

## PERSISTÊNCIA DOS BENEFÍCIOS DA DESCOMPACTAÇÃO BIOLÓGICA NA ESTRUTURA DO SOLO

Natasha Barchinski Galant Lenz<sup>1</sup>; Deonir Secco<sup>1</sup>; Maikon Lucian Lenz<sup>1</sup>, Vitória Fenilli Vidaletti<sup>1</sup>, Pablo Chang<sup>1</sup>, Fernando Luiz da Cruz Balena<sup>1</sup>, Carlos Henrique Fornasari<sup>1</sup>, Vitória Morello<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade do Oeste do Paraná – UNIOESTE, Curso de Mestrado em Energia na Agricultura, Campus Cascavel, Rua Universitária, 2069, CEP 85819-110, Bairro Jardim Universitário, Cascavel, PR. Email: [nah.bio@gmail.com](mailto:nah.bio@gmail.com); [deonir.secco@unioeste.br](mailto:deonir.secco@unioeste.br); [engenheiro.lenz@gmail.com](mailto:engenheiro.lenz@gmail.com); [vitoria\\_fenilli@hotmail.com](mailto:vitoria_fenilli@hotmail.com); [pablo-sdw@hotmail.com](mailto:pablo-sdw@hotmail.com); [fernando.balena@unioeste.br](mailto:fernando.balena@unioeste.br); [carlos\\_fornasari@hotmail.com](mailto:carlos_fornasari@hotmail.com); [vi\\_morello@hotmail.com](mailto:vi_morello@hotmail.com)

**RESUMO:** O manejo do solo interfere diretamente na qualidade e estado dos serviços ecossistêmicos que ele desempenha. É possível melhorar a qualidade de um solo por manejos adequados e que impactem menos sua estrutura. O objetivo desta revisão de literatura é demonstrar os benefícios da descompactação biológica na estrutura do solo. Com a intensificação da agricultura é preciso entender o impacto que os cultivos têm no solo e sua estrutura, dentre os efeitos mais comuns observa-se a compactação do solo que causa o aumento da densidade e dificuldade de penetração das raízes. Fato este que prejudica o desenvolvimento das culturas. A fim de minimizar esses impactos utilizam-se algumas técnicas ditas mecânicas e biológicas. Na mecanização utiliza-se normalmente a escarificação e na biológica o uso de plantas recuperadoras de solo. Plantas essas que auxiliam na descompactação visto que suas raízes são agressivas e conseguem ultrapassar as barreiras compactadas deixando bioporos (canais) que permitem que a cultura posterior se desenvolva e consiga absorver água e nutrientes necessários, benefícios esses que duram mais quando comparados a escarificação. Podem ser utilizadas plantas como o capim-pé-de-galinha ou a braquiária. Plantas essas que auxiliam na infiltração de água, agregação de partículas e protegem o solo.

**PALAVRAS CHAVE:** bioporos; braquiária; manejo sustentável.

### PERSISTENCE OF BIOLOGICAL DECOMPACTION BENEFITS IN SOIL STRUCTURE

**ABSTRACT:** The quality of ecosystems services is directly influenced by the soil management. Soil quality can be improved using better management techniques that reduce the structural impact. This literature review aims to demonstrate the biological decompaction benefits for soil structure. It is important to understand the agriculture impact over the soil and your structure. Soil compaction is one of the most common side effects and is related with density increase and root growing resistance, what will impair the plant growing. To minimize those impacts, both mechanical and biological techniques can be used. Scarification is used in mechanical decompaction, and plants able to recovery the soil structure are used in biological decompaction. These plants have aggressive roots that can cross the soil compacted layers, leaving biopores (channels) that enable further cultures to develop, absorb water and the needed nutrients. These benefits last longer when compared to scarification. It can be used finger millet or brachiaria plants for biological decompaction, both will increase water infiltration, particle aggregation and protect the soil.

**KEYWORDS:** biopores; brachiaria; sustainable management.

Os manejos de solo interferem diretamente na qualidade do solo e no estado dos serviços ecossistêmicos que ele entrega. Por isso é possível melhorar a qualidade de um solo e conduzi-lo para condições ótimas de cultivo (PRADO et al., 2016; VOLK; TRINDADE, 2020). O ideal é que por meio de manejos adequados as oscilações naturais sejam menores e que o solo possa manter uma boa qualidade. Alguns dos processos naturais dos quais o solo é responsável incluem a filtração, retenção e disponibilização de água às plantas e animais (VOLK; TRINDADE, 2020).

Com a intensificação da agropecuária é necessário o entendimento das formas de manejo dos solos e de como estas interferem na longevidade desse recurso natural. O manejo do solo é um conjunto de práticas que – quando empregadas racionalmente – promovem maior produtividade das culturas e quando utilizadas de forma incorreta causam degradação física, química e biológica e ainda mais a redução da produtividade das culturas. Visto isso o manejo do solo por meio do preparo convencional (arações + gradagens) tem induzido a um processo acelerado de degradação e o sistema plantio direto, se adotado corretamente, é fundamental para mitigar esse processo (BERGAMIN, 2018).

Mediante a isso que a agricultura conservacionista se baseia principalmente no preceito da preservação ou melhoria da qualidade do solo. No Brasil uma das práticas mais utilizadas e conhecida é o sistema de plantio direto, visto que esse tipo de plantio mantém os resíduos das plantas sob o solo causando pouca ou nenhuma mobilização da camada arável e sem fracionar os agregados, o que acaba contribuindo para que o solo tenha uma maior qualidade a fim de reduzir sua degradação, melhora também a dinâmica da água e pode refletir em um aumento de produtividade das plantas cultivadas (SANTI et al., 2014; MOTTIN et al., 2018), além de ser um investimento na conservação de solos sob aspectos químicos, físicos e biológicos obtendo um sistema mais estável e melhor estrutura resultado na melhor qualidade física do solo e maior produtividade nas culturas (BERGAMIN, 2018).

Alguns estudos demonstram que o plantio direto altera a qualidade estrutural do solo à medida que os cultivos se sucedem mediante ao contínuo aporte de material orgânico – decorrente dos resíduos das plantas, da ação benéfica das raízes das plantas e da proteção oferecida a superfície do solo. Porém mesmo em sistema de plantio direto é possível de obter alguns problemas como a compactação do solo (ANDRADE et al., 2018)

Os sistemas de plantio direto que vêm sendo empregados não possuem uma boa qualidade, pois algumas de suas regras fundamentais tem sido ignorada pelos produtores de todo o país. Dentre essas regras a principal é a não realização da rotação de culturas, que tem sido justificada pela necessidade de rápido retorno; dimensionamento inadequado à topografia do terreno e falta de conhecimento técnico, isso tudo traz consequências desastrosas a médio e longo prazo (MITTMANN, 2015; ANDRADE et al., 2018).

Para minimizar o efeito causado pela compactação do solo tem-se algumas opções disponíveis como: diminuir o peso da máquina e/ou aumentar a área de contato rodado/solo, diminuir a pressão causada pelos pneus, que está relacionado com a calibragem utilizada ou ainda pode-se utilizar a rotação de culturas envolvendo espécies com sistema radicular vigoroso e profundo as quais irão auxiliar na redução da compactação do solo (DEBIASI et al., 2008; ANDRADE et al., 2018).

De acordo com MORAES et al. (2016) o uso de coberturas é indispensável na agricultura atual visto que plantas com sistema radicular abundante e profundo e com alta produção de fitomassa na parte aérea contribuem para reduzir os efeitos dos tráfegos de máquinas. As raízes das plantas com sistema radicular abundante e profundo, podem formar canais, ou bioporos, contínuos por meio dos quais o sistema radicular de culturas cultivadas em sucessão poderão crescer e se desenvolver, proporcionando melhor absorção de água e nutrientes em camadas superficiais (abaixo de 20 cm) e/ou compactadas.

Na relação solo-planta-animal o solo tem papel fundamental na mediação de inúmeros processos como: suporte para animais e plantas; decomposição e mineralização de nutrientes; fixação biológica de nitrogênio e disponibilização de fósforo orgânico; infiltração e armazenamento de água e trocas gasosas. Por isso é de fundamental importância interferir positivamente nas práticas de manejo que aumentem sua qualidade e melhorem o seu funcionamento. O estado das funções ecológicas do solo melhora com a adoção dessas práticas garantindo a prestação de serviços ecossistêmicos como também as condições para incrementos produtivos (VOLK; TRINDADE, 2020).

Visto isso esse trabalho tem como objetivo demonstrar os benefícios, baseado na literatura, da descompactação biológica associada a estrutura do solo, levando em consideração o tempo e a persistência de durabilidade desta técnica.

## COMPACTAÇÃO DO SOLO

A estrutura do solo rege parâmetros que determinam a capacidade de armazenamento e disponibilidade de água, difusão de calor, água e raízes e a disponibilidade de nutrientes as plantas. Assim a estrutura está associada a propriedades fundamentais na relação solo-água-planta (FERREIRA, 2010). A estrutura do solo é ainda influenciada pelo bom desenvolvimento da vegetação, especialmente no desenvolvimento de raízes refletindo na quantidade e qualidade da macroporosidade (VOLK; TRINDADE, 2020).

Um solo pode ser considerado quimicamente adequado para o cultivo e mesmo assim produzir abaixo da expectativa em razão das limitações físicas que comprometam o desenvolvimento adequado de raízes, absorção de água e de nutrientes (REICHERT et. al.; 2007).

De acordo com KOCHHANN et al (2000) a compactação do solo é resultante de uma complexa interação entre os processos físicos, químicos e biológicos:

- Fisicamente: o processo de compactação resulta da ação de forças mecânicas, oriundas do tráfego de máquinas ou pisoteio de animais sobre o solo além da ação da água de percolação no perfil do solo, transportando partículas dispersas. Essas forças aproximam as partículas pela expulsão do ar e água que as mantém afastadas, reduzindo seu volume total às custas da porosidade.
- Quimicamente: o processo origina-se a partir da calagem que promove a substituição do íon  $Al^{+++}$ , que tem ação estabilizante da estrutura do solo pelos elementos  $Ca^{++}$  e  $Mg^{++}$  que com pH na faixa de 7 tem ação dispersante.
- Biologicamente: o material orgânico presente no solo atua ativamente na estabilização dos agregados, sendo assim quando há revolvimento e aceleração da atividade biológica ocorre desestabilização dos agregados que são fracionados e dispersos.

A compactação altera o rearranjo das partículas e dos agregados do solo influenciando na relação massa-volume, afetando a quantidade e distribuição dos poros do solo e consequentemente: a densidade e resistência a penetração, difusão dos gases, disponibilidade de água e nutriente as plantas e o desenvolvimento radicular (CAMARGO; ALLEONI, 2006; FERREIRA, 2010; BRADY; WEIL, 2011). Pode-se dizer, então, que a compactação do solo pode reduzir a produtividade das culturas (NUNES, 2014).

Outros efeitos observados nos aspectos morfológicos estão associados a estrutura do solo via modificação na forma, aspecto e tamanho dos agregados bem como no aumento do impedimento mecânico ao crescimento radicular das plantas (BENNIE, 1991).

Em solos arenosos a água e os gases fluem mais livremente pelos macroporos, essa alta permeabilidade diminui sua resistência frente a compactação. Em contrapartida em solos argilosos a compressibilidade é alta, visto que quando submetido a grandes pressões se deforma facilmente, porém a baixa permeabilidade dificulta o escoamento transferindo a tensão ao líquido (MOLINA, 2017).

De acordo com DOUGLAS (1994) a compactação é um dos principais processo de degradação física dos solos em sistemas agropecuários que resulta na perda da estabilidade estrutural devido ao declínio da matéria orgânica associada ao intenso e frequente tráfego de máquina no solo. Além de que há relatos de podridão radicular mediante a compactação e posterior encharcamento (JOUBERT; LABUSCHAGNE, 1998; LABUSCHAGNE; JOUBERT, 2006).

REICHERT et al. (2009) afirmam que quanto maior o grau de compactação do solo, maior será sua densidade e resistência à penetração e menor deverá ser sua porosidade total. Os macroporos são os primeiros a serem destruídos, estes são responsáveis pela infiltração de água e aeração dos solos.

Sendo assim a compactação modifica as propriedades hídricas do solo, o tamanho dos poros estabelece o potencial de água retido no solo, quanto maior o diâmetro do poro menor será sua sucção aplicada para retirar a água e em compensação quanto menor o diâmetro maior será a sucção necessária para retirar a água (NUNES, 2014). Quando associada a pastagens a compactação reduz a produtividade animal e da forrageira comprometendo a sustentabilidade ambiental (NETO et al., 2015).

A compactação reduz a quantidade de água disponível para as plantas em razão da redução do tamanho dos poros e da porosidade total e aumento da microporosidade. Sendo assim tem-se como resultado a diminuição do volume de água que fica retira próximo a capacidade de campo dificultando o aproveitamento pelas plantas além de diminuir o volume de solo explorado pelas raízes (BRADY; WELL, 2011; NUNES, 2014). De acordo com KOCHHANN (2000) quando a aeração do solo for igual ou inferior a 10% da porosidade total ela provoca prejuízos ao desenvolvimento de culturas.

Os limites críticos específicos para a compactação variam de região, tipo de solo e suas características. SECCO et al. (2009) observaram que para um Latossolo Vermelho Distroférrico Típico Argiloso o maior estado de compactação propiciou um menor rendimento de grãos para o trigo, solo esse com densidade de  $1,54\text{Mg m}^{-3}$  e resistência a penetração de 3,26 MPa. Já para

MONTEIRO et al. (2017) observaram para um solo Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico a resistência máxima a penetração de 2,37 MPa, na camada superficial do solo (0-20 cm).

Observando o desenvolvimento de cana de açúcar em um Latossolo Vermelho, OTTO et al. (2011) verificaram que o desenvolvimento das raízes foi severamente afetado com valores de resistência de 2,0 MPa. BEUTLER e CENTURION (2004) observaram que a elevação da resistência a penetração promoveu mudanças na distribuição do sistema radicular de soja e aumento a espessura das raízes na camada compactada.

Apesar de o solo ter sua qualidade melhorada quando cultivado em sistemas conservacionistas, como o plantio direto e cultivo mínimo, há também um fator limitante para a produtividade máxima: as compactações nas camadas superficiais ou subsuperficiais, principalmente quando o solo só é mobilizado na linha de semeadura (ARAÚJO et al., 2004; REICHERT, et al., 2007).

De acordo com REICHERT et al. (2007) quando em sistemas convencionais a camada compactada ocorre na sub-superfície, chamado comumente de pé-de-grade. De acordo com os autores os principais fatores da compactação adicional ao solo se devem ao tráfego de máquinas cada vez mais pesadas e o pisoteio de animais em pastagens, em razão da pressão de pastejos – acentuada em função da umidade do solo.

Por fim essa compactação prejudica principalmente o produtor pois a produtividade da cultura é afetada devido a um grande aumento na resistência à penetração do solo pelas raízes, acarretando diversos prejuízos no sistema radicular da planta (KAISER et al., 2009) principalmente no crescimento e desenvolvimento (MONTEIRO et al., 2017). O uso e manejo do solo deveriam ser realizados de modo que fosse evitada qualquer tipo de degradação física do solo (FIDALSKI, 2009).

### **DESCOMPACTAÇÃO DO SOLO**

A compactação é um processo que prejudica o solo e as culturas presente nele, quando ela se torna um fator limitante para o crescimento e desenvolvimento das culturas é necessário adotar medidas mitigatórias (DRESCHER et al., 2011).

Quando a compactação é observada deve-se utilizar um sistema de manejo que consiga romper esta camada, como por exemplo a implantação de sistemas de rotação de culturas que envolvam espécies com sistema radicular mais vigoroso e profundo as quais auxiliam na redução dessa compactação (ANDRADE et al. 2018). De acordo com KOCHHANN et al.

(2000) descompactar o solo pode ser entendido como a promoção da redução da sua densidade, através da interação de processos mecânicos e/ou biológicos.

SANCHEZ (2012) afirma que para diminuir a intensidade da compactação deve-se utilizar a cobertura verde – optando por espécies com sistema radicular bem agressivo. Deste modo a palhada sobre o solo ajuda na dissipação da carga sobre o solo e as raízes auxiliam na descompactação.

Para KOCHHANN et al. (2000) os processos mecânicos se fundamentam no princípio da subsolagem, ou seja, tem a função de romper a camada compactada através de equipamentos mecanizados que operem mais profundamente do que as máquinas empregadas para o preparo do solo. Logo quando o implemento conseguir atuar mais profundamente que as camadas compactadas ele irá descompactá-la mecanicamente.

A prática comumente utilizada é, então, a escarificação que corrompe a camada superficial encrostada e a camada subsuperficial (por meio de hastes escarificadoras com ponteiros estreitas ou aladas) compactada elevando o volume do solo, aumentando a porosidade e reduzindo a densidade do solo (SANTOS et al., 2015; CELIK; RAPER, 2012; KOCHHANN; DENARDIN, 2000;). Eventualmente pode ser empregado a aração como técnica descompactadora, desde que o disco atinja a profundidade maior que a camada que está compactada (DRESCHER et al. 2011). Porém essas técnicas sozinhas não resolver o problema da compactação pois não adicionam carbono orgânico ao solo (NUNES et al., 2015).

CONTE et al. (2009) e SILVA e BENEZ (2005) observaram que o aumento de profundidade de atuação das hastes sulcadoras das semeadoras-adubadoras ao romper de forma localizada as camadas compactadas na superfície também ajudam a estimular o desenvolvimento radicular e reduzir os efeitos da compactação sobre a produtividade da soja.

BUSSHER et al. (2002) notaram que esse efeito é de curta duração devido o processo natural de reconsolidação do solo resultado da ação da chuva e dos ciclos de umedecimento e secagem, mesmo na ausência de tráfego. DRESCHER et al., (2016) e NUNES et al. (2015) observaram que seus efeitos não apresentaram duração superior a seis meses.

Valadão Junior (2009) observou que em um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico (argiloso) sob sistema de plantio direto com 8 anos observou que em menos de um ano após a escarificação do solo a 30 cm de profundidade a resistência do solo a penetração já havia retornado à situação inicial. Silva et al. (2012) também observaram que os efeitos da escarificação obtiveram duração inferior a um ano em um Latossolo Vermelho distrófico.

Além de que a escarificação nem sempre favorece os aumentos na produtividade (KLEIN; CAMARA, 2007) principalmente em solos de textura arenosa a média (LIMA et al, 2006) onde o grau de compactação crítico é mais elevado (REICHERT et al., 2003).

Com isso diferentes técnicas de manejo relacionadas a compactação vêm sendo recomendadas, como o uso de plantas de cobertura com elevada produção de fitomassa e sistema radicular farto capaz de romper camadas compactadas e produzir bioporos, resultantes do espaço deixado pela morte das raízes (VOLK; TRINDADE, 2020).

Espaços através dos quais as raízes das culturas subsequentes conseguem se desenvolver (SILVA; ROSOLEM, 2002). Esse tipo de poro é diferente do produzido pela mobilização mecânica, visto que são longos e contínuos e bastante efetivos na condução de água e ar pois funcionam como longos “canos” (OADES, 1993; VOLK; TRINDADE, 2020). Além de que minimizam o uso de máquinas reduzindo ainda mais os resultados da compactação.

Essas plantas são utilizadas como “recuperadoras de solo” visto que ajudam a recuperar a estrutura e fertilidade dos solos (PAULUS et al., 2000). Normalmente essas plantas são utilizadas antes dos plantios, como por exemplo o feijão guandu que ajuda a fixar o nitrogênio e tem uma alta produtividade de forragem indicado para uso em cultivo consorciado (GODOY, 2008).

Nesse sentido o sistema plantio direto é considerado um sistema de manejo conservacionista pois mantém resíduos de plantas no solo sem causar grandes mobilizações da parte arável e sem fracionar os agregados, isso contribui para que o solo tenha maior qualidade a fim de reduzir sua degradação, melhorar a dinâmica da água e poder refletir então em um aumento de produtividade de plantas cultivadas (SANTI et al., 2014; TARTARI et al., 2012; SILVA, et al., 2009).

### **DESCOMPACTAÇÃO BIOLÓGICA**

Para minimizar os impactos dos usos excessivos dos solos, práticas conservacionistas como: o sistema em plantio direto, rotação de culturas adubação verde com uso de leguminosas tem sido largamente empregado visto o número de benefícios alcançados aos solos e as subsequentes culturas (CERQUEIRA, 2011; BARRETO et al., 2014).

Para recuperar e manter as características físicas do solo é necessário manter alta e constante sua atividade biológica com aporte abundante e contínuo de compostos orgânicos. Isso é possível a partir da adoção de práticas de manejo de solo que incluam rotação de cultura

especialmente com espécies que apresentem um sistema radicular agressivo (; CUBILLA et al., 2011; PAN, 2020).

Este processo biológico de descompactação está associado ao desenvolvimento das raízes de plantas no qual seu sistema radicular seja vigoroso para conseguir penetrar e romper as camadas compactadas, deixando após suas senescência e decomposição poros (ou bioporos) no solo (KOCHHANN et al. 2000; ANDRADE et al., 2018). Estes poros possuem melhor conectividade, já que são longos, além de serem muito importantes para a nutrição das plantas, pela mobilização de nutrientes, especialmente por aqueles absorvidos por fluxo de massa (ORTIZ, 2019).

É uma técnica de fácil uso pelo agricultor visto que traz melhorias as propriedades físicas do solo (aumento na macroporosidade, porosidade total e redução da densidade) além de que seus efeitos se manterem por um período maior quando comparado com a escarificação pois as melhorias ocorrem gradativamente de acordo com a decomposição da matéria orgânica (PAN, 2020).

Esses poros podem diferir em estabilidade dependendo da textura do solo, LOZANO et al. (2014) observaram que poros criados por raízes de milho foram mais resistentes em um solo franco do que em um solo franco-arenoso. Os bioporos podem fazer com que a conectividade da porosidade total do solo seja preferencialmente vertical por meio dos canais radiculares que criam melhores condições para a entrada de água no perfil do solo e disponibilidade de oxigênio na raiz (LOZANO et al., 2013).

As raízes pivotantes apresentam amplo diâmetro se desenvolvendo em solos adensados (BORGES et al., 1988; KOCHHANN et al. 2000), ou seja, são capazes de formar bioporos estáveis e melhorar os atributos físicos do solo. Já BERGAMIN (2018) afirma que plantas com sistema radicular fasciculado é que são mais interessantes para o uso como condicionadora de solo como a braquiária, por exemplo. De acordo com ANDRADE et al. (2018) a utilização dessas plantas não deve se limitar as espécies tradicionais como o nabo forrageiro, guandu e crotalária uma vez que é possível a adoção de alternativas como o amaranto e o capim-pé-de-galinha.

LIMA et al. (2015) observaram que em um Latossolo Vermelho, sob camada adensada a 15 cm de profundidade espécies capim-pé-de-galinha e *Urochloa brizantha* se destacaram como promissoras nessas condições de cultivos pois obtiveram um bom desenvolvimento de

parte aérea e raiz em um solo com densidade de  $1,65 \text{ t/m}^3$ , sendo indicadas como plantas com potencial para descompactar os solos.

Tem se observado certa tendência no plantio de leguminosas nas áreas de Tabuleiros Costeiros, visto que as raízes se concentram cerca de 76% nos primeiros 20 cm em solos semeados com *Crotalaria spectabilis*. Nessas áreas também há utilização de coquetéis de leguminosas, que tende a promover um aumento da concentração de raízes em camadas mais profundas de solo quando comparado ao cultivo isolado de *C. spectabilis* (BARRETO et al., 2014).

PAN (2020) observou, em um Latossolo Vermelho Eutroférico, que mesmo após o manejo consorciado de culturas com nabo + aveia e posterior plantio de soja os efeitos da descompactação biológica não duraram mais de que cinco meses. Neste período foi possível observar um aumento da macroporosidade, causado pelos bioporos. Porém a produtividade da soja se manteve estável, quando comparado com anos anteriores, e não foi influenciada pelo manejo diferenciado. As plantas de cobertura, além de produzirem os poros após sua decomposição, proporcionam ao solo maior agregação, devido ao maior teor de carbono orgânico que confere ao solo melhores condições estruturais (WINGEYER et al., 2015).

MOTTIN (2019) estudou o cultivo do milho em consórcio com plantas de cobertura das famílias Poaceae (*Urochloa ruziziensis* e *Avena strigosa* S.) e Fabaceae (*Cajanus cajan* e *Crotalaria spectabilis*). Para a profundidade de 0 – 0,10 m observou que no cultivo de milho (segunda safra) consorciado apresentou  $0,03 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$  a mais de macroporos – aumento de 40% - que contribuiu para uma redução de  $0,09 \text{ Mg m}^{-3}$  na densidade quando comparado ao cultivo sem o consórcio. De acordo com o autor a massa seca produzida pelas raízes equivale a 30% da produção da matéria seca produzida pela parte aérea. Além de que no cultivo em consórcio com as Poaceae apresentaram  $0,04 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$  a mais de macroporos e  $0,08 \text{ Mg m}^{-3}$  a menos de densidade.

SEIDEL et al. (2015) observaram que no cultivo do milho consorciado com a braquiária a massa seca aportada no solo aumentou 40% quando compara ao milho em monocultivo. Porém não promoveu melhorias nas demais propriedades físicas do solo (macro e microporosidade e densidade), muito provavelmente devido a matéria orgânica presente no solo não ter degradado completamente.

CÂMARA E GODOY (2019) notaram que mesmo com o uso da subsolagem juntamente com o plantio de guandu, em um latossolo amarelo distrocoeso típico, não foi

possível reduzir a resistência a penetração do solo. Nas parcelas subsoladas notou-se que 76% das raízes se desenvolveram em profundidades de até 40cm enquanto para a área não subsolada a concentração de raízes nessa faixa foi de 82% - sugerindo que a prática da subsolagem propiciou condições mais favoráveis ao desenvolvimento radicular implicando em menor necessidade de expansão.

HASKEL (2020) observou que mediante a condução do uso de plantas de cobertura com escarificação não influenciaram significativamente na densidade do solo, na macro e microporosidade e porosidade total, isso se deve possivelmente pelos processos de reconsolidação do solo, visto que os efeitos do revolvimento foram validos por alguns meses, como neste caso por 12 meses. Corroborando com MICHELON et al (2019) os quais também não encontraram efeito significativo na densidade e micro e macroporosidade após 3 anos de condução de plantas de cobertura em consórcio – com as espécies de aveia preta, ervilhaca e nabo forrageiro.

GUARESCHI et al. (2012) também observaram que menores valores de densidade foram observados em uma área com 20 anos de sistema plantio direto em comparação a uma área com 3 anos do mesmo sistema. Demonstrando que as respostas das plantas de cobertura nos atributos físicos do solo ocorrem a longo prazo. MARASCA et al. (2013) observam os resultados do acúmulo da matéria orgânica e dos valores da densidade no sistema plantio direto implantando a 11 anos e do preparo convencional adotado a 20 anos e foi observado que maiores teores de matéria orgânica eram presentes no sistema plantio direto na camada de 0 – 30 cm.

As plantas de cobertura são importantes e benéficas em diversos aspectos para o solo, pois elas visam a proteção do solo contra elementos climáticos que podem degradá-los como a ação de chuva, vento, insolação direta além de ser a principal forma de aporte de resíduos vegetal da superfície do solo. As perdas de solo por erosão são reduzidas quando a cobertura vegetal é representativa, essa redução ocorre porque a cobertura evita a desagregação do solo pela chuva, assim como maximiza a infiltração de água (VOLK; TRINDADE, 2017).

As plantas rotacionadas devem possuir sistemas radiculares abundantes e diversificados que ajudem a incrementar o teor de matéria orgânica e melhorem – ao longo do tempo – a sua estrutura e a sustentabilidade do plantio. Visto isso é muito importante a manutenção da palhada sob o solo em quantidade suficiente para manter o solo coberto ao longo do ano além da presença de diferentes sistemas radiculares no perfil do solo junto com a

ausência ou pouco revolvimento do solo provocam um contínuo fluxo de carbono, que é responsável pelo aumento da estabilidade dos agregados favorecendo a continuidade dos poros, infiltração de água e diminuição dos processos erosivos além de reduzir os problemas de compactação (BERGAMIN, 2018).

Então a cobertura vegetal é importante para o solo visto que eleva a atividade biológica e melhora a estruturação e conseqüentemente melhora a condição para infiltração de água no solo. Quanto maior for a cobertura do solo por vegetação melhor será a condição da superfície para a entrada da água da chuva que é essencial para o bom desenvolvimento das culturas (VOLK; TRINDADE, 2020).

### CONSIDERAÇÕES FINAIS

As plantas de cobertura são de grande importância na agricultura moderna visto que contribuem para o aumento de matéria orgânica; aporte de carbono e nitrogênio (principalmente) ao solo; auxiliam na agregação das partículas; melhoram a infiltração; protegem o solo e auxiliam no processo de descompactação. Efeito este que se combinado ao uso de implementos específicos, nas pesquisas mais recentes, tem demonstrado melhora nos resultados de descompactação.

Outras plantas de cobertura têm sido estudadas como alternativas para o auxílio a descompactação como: capim-pé-de-galinha, *Urochloa brizantha*, algumas espécies de brachiaria, *Urochloa ruziziensis*, *Avena strigosa* S. e *Cajanus cajan*.

O tempo de persistência do uso dessas plantas ainda não é bem definido, mas sabe-se que é de longo prazo pois como observado neste trabalho alguns autores não observaram diferença na estrutura física do solo ao longo de até 3 anos de experimentos e outros observaram boa resposta com 20 anos de plantio direto.

### REFERÊNCIAS

- ANDRADE, A. T.; TORRES, J. L. R.; PAES, J. M. V.; TEIXEIRA, C. M.; CONDE, A. B. T. Desafios do Sistema Plantio Direto no Cerrado. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 39, n.302, p 18-26, 2018.
- ARAÚJO, M. A. et al. Efeitos da escarificação na qualidade física de um latossolo vermelho distroférrico após treze anos de semeadura direta. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 28, n. 2, p. 495-504, 2004.
- BARRETO, A. C.; FERNANDES, M. F.; ANJOS, J. L.; MELLO IVO, W. M. P.; CINTRA, F. L. D. Adubação verde na ecorregião dos Tabuleiros Costeiros. In: LIMA FILHO, O. F. de; AMBROSANO, E. J.; ROSSI, F.; CARLOS, J. A. D. (Orgs.). **Adubação verde e plantas de**

**cobertura no Brasil. Fundamentos e prática.** 1ed. Brasília: EMBRAPA, 2014. v. 2.p. 313-341

BEUTLER, A.N.; CENTURION, J.F. Compactação do solo no desenvolvimento radicular e na produtividade de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, p. 581-8, 2004.

BENNIE, A.T.P. Growth and mechanical impedance. In: WAISEL, Y.; ESHEL, A. & KAFKAFI, U. eds. **Plant roots: The Hidden Half**. New York, Marcel Dekker, 1991. p.393-414.

BERGAMIN, A. C. Compactação do solo em sistemas intensivos de produção. International Plant Nutrition Institute – Brasil. **Informações Agronomicas**, n. 164, dezembro, 2018.

BRADY, N.C.; WEIL, R.R. The nature and properties of soils, 14 th ed. New Jersey: **Pearson Education International**. 2011.

BORGES, E. N. et al. Respostas de variedades de soja à compactação de camadas de solo. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 35, n. 202, p. 553-568, 1988.

BUSSCHER, W. J.; BAUER, P. J.; FREDERICK, J. R. Recomposition of a coastal loamy sand after deep tillage as a function of subsequent cumulative rainfall. **Soil and Tillage Research**, v. 68, n. 1, p. 49-57, 2002.

CAMARGO de, O. A.; Alleoni, L.R.F. **Efeitos da compactação em atributos do solo**. 2006. Artigo em Hypertexto. Disponível em: <<http://www.infobibos.com/Artigos/CompSolo/C4/Comp4.htm>>. Acesso em: 14/8/2020.

CÂMARA, T. M. M.; GODOY, R. Desempenho de guandu associado à subsolagem quanto à produção de fitomassa e descompactação de solo. **Nativa**, Sinop, v. 7, n. 4, p. 343-348, jul./ago. 2019.

CELIK, A.; RAPER, R. L. Design and evaluation of ground-driven rotary subsoilers. **Soil and Tillage Research**, Elsevier B.V. v. 124, p. 203–210, 2012.

CERQUEIRA, D. C. O. **Caracterização de leguminosas para adubação verde de canaviais em solo de tabuleiro costeiro, peneiro, alagoas**. 2011. 79f. Dissertação (Mestrados em Agronomia - Produção Vegetal) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo, 2011.

CONTE, O.; LEVIEN, R.; TREIN, C.R.; XAVIER, A.A.P.; DEBIASI, H. Demanda de tração, mobilização de solo na linha de semeadura e rendimento da soja, em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, p.1254-1261, 2009.

CUBILLA, M.; REINERT, D. J.; AITA, C.; REICHERT, J. M. **Plantas de cobertura do solo: uma alternativa para aliviar a compactação em sistema plantio direto**. Física do solo – UFSM 30. 03. 2011. Disponível em: [http://www.fiscadosolo.ccr.ufsm.quoos.com.br/downloads/Producao\\_Artigos/50.pdf](http://www.fiscadosolo.ccr.ufsm.quoos.com.br/downloads/Producao_Artigos/50.pdf). Acesso em: 24. Out. 2020.

DEBIASI, H.; FRANCHINI, J.C.; GONÇALVES, S.L. **Manejo da compactação do solo em Sistemas de Produção de Soja sob semeadura direta**. Londrina: Embrapa Soja, 2008. (Embrapa Soja. Circular Técnica, 63).

DOUGLAS, J.T. Responses of perennial forage crops to soil compaction. In: SOANE, B.D. & van OUWERKERK, C., eds. **Soil compaction in crop production**. Amsterdam, Elsevier, 1994. p.343-364

DRESCHER, M. S.; ELTS, F. L. F.; DENARDIN, J. E.; FAGANELLO, A. Persistência do efeito de intervenções mecânicas para a descompactação de solos sob plantio direto. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, 35:1713-1722, 2011

DRESCHER, M. S.; REINERT, D. J.; DENARDIN, J. E.; et al. Duração das alterações em propriedades físico-hídricas de latossolo argiloso decorrentes da escarificação mecânica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 2, p. 159–168, 2016.

FERREIRA, M.M. Caracterização física do solo. In: JONG van LIER, Q. de. Física do solo. Viçosa, MG, **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, 2010. p.1-27

FIDALSKI, J. Física do solo. Texto elaborado para Capacitação do Programa Paraná Fértil (Instituto EMATER) e Curso de Atualização de Conhecimentos em Ciência do Solo, 2009. Disponível em: [http://www.iapar.br/arquivos/File/zip\\_pdf/aso/jonezfidalski/fisicadosolo.pdf](http://www.iapar.br/arquivos/File/zip_pdf/aso/jonezfidalski/fisicadosolo.pdf). Acesso em: 08. Out. 2020.

GODOY, R; SANTOS, P. M. **Guandu Mandarin**. Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos, SP, 2008.

GUARESCHI, R. F.; PEREIRA, M. G; PERIN, M. Deposição de resíduos vegetais, matéria orgânica leve, estoques de carbono e nitrogênio e fósforo remanescente sob diferentes sistemas de manejo no Cerrado Goiano. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, n.3, p 909-920, 2012.

HASKEL, M. K. **Atributos físicos do solo conduzido sob escarificação mecânica, biológica e plantio direto: influência na produtividade biológica das culturas**. Dissertação (mestrado). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Departamento acadêmico de Ciências Agrárias. Programa de Pós Graduação em Agronomia. Pato Branco, 2020.

JOUBERT D; LABUSCHAGNE N. Effect of soil compaction on Phytophthora nicotianae root rot of Rough lemon and Troyer citrange seedlings. **African Plant Protection**, n. 4, p. 123- 128, 1998.

KAISER, D. R.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M.; COLLARES, G. L.; KUNZ, M. Intervalo hídrico ótimo no perfil explorado pelas raízes de feijoeiro em um Latossolo sob diferentes níveis de compactação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa – MG, v. 33, n. 4, p. 845-855, 2009.

KLEIN, V.A.; CAMARA, R.K. Rendimento da soja e intervalo hídrico ótimo em Latossolo Vermelho sob plantio direto escarificado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, p.221-227, 2007.

KOCHHANN, R.A. & DENARDIN, J.E. **Implantação e manejo do sistema plantio direto**. Passo Fundo, Embrapa-CNPT, 2000. 36p.

KOCHHANN, R. A.; DENARDIN J. E.; BERTON, A. L. **Compactação e descompactação de solos**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2000. 20p.

LABUSCHAGNE N; JOUBERT D. Profile modification as a means of soil improvement: promoting root health through deep tillage. In: UPHOFF N; BALL SA; PALM C (eds).

**Biological Approaches to Sustainable Soil Systems.** Boca Raton: CRC Press. p. 547- 558, 2006.

LIMA, L.B. de; PETTER, F.A.; LEANDRO, W.M. Desempenho de plantas de cobertura sob níveis de compactação em Latossolo Vermelho de Cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.19, n.11, p.1064-1071, nov. 2015.

LIMA, C.L.R. de; REINERT, D.J.; REICHERT, J.M.; SUZUKI, L.E.A.S.; GUBIANI, P.I. Qualidade físico-hídrica e rendimento de soja (*Glycine max L.*) e feijão (*Phaseolus vulgaris L.*) de um Argissolo Vermelho distrófico sob diferentes sistemas de manejo. **Ciência Rural**, v.36, p.1172-1178, 2006.

LOZANO, L. et al. Anisotropy of pore size classes' connectivity related to soil structure under no tillage. **Soil Science**, Argentina, v. 178, n. 11, p. 612-617, 2013

LOZANO, L.A. et al. Stabilization of soil hydraulic properties under a long term no-till system. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa-MG, v. 38, n. 4, p. 1281-1292, 2014.

MARASCA, I.; GONÇALVES, F. C.; MORAES, M. H.; BALLARIN, A. W.; GUERRA, S. P. S.; LANÇAS, K. P.; Propriedades físicas de um Nitossolo Vermelho em função dos sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 11, 1160-1166, 2013.

MICHELON, J. C.; JUNGES, E.; CASALI, C. A.; PELLEGRINI, J. B. R.; NETO, L. R.; OLIVEIRA, Z. B.; Atributos do solo e produtividade do milho cultivado em sucessão a plantas de cobertura de inverno. **Revista de Ciências Agroveterinárias**. Fev. 2019.

MICHELON, C. J.; JUNGES, E.; CASALI, C. A.; PELLEGRINI, J. B. R.; NETO, L. R.; OLIVEIRA, Z. B.; OLIVEIRA, M. B. Atributos do solo e produtividade do milho cultivado em sucessão a plantas de cobertura de inverno. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, Sc, v. 18, n.2, 2019.

MITTMANN, L.M. O solo responde ao tratamento recebido. A Granja, Porto Alegre, n.795, p.26-28, mar. 2015

MORAES, M. T.; DEBIASI, H.; FRANCHIN, J. C.; SILVAS, V. R. Benefícios das plantas de cobertura sobre as propriedades físicas do solo. In: TIECHER, T. (Org.). **Manejo e conservação do solo e da água em pequenas propriedades rurais no sul do Brasil: Práticas alternativas de manejo visando a conservação do solo e da água**. Porto Alegre: UFRGS, 2016.

MOTTIN, M. C. **Caracterização química da matéria orgânica, propriedades físicas do solo e produtividade de milho de segunda safra consorciado com plantas de cobertura e soja em sucessão**. Tese (Doutorado em Agronomia). Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Programa de Pós Graduação em Agronomia. 85 f. 2019.

MOLINA JUNIOR, W.F. **Comportamento mecânico do solo em operações agrícolas**. Piracicaba: ESALQ/USP, 223p, 2017.

MONTEIRO, M. A. C.; ZOZ, A.; LIMEDE, A. C.; OLIVEIRA, C. E. S.; ZOZ, T. Efeito do preparo do solo com diferentes implementos sobre a resistência do solo à penetração. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia-MS, v. 4, n. 2, p. 63-68, abr./jun. 2017

MOTTIN, M. C.; SEIDEL, E. P.; FEY, E.; VANELLI, J.; ALVES, A. L.; RICHART, A.; FRANDOLOSO, J. F.; ANSCHAU, K. A.; FRANZISKOWSKI, M. A. Biomass Productivity and Physical Properties of the Soil after Cultivation of Cover Plant in the Autumn and Winter. **American Journal of Plant Sciences**, v. 09, p. 775-788, 2018.

NETO, J. F. SEVERIANO, E. C.; COSTA, K. A. P.; JUNNYOR, W. S. G.; GOLÇASVES, W. G.; ANDRADE, R. Biological soil loosening by grasses from genus *Brachiaria* in croplivestock integration. **Acta Sci., Agron.**, vol.37, n.3, Maringá, July/Sept. 2015.

NUNES, M. R. **Mitigação da compactação do solo em plantio direto**. Dissertação (mestrado). Universidade Federal de Pelotas. 2014, 125f.

NUNES, M. R.; DENARDIN, J. E.; PAULETTO, E. A.; FAGANELLO, A.; PINTO, L. F. S. Effect of soil chiseling on soil structure and root growth for a clayey soil under no-tillage. **Geoderma**, Elsevier B.V. , v. 259–260, p. 149–155, 2015.

NUNES, M. R.; DENARDIN, J. E.; PAULETTO, E. A.; FAGANELLO, A.; PINTO, L. F. S. Effect of soil chiseling on soil structure and root growth for a clayey soil under no-tillage. **Geoderma**, v. 259–260, p. 149–155, 2015. Elsevier B.V.

ORTIZ, J. A. M. **Propriedades físicas do solo em sistema plantio direto: associação com a produtividade da soja e variações em relação à mata nativa**. Dissertação (mestrado). Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias, Lages, 2019

OTTO, R.; SILVA, A.P.; FRANCO, H.C.J.; OLIVEIRA, E.C.A.; TRIVELIN, P.C.O. High soil penetration resistance reduces sugarcane root system development. **Soil & Tillage Research**, v. 117, p. 201-210, 2011.

PAN, R. **Descompactação mecânica e biológica: efeitos sobre as propriedades físicas e do carbono orgânico do solo**. Dissertação (mestrado). Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, 2020.

PAULUS, G.; MULLER, A.M.; BARCELLOS, L.A.R. **Agroecologia aplicada: práticas e métodos para uma agricultura de base ecológica**. Porto Alegre: EMATER/RS, 2000. p. 86.

PIFFER, C.R. **Viabilidade da nabiça (*Raphanus raphanistrum* L.) como planta de cobertura para a cultura do milho em diferentes sistemas de manejo do solo. 2008. 174f.** Tese (Doutorado em Agronomia / Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2008.

PRADO, R. B.; FIDALGO, E. C. C.; MONTEIRO, J. M.; SCHULER, A. E.; VEZZANI, F. M.; GARCIA, J. R.; OLIVEIRA, A. P.; VIANA, J. H. M.; PEDREIRA, B. C. C. G.; MENDES, I. C.; BRAGA, A. R. S.; PARRON, L. M.; CLEMENTE, E. P.; DONAGEMMA, G. K.; TURETTA, A. P. D.; SIMÕES, M. Current overview and potential applications of the soil ecosystem services approach in Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 9, p. 1021-1038, set. 2016.

RALISCH, R.; ALMEIDA, E.; SILVA, A. P.; PEREIRA NETO, O. C.; GUIMARÃES, M. F. Morphostructural characterization of soil conventionally tilled with mechanized and animal traction whit and without cover crop. **Revista Brasileira de ciência do Solo**, v. 34, n 6 p. 1795-1802, 2010.

REICHERT, J.M.; REINERT, D.J.; BRAIDA, J.A. Manejo, qualidade do solo e sustentabilidade: condições físicas do solo agrícola. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 29., 2003, Ribeirão Preto. **Anais...** Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2003. p.1-17.

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: **Tópicos de Ciência do Solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v.1, p.49-134, 2007.

REICHERT, J.M.; SUZUKI, L.E.A.S.; REINERT, D.J.; HORN, R.; HAKANSSON, I. Reference bulk density and critical degree-of-compactness for no-till crop production in subtropical highly weathered soils. **Soil & Tillage Research**, v. 102, p. 242–254. 2009.

SANTOS, J. C. DOS; NETO, F. C. R.; JUNIOR, J. M. C.; WANDERLEY, R. A. DESEMPENHO DE UM ESCARIFICADOR COM DOIS TIPOS DE PONTEIRAS E TRÊS ESPAÇAMENTOS ENTRE HASTES. **Science & Engineering Journal**, v. 24, n. 2, p. 1983–4071, 2015.

SANCHEZ E. **Propriedades físicas do solo e produtividade de soja em sucessão a plantas de cobertura de inverno**. Dissertação (mestrado em agronomia). Universidade Estadual do Centro Oeste – Unicentro. Guarapuava-PR, 2012.

SANTI, A. L.; CORASSA, G. M.; AMADO, T. J. C.; et al. Plantas de cobertura de inverno e a variação espacial e temporal da resistência do solo a penetração. **Revista Plantio Direto**, v. 140, n. Março/Abril, p. 10–20, 2014.

SECCO, D.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M.; da SILVA, V. R. Atributos físicos e rendimento de grãos de trigo, soja e milho em dois Latossolos compactados e escarificados. **Ciência Rural**, vol.39, no.1, Santa Maria, Jan./Feb. 2009

SEIDEL, E. P.; MATTIA, V. MATTEI, E. CORBARI, F. PRODUÇÃO DE MATÉRIA SECA E PROPRIEDADES FÍSICAS DO SOLO NA CONSORCIAÇÃO MILHO E BRAQUIÁRIA. **Scientia Agraria Paranaensis – SAP**, Marechal Cândido Rondon, v. 14, n. 1, jan./mar., p. 18-24, 2015.

SILVA, S. G. C.; SILVA, A. P da; GIAROLA, N. F. B.; TORMENA, C. A.; SÁ, J. C. de. Temporary effect of chiseling on the compaction of a Rhodic Hapludox under no-tillage. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, Viçosa, v. 36, p. 547-555, 2012.

SILVA, A. A. DA; GALON, L.; FERREIRA, F. A.; et al. Sistema de Plantio Direto na Palhada e seu impacto na agricultura brasileira. **Revista Ceres**, v. 56, n. 4, p. 496–506, 2009.

SILVA, P. R. A.; BENEZ, S. H. Avaliação de forças resultantes de mecanismos sulcadores de semeadoras-adubadoras de plantio direto. **Energia na Agricultura**, v. 20, n. 2, p. 76-82, 2005

SILVA, R.H. da; ROSOLEM, C.A. Crescimento radicular de soja em razão da sucessão de cultivos e da compactação do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, p.855-860, 2002

TARTARI, D. T.; NUNES, M. C. M.; SANTOS, F. A. SI.; FARIA JUNIOR, C. A.; SERAFIN, M. E. Perda de solo e água por erosão hídrica em Argissolo sob diferentes densidades de cobertura vegetal. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 7, n. 3, p. 85–93, 2012

VALADÃO, JÚNIOR, D. D. **Regeneração física de um latossolo após a intervenção com diferentes equipamentos.** 77f. Dissertação (mestrado). Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, MT, 2008.

VOLK, L. B. S.; TRINDADE, J. P. P. Princípios técnicos de manejo de sistemas pecuários para maior disponibilidade de água no solo. **Comunicado Técnico – EMBRAPA.** Bagé, RS. Junho, 2020.

VOLK, L. B. da S.; TRINDADE, J. P. P. **A pecuária e a conservação do solo.** Bagé: Embrapa Pecuária Sul, 2017. 16 p.

WINGEYER, A.B. et al. Soil Quality Impacts of Current South American Agricultural Practices. Sustainability, Entre Ríos-Argentina, v. 7, p. 2213-2242, 2015.