à penetração e densidade aparente são ferramentas fundamentais para diagnosticar e acompanhar a recuperação do solo ao longo do tempo.

5 CONCLUSÃO

A compactação do solo representa um dos principais desafios à sustentabilidade agrícola, pois altera a estrutura física, reduzindo a porosidade, a infiltração de água e a penetração radicular, o que limita o crescimento das plantas e

compromete a produtividade das culturas. Os estudos analisados demonstraram que o tráfego excessivo de máquinas, sobretudo em condições inadequadas de umidade, eleva a densidade do solo e a resistência à penetração a níveis críticos. Embora técnicas mecânicas, como subsolagem e escarificação, apresentem resultados imediatos na redução da compactação, seus efeitos tendem a ser temporários. Assim, torna-se indispensável a integração de práticas conservacionistas, como o uso de plantas de cobertura, o tráfego controlado e o plantio direto, que promovem melhorias estruturais de forma contínua e duradoura.

6 REFERÊNCIAS

BECKER, R. K. et al. Soil compaction by machinery traffic: A review of causes, effects and management. **Agronomy**, v. 12, n. 2281, p. 1–20, 2022.

BEUTLER, A. N. et al. Impacto do tráfego de máquinas na qualidade física do solo e produtividade de milho em Argissolo. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 31, n. 2, p. 359–364, 2009. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/asagr/a/P9nMdVm5NYzJzP8JLXDRt4L/?lang=pt>. Acesso em: 21 set. 2025.

CAMPOS, J. et al. Adubação verde e sua cobertura no solo: efeito sobre os indicadores químicos e na matéria orgânica do solo. **Cadernos de Agroecologia**, v. 19, n. 2, 2024. Disponível em: <https://cadernos.aba-agroecologia.org.br/cadernos/article/view/8178>. Acesso em: 21 set. 2025.

PENGTHAMKEERATI, P.; MOTAVALLI, P. P.; KREMER, R. J. Soil microbial activity and functional diversity changed by compaction, poultry litter and cropping in a claypan soil. **Applied Soil Ecology**, v. 48, p. 71-80, 2011.

RAMOS, Renato Lima. **Estudo comparativo do efeito do tráfego de veículos e cargas aplicadas nos atributos físicos do solo**. 2014. 56 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal do Vale do São Francisco, Juazeiro, 2014.

RICHART, A. et al. Compactação do solo: causas e efeitos. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 26, n. 3, p. 315–338, jul./set. 2005. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/46575226_Soil_compacting_causes_and_effects_Compactacao_do_solo_causas_e_efeitos. Acesso em: 4 set. 2025.

SANTOS, Alisson Rogério dos. Compactação do solo e sua relação com o tráfego de máquinas agrícolas. In: SEMANA ACADÊMICA DE PRODUÇÃO SUSTENTÁVEL, 2022. **Anais [...]**. [S. l.]: Even3, 2022. Disponível em: <https://www.even3.com.br/anais/saps2022/>. Acesso em: 4 set. 2025.

SEKI, A. S. et al. Efeitos de práticas de descompactação do solo em área sob sistema plantio direto. **Revista Ciência Agronômica**, Botucatu-SP, v. 46, n. 3, p. 460-468, jul-set, 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rca/a/FQnF39TJKD5VkgVgcMKLWMz/?format=html&lang=pt>. Acesso em: 21 set. 2025.

SEMEM, Jaqueline; BECK, Marcia Helena; NÓBREGA, Lúcia Helena Pereira. **Compactação do solo agrícola**. *Varia Scientia Agrárias*, v. 2, n. 1, p. 149-163, 2010. Disponível em: <https://e-revista.unioeste.br/index.php/variascientiaagraria/article/view/3896>. Acesso em: 21 set. 2025.

SILVA, Pedro Luan Ferreira da. *Compactação e seus efeitos sobre o funcionamento do solo e a absorção de nutrientes pelas plantas: uma revisão bibliográfica*. *Revista Meio Ambiente (Brasil)*, v. 11, n. 1, 2023. Disponível em: <https://meioambientebrasil.com.br/index.php/MABRA/article/view/119>. Acesso em: 21 set. 2025.