



EFEITOS DE PALHIÇO SOBRE ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO NA CULTURA DA CANA-DE-AÇÚCAR

João Alfredo Neto da Silva¹
Vanessa do Amaral Conrad¹
Ana Helaise Amadori¹
Márcia Luiza Santos da Silva²

RESUMO – Algumas práticas agrícolas causam alterações nos atributos do solo que resultam no mau funcionamento e, em último caso, na degradação dos recursos naturais. Por outro lado, a utilização de práticas que promovam uma melhoria da qualidade do solo deve ser preconizada com o objetivo de proporcionar as plantas condições favoráveis de desenvolvimento. Objetivou-se com o presente artigo realizar uma revisão de literatura verificando como este assunto vem sendo abordado e trabalhado no Brasil, no âmbito do setor sucroenergético. Práticas conservacionistas como o cultivo de cana-de-açúcar sem queima buscam entre outras benéficas a preservação do solo, porém alterações nas propriedades físicas continuam sendo observadas, sendo a causa destas alterações neste sistema de cultivo, normalmente atribuída ao tráfego de máquinas agrícolas em condições de alta umidade no solo. A compactação do solo, resultado do tráfego de grandes máquinas agrícolas, em solos com umidade inadequada, é uma preocupação desde o início da mecanização na agricultura brasileira, pois é um dos fatores que mais interferem, em virtude das modificações ocasionadas nas propriedades físicas, para alcançar a sustentabilidade dos solos agrícolas. Desta forma, a utilização de máquinas de grande porte e com grande frequência em áreas de produção de cana-de-açúcar, deve vir acompanhada de técnicas que possibilitem a menor alteração possível nas características físicas dos solos, permitindo a sustentabilidade dessas áreas e evitando sua degradação e a manutenção do palhiço resultante da colheita mecanizada de cana crua promovendo a cobertura permanente do solo com certeza contribui para o alcance da sustentabilidade.

Palavras-Chave: *Saccharum spp.* Palhada. Porosidade do Solo. Cobertura do Solo. Colheita Mecanizada.

¹Docentes das faculdades Magsul – FAMAG. E-mail:silvaneto20@yahoo.com.br

²Bióloga mestra em Ecologia e Conservação

ABSTRACT – Some agricultural practices cause changes in soil attributes that result in malfunction and, ultimately, in the degradation of natural resources. On the other hand, the use of practices that promote an improvement in the quality of the soil must be recommended with the objective of providing the plants with favorable conditions for development. The objective of this article was to carry out a literature review verifying how this subject has been approached and worked in Brazil, in the context of the sugar-energy sector. Conservation practices such as the cultivation of sugarcane without burning seek, among other benefits, the preservation of the soil, but changes in physical properties continue to be observed, being the cause of these changes in this cultivation system, normally attributed to the traffic of agricultural machines in conditions of high soil moisture. Soil compaction, resulting from the traffic of large agricultural machines, in soils with inadequate moisture, has been a concern since the beginning of mechanization in Brazilian agriculture, as it is one of the factors that most interfere, due to the changes caused in the physical properties, to achieve sustainability of agricultural soils. In this way, the use of large machines and with great frequency in sugarcane production areas must be accompanied by techniques that allow the least possible alteration in the physical characteristics of the soils, allowing the sustainability of these areas and avoiding their Degradation and maintenance of straw resulting from mechanized harvesting of raw cane, promoting permanent soil cover, certainly contributes to achieving sustainability.

Keywords: *Saccharum spp.* Straw. Soil Porosity. Soil Cover. Mechanical Harvesting.

INTRODUÇÃO

A queima do canavial antes de realizar a colheita, é comum em vários países que cultivam a cana-de-açúcar, pois a queima da densa biomassa foliar torna mais fácil o corte manual dos colmos. Porém, a liberação de monóxido de carbono (CO) e outros gases poluentes na atmosfera, a deposição de cinzas em áreas urbanas e a exposição do solo são alguns dos vários problemas ambientais causados pela queimada (LUCA et al., 2008).

Para evitar esses problemas ambientais, vem substituindo-se a colheita com queima pela colheita

mecânica de cana crua que de modo similar ao sistema de plantio direto deixa sobre o solo espessa camada de palhço, sobre a qual são realizadas as etapas do manejo cultural (MARTINS et al., 1999). Esta camada de palha pode atingir valores de 8 até 20 Mg ha⁻¹, oscilando em razão da variedade e idade do canavial (CHRISTOFFOLETI et al., 2007). Ainda, o tipo de colheita utilizado pode influenciar a produção e a longevidade da cultura, os atributos físicos, químicos e biológicos do solo, o meio ambiente e a saúde pública (SOUZA et al., 2005).

Para realizar a colheita sem a necessidade de queimar o canavial, amenizando os problemas ambientais, desenvolveram-se máquinas, levando o palhiço que seria queimado e transformado em gases e cinzas a cobrir o solo, protegendo-o contra intempéries, melhorando suas condições de conservação. No processo de decomposição, parte do palhiço é incorporado ao solo, fazendo com que funcione como um compartimento sequestrador de carbono atmosférico, uma vez que o palhiço foi produzido no processo fotossintético de assimilação de CO² do ar (LUCA et al., 2008).

A manutenção das coberturas mortas sobre o solo causam grandes modificações, tais como: aumento e estabilização da umidade, alterações na fertilidade e temperatura, elevação dos teores de matéria orgânica, maior eficácia no controle da erosão, interferência sobre a incidência de luz na superfície do solo, mudança da flora infestante e maior dificuldade para a aplicação de herbicidas que, em alguns casos, pode ser reduzida (VIDAL e THEISEN, 1999; SILVA et al., 2003; CAVENAGHI et al., 2007; CHRISTOFFOLETI et al., 2007; GUIMARÃES et al., 2008; SILVA, 2015).

Infestações de pragas e doenças também podem ser apresentadas como consequências da manutenção do

palhiço de cana-de-açúcar sobre o solo, de modo que frequentemente são descritas áreas com aumento na infestação de cigarrinhas (*Mahanarva fimbriolata*), que se têm caracterizado como a principal praga em áreas de cana crua (GARCIA et al., 2007). Estes insetos são beneficiados pela maior manutenção de umidade junto ao solo, em decorrência do microclima criado pelo palhiço (RAVANELI et al., 2006; GUIMARÃES et al., 2008).

As mudanças físico-químicas no ambiente de produção também afetam a brotação, emergência e crescimento das plantas. Este fato ganha importância particular quando se considera que as variedades de cana-de-açúcar disponíveis atualmente foram desenvolvidas em sistema de cana queimada, de modo que cada variedade pode apresentar resposta diferente quanto à adaptabilidade a mudanças, em aspectos físicos, e nas particularidades do manejo (SOUZA et al., 2005).

Desta forma a busca por alternativas que proporcionem a minimização dos custos de produção e a sustentabilidade do ambiente agrícola, vem mudando o comportamento das unidades produtoras de cana-de-açúcar (SOUZA et al., 2006). O manejo de colheita com queima, comumente utilizado para eliminar o grande volume

de matéria seca no dossel da planta está sendo substituído pelo manejo de cana crua, caracterizado pelo uso de máquinas para realizar a colheita, o que evita a contaminação do ambiente e de centros urbanos e ainda traz maior eficiência e velocidade na operação (SPADOTO, 2008).

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Cana-de-açúcar

A cana-de-açúcar, descrita por Linneu, em 1753, como *Saccharum officinarum* e *Saccharum spicatum*, apresenta cultivo intimamente ligado à própria história e ao desenvolvimento do Brasil. Matéria prima transformada em açúcar e álcool, ocupa papel de destaque na economia mundial, sendo o Brasil líder na produção desses derivados (CESNIK e MIOCQUE, 2004).

Em cinco séculos de exploração, a cana-de-açúcar vem desempenhando sucessivos papéis na economia brasileira: fortaleceu o período colonial e, baseado no trabalho escravo, sustentou o Império. Deu origem a indústrias e destacou a nação como exportadora de açúcar; alavancou o desenvolvimento de áreas do Nordeste brasileiro e, mais tarde, também do Centro-Sul. Apresentou-se como uma fonte

alternativa ao petróleo na geração de energia. Desta forma a cana-de-açúcar ocupou espaço e se estabeleceu no Brasil (PIMENTA e SPADOTTO, 1999).

Dentre as diversas formas de emprego, ela pode ser usada *in natura*, como forragem para a alimentação animal ou humana, ou como matéria-prima para a fabricação de alimentos, fármacos, bebidas alcoólicas e combustíveis. Em relação a combustíveis, a sua importância vem se tornando crescente em todo o mundo em decorrência da constante demanda por fontes alternativas de energia, e pela possibilidade de redução da oferta, da elevação dos custos de extração e de processamento e, até mesmo, do esgotamento de recursos naturais não renováveis como o petróleo, o carvão mineral etc. (VASCONCELLOS et al., 2002).

A área plantada com cana-de-açúcar teve um crescimento expressivo nos últimos anos, e esse processo alterou a representatividade das regiões que cultivam a cana-de-açúcar. O Centro-Oeste é a região em que a produção de cana-de-açúcar mais se expande, assumindo o papel de segunda maior região produtora do país, ultrapassando a tradicional região Nordeste (BERNARDO et al., 2020).

O estado de Mato Grosso do Sul (MS), destaca-se nessa expansão, obtendo um crescimento de 446% da área plantada com cana-de-açúcar no período entre 2003 e 2016, enquanto a taxa nacional esteve em 91% (IBGE, s.d.; BERNARDO et al., 2020).

O Brasil, teve produção na safra 2020/2021 de 654,5 milhões de toneladas com produção de 29,7 bilhões de litros de etanol e 41,2 milhões de toneladas de açúcar (CONAB, 2021).

Estes valores expressivos de área e produção evidenciam a importância da cana-de-açúcar, que está correlacionada à sua elevada capacidade de adaptação aos mais diversos ambientes edafoclimáticos e, principalmente, à sua múltipla utilização.

Colheita mecanizada de cana crua

A colheita mecanizada da cana-de-açúcar representa a necessidade de mão de obra, aliada à busca por rendimentos satisfatórios, menores custos de produção e leis ambientais a cumprir. Segundo Instituto de Economia Agrícola - IEA (2008), foi acordado para 2014 e 2017 o término da queima para áreas mecanizáveis e não mecanizáveis, respectivamente. Às usinas que aderirem ao cumprimento das regras estabelecidas garantirão o selo ambiental, o qual

contribuirá para facilitar a comercialização do etanol.

A mecanização da colheita de cana-de-açúcar é inevitável, pois uma colhedora equivale a 100 cortadores, podendo chegar ao rendimento de 15 a 20 toneladas/hora contra 5 a 6 toneladas/dia por pessoa (COSTA NETO, 2006).

A colheita mecanizada com a manutenção da palha na superfície do solo resulta em melhoria da fertilidade do solo (OLIVEIRA et al., 2002), aumento dos estoques de carbono do solo (GALDOS et al., 2009), aumenta a infiltração e armazenamento de água no solo (SOUZA et al., 2005), aumento da atividade biológica do solo (SOUZA et al., 2012), redução da infestação por plantas daninhas (MONQUERO et al., 2008), redução das perdas de solo por processos erosivos (SPAROVEK e SCHNUG, 2001) e aumento da produtividade da cultura (GAVA et al., 2001).

Rodrigues e Saab (2007) e Rodrigues (2008), destacam as vantagens da colheita mecanizada da cana-de-açúcar sem a utilização da queima do canavial, como menores custos da colheita mecanizada, ficando em torno de 32,74% e 60,46% inferior, além das vantagens ambientais. Outro fator importante é o aumento no

rendimento da produção da cana-de-açúcar de 10 Mg ha⁻¹ na área de colheita de cana-de-açúcar com manutenção do palhiço, em relação à área sem a presença de palhiço (WATANABE et al., 2004).

A colheita mecanizada tem como resíduo uma camada de palhiço com espessura aproximada entre 8 a 12 cm sobre o solo, o que contribui para a redução da compactação superficial e a erosão (PAULA et al., 2010). Além disso, contribui para o aumento do teor de matéria orgânica, melhora da capacidade de troca catiônica (CTC), favorecendo o microclima próximo ao solo, evitando amplitudes térmicas e mantendo a umidade por um período bem maior, influenciando a dinâmica da matéria orgânica do solo (CERRI et al., 2011) e, reduzindo as perdas de solo e nutrientes (MARTINS FILHO et al., 2009).

Faz-se necessário ter conhecimento aprofundado sobre os benefícios do palhiço no campo que permita decidir sobre a relação ideal entre palha no solo/palha removida, de forma a melhor contribuir com a sustentabilidade do setor. Provavelmente, a quantidade ideal de palha que precisa ser mantida no solo vai ser dependente de uma série de fatores. Em determinadas épocas do ano o canavial necessita de maior quantidade de palha no solo, visando proteção contra

erosão, suprimento de nutrientes, proteção contra a incidência direta da radiação solar no solo, retenção de umidade e redução da incidência de plantas daninhas. Somado a isto, observa-se que a taxa de decomposição da palha é diferente dependendo da época da colheita do canavial e das características climáticas do local (CERRI et al., 2011).

Solo

Um dos fatores que influenciam diretamente no crescimento da cana-de-açúcar é o solo, servindo como substrato aonde as plantas vão se desenvolver e dele retirar os nutrientes de que necessitam (ORLANDO FILHO, 1983). Contudo, por ser uma planta rústica, a cana-de-açúcar desenvolve-se bem em praticamente todos os tipos de solo. Para o bom desempenho da cultura, recomenda-se evitar solos: com profundidade efetiva inferior a 1,0 m; com lençol freático elevado e má drenagem; excessivamente argilosos ou arenosos; excessivamente declivosos. Declives superiores a 15% são limitantes ao emprego de máquinas (ANDRADE, 2001).

Devido ao grande número de operações com máquinas são realizadas durante as diferentes fases da produção

o cultivo da cana-de-açúcar é do ponto de vista de manejo de solo, uma das práticas mais agressivas. A utilização de equipamentos pesados e mecanização excessiva, realizadas em condições de umidade inadequada, vêm causando sérios problemas de compactação do solo com prejuízo ao desenvolvimento das plantas (SILVA e RIBEIRO, 1992; ROQUE et al., 2001; SILVA et al., 2006; CASTRO et al., 2013).

O tráfego desses equipamentos de forma repetitiva em áreas de colheita de cana crua, causam uma intensa degradação da qualidade física do solo, induz a mudanças no comportamento das partículas dos agregados do solo, ocasionando a deterioração de sua estrutura provocando, assim, o processo de compactação do solo (IAIA et al., 2006; SILVA, 2015), problema que se agrava quando o solo é trabalhado com um conteúdo de água elevado, inadequado para as atividades agrícolas (SILVA e CABEDA, 2006).

Os atributos do solo mais frequentemente avaliados em pesquisas de manejo de resíduos vegetais de colheita são o teor de C, usado para calcular a concentração da matéria orgânica do solo (MOS), devido ela ser responsável por melhorar suas condições químicas, físicas e biológicas (SIX et al., 2004); e a estabilidade dos agregados,

que é o indicador da estrutura do solo (SIX et al., 2000), pois uma estruturação adequada favorece a fertilidade do solo, aumenta seu potencial produtivo e diminui a erodibilidade, sendo fator-chave para moderar o sequestro de C no solo (BRONICK e LAL, 2005).

A supressão da queima com manutenção da palhada sobre o solo resultou em maior concentração da MOS, em solo muito argiloso (ORLANDO FILHO et al., 1998) e de textura média (SOUZA et al., 2005), mas não em solo muito arenoso (BALL-COELHO et al., 1993). Também foram registrados aumentos na concentração de macroagregados estáveis em água, devido à supressão da queima do canavial (CEDDIA et al., 1999; GRAHAM et al., 2002b; SOUZA et al., 2005). Outros estudos encontraram correlação positiva entre concentrações da MOS e estabilidade de macroagregados (CERRI et al., 1991; BLAIR, 2000; GRAHAM et al., 2002a).

Entretanto, alguns trabalhos demonstraram que o uso de máquinas na colheita da cana crua ocasionou compactação do solo (CEDDIA et al., 1999; SOUZA et al., 2005).

Da mesma forma que o tráfego de máquinas a queima da palhada também interfere na qualidade química, física e biológica do solo. A incorporação

da palhada aumenta o teor de matéria orgânica, a macroporosidade e o teor de água no solo, a estabilidade de agregados, além de reduzir o valor da resistência do solo à penetração e aumentar o potencial produtivo (BRAIDA et al., 2006; BRAIDA et al., 2010).

Outro fator que pode influenciar negativamente os atributos físicos do solo é ficar longo período de cultivo sem reforma do canavial, aumentando a densidade e reduzindo a macroporosidade, podendo também reduzir a estabilidade de agregados, quando comparadas com um solo de mata nativa (CENTURION et al., 2007).

Densidade do solo

A menor movimentação do solo nas soqueiras e a colheita de cana sem queima podem constituir práticas conservacionistas, por outro lado, o tráfego de colhedora e de veículo de transbordo pode ser fonte de compactação e desarranjo da estrutura do solo, com conseqüente aumento de resistência ao crescimento radicular e redução de microporosidade e aeração do solo. A qualidade química e biológica é afetada pela desestruturação física do solo, com reflexos na produtividade da cultura e nos aspectos ambientais da produção (PACHECO e CANTALICE,

2011; VASCONCELOS et al., 2012; ARAÚJO et al., 2013).

Na maioria dos solos cultivados intensivamente a presença de uma estrutura maciça e adensada nas camadas superficial e subsuperficial são comuns, com valores de densidade do solo mais elevados e, aeração, penetração e a proliferação de raízes também são prejudicadas (RICHART et al., 2005). Assim, a densidade pode variar consideravelmente, dependendo da textura, dos teores de matéria orgânica do solo e da frequência de cultivo (HAJABBASI et al., 1997).

Vasconcelos (2002), estudando dois sistemas de colheita, crua mecanizada e queimada manual, e seu efeito sobre o desenvolvimento do sistema radicular e da parte aérea de socas de cana-de-açúcar verificou que a alteração do sistema de colheita da cana queimada manual para cana crua mecanizada reduz a amplitude térmica do solo, aumenta o teor de água e de matéria orgânica no solo. O elevado tráfego de máquinas e veículos de transbordo causou aumento da densidade do solo até a profundidade de 0,40 m.

Por outro lado, em estudo sobre o efeito de resíduos vegetais na superfície e o carbono orgânico do solo e suas relações com a densidade máxima obtida no ensaio de Proctor, (BRAIDA et

al., 2006) afirmaram que a palhada é capaz de absorver parte da energia de compactação produzida pelo trânsito de máquinas. Tal observação corrobora a relatada por (CEDDIA et al., 1999), que analisaram diferentes sistemas de manejo de colheita de cana em solo de textura arenosa e por (GARBIATE et al., 2011), que encontraram maiores valores de densidade em áreas de cana-de-açúcar, sob colheita mecanizada com queima prévia do canavial em comparação a sistemas de colheita mecanizada, sem queima prévia.

De Maria, Castro e Dias (1999) constataram que em Latossolo Roxo, ocorre restrição ao desenvolvimento de raízes da cana-de-açúcar acima de $1,2 \text{ Mg m}^{-3}$. Já Camargo e Alleoni (1997) consideram crítico o valor de $1,55 \text{ Mg m}^{-3}$ em solos franco-argilosos a argilosos.

Têm-se utilizado a subsolagem nas operações de preparo do solo para solucionar o problema de altos valores de densidade, precedendo a outras operações convencionalmente utilizadas com a finalidade de aliviar a compactação (CASTRO FILHO et al., 1998). Paulinho et al. (2004), afirmam que a escarificação de soqueiras de cana resulta em maior número de macroporos do solo, conseqüentemente menor densidade e reduzindo o problema da compactação.

Compactação do solo

No sistema de produção de cana-de-açúcar utilizado atualmente está baseado em unidades onde se realizam o plantio e o cultivo em uma ou duas linhas, com tratores que têm no máximo 2,0 m de bitola. No entanto a colheita é feita em linhas simples, acompanhada do veículo de transbordo na linha adjacente, o que gera um tráfego intenso, com baixo rendimento operacional, alto custo e elevada compactação dos solos. Esses são alguns dos fatores que obrigam a replantio do canavial a cada cinco anos (ROQUE et al., 2010).

Segundo Castro e Lombardi Neto (1992) Reinert et al. (2008), a resistência mecânica do solo à penetração de raízes pode limitar o crescimento do sistema radicular e a produtividade das plantas, com efeito mais acentuado em anos com ocorrência de déficit hídrico.

Valores entre 2,0 e 4,0 MPa, em sistema de plantio direto, dificultam o desenvolvimento radicular das culturas (ARSHAD et al., 1996). Dexter (1987) afirmou que a compactação do solo é mais prejudicial em solo seco, e que pode haver crescimento radicular da cana-de-açúcar em valores de resistência do solo à penetração superiores a 4,0 MPa em condições de maior conteúdo de água.

Roque et al. (2010) não observou redução de produtividade entre os sistemas de manejo decorrente da compactação do solo com regime hídrico adequado ao desenvolvimento da cultura. Da mesma forma, em soqueira de cana-de-açúcar, em Latossolo Vermelho, Paulino et al. (2004) não observaram redução na área e no comprimento de raízes e na produção de cana-de-açúcar decorrentes do nível de compactação do solo.

Porem a infiltração e retenção de água do solo podem ser afetadas devido a efeitos negativos na agregação e porosidade do solo, resultado da compactação (BALL-COELHO et al., 1993; CEDDIA et al., 1999). Entretanto, a cobertura com resíduos vegetais de colheita podem minimizar esse problema, pois gera uma forte estabilidade estrutural levando a diminuir o escoamento superficial (SHUKLA et al., 2003; LADO et al., 2004).

O manejo das soqueiras na pós-colheita, altera a densidade do solo, a macro e a microporosidade, sem alterar a produtividade da cultura. Porem, ao realizar escarificação nestas áreas, resulta em maior penetração de raízes nas zonas onde havia forte compactação (PAULINO et al., 2004).

Agregação do solo

A agregação pode ser definida como a união de partículas (argila - íon - matéria orgânica, areia e silte) na unidade estrutural do solo (o agregado), sendo sua estabilidade caracterizada como a resistência a uma ação mecânica degradante (CHAVES e CALEGARI, 2001). A agregação do solo controla os movimentos internos de água, ar e calor e o crescimento de raízes. Os sistemas de manejo conservacionistas aumentam os estoques de matéria orgânica e a estabilidade de agregados (BALESDENT et al., 2000).

O maior teor de matéria orgânica determina maior estabilidade dos agregados e, conseqüentemente, maior proteção física (COSTA et al., 2004). Corroborando com estes resultados, Souza et al. (2005) encontraram maior interação entre as frações orgânica e mineral do solo, assim como a melhor estabilidade de agregados em Latossolo sob manejo de cana crua, devido à adição de cerca de 12 Mg ha⁻¹ de matéria orgânica na forma de palhicho.

Estudando três solos cultivados com cana-de-açúcar e manejados com colheita mecanizada sem despalha a fogo e colheita manual com a queima do canavial Luca et al. (2008), concluíram que a decomposição do palhicho

depositado proporcionou aumento no teor e no estoque de matéria orgânica, passando a funcionar como dreno de C e N atmosféricos e o maior teor de matéria orgânica favoreceu o aumento de estabilidade de agregados.

Já a perda de matéria orgânica, em sistemas de cultivo convencional, devido ao preparo do solo, é favorecida pelo aumento da exposição do solo, possibilitando erosão e elevação da taxa de decomposição (BOWMAN et al., 1990).

A influência da matéria orgânica na agregação do solo é um processo dinâmico em que os efeitos benéficos estão associados à intensificação da atividade microbiana, resultando em produtos que desempenham função na formação e estabilidade (agentes agregantes) dos agregados. Entretanto, estes efeitos benéficos sobre essa agregação são resultantes da atividade conjunta dos microrganismos, da fauna e da vegetação (ROZANE et al., 2010). Paladini e Mielniczuk (1991) constataram correlação entre agregados maiores que 2,00 mm e carbono orgânico do solo na camada de 0 - 2,5 cm, indicando que compostos orgânicos podem ter atuado na formação e estabilidade desses agregados. Campos et al. (1995) verificaram que o solo sob semeadura direta apresentou diâmetro médio dos

agregados cerca de duas vezes maior que a semeadura convencional, essa diferença esta correlacionada ao incremento de carbono orgânico e atividade microbiana.

O uso intensivo de solos com o cultivo da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) pode modificar as propriedades físicas do solo, entre elas a estabilidade de agregados, que quando é diminuída, indica efeitos deletérios do sistema de manejo na estrutura do solo, principalmente nas camadas superficiais do solo (SOUZA et al., 2004). A manutenção de uma maior estabilidade de agregados é uma condição primordial para se garantir altas produtividades das culturas (CORRÊA, 2002).

As gramíneas apresentam efeito rizosférico intenso em virtude do seu abundante sistema radicular que, ao ser decomposto, libera nutrientes, e ainda contribui para a formação da matéria orgânica do solo, favorecendo intensamente seu estado de agregação. Desta forma, sistemas de manejo que visem o maior aporte de material orgânico ao solo tendem a formar agregados maiores e mais estáveis, pois quanto maior o teor de matéria orgânica do solo, maior será a organização das partículas em estruturas mais complexas, ou seja, melhor será a sua estruturação (MIELNICZUK et al., 2003).

Góes et al. (2005) verificaram que o cultivo de cana-de-açúcar reduziu o valor do diâmetro médio ponderado (DMP) do solo a estabilidade de agregados e a condutividade hidráulica saturada em relação à mata nativa. Foi constatado também que a agregação do solo cultivado com cana-soca de quarto corte foi menor que a agregação verificada no solo cultivado com cana-planta e cana-soca de segundo corte (CENTURION et al., 2007). Esses autores concluíram que o tempo de cultivo da cana-de-açúcar interfere na estrutura do solo, proporcionando aumento da densidade e diminuição da porosidade total.

A agregação é uma das propriedades que podem ser utilizadas para avaliar a qualidade do solo, uma vez que a manutenção de sua estrutura facilita a aeração e a infiltração de água e reduz a erodibilidade (NEVES et al., 2006).

Porosidade do solo

A porosidade total é formada pelo conjunto de macro e microporos, desta forma, quaisquer alterações em suas estruturas afetam a porosidade, como um todo. Tormena et al. (1998) afirmam que os macroporos são a classe de poros menos estáveis e sofrem alterações

quando submetidos aos estresses aplicados pelo tráfego, tornando-se facilmente instáveis, mediante compressibilidade, afetando a porosidade total. Segundo Cruz et al. (2003; 2010) a estabilidade da estrutura depende da matéria orgânica, verificando-se menor risco de degradação estrutural e de compactação em solos com maiores teores de carbono orgânico (CO). Logo se a manutenção do palhicho, proveniente da colheita de cana crua, sobre o solo ao longo dos anos de cultivo aumenta o CO do solo conforme constataram (BRONICK e LAL, 2005) é de se esperar que esta prática melhore os ambientes de cultivo, através da manutenção da macroporosidade.

O atributo físico do solo mais afetado pelo contínuo cultivo de cana-de-açúcar é a macroporosidade (CARVALHO et al., 1991). Concordando com estes resultados, Centurion et al. (2007) ao trabalharem com canaviais de diferentes anos de cultivo, onde com o passar dos anos a macroporosidade tendeu a diminuir e a microporosidade a aumentar.

Com relação a distribuição e tamanho dos poros, a macroporosidade influencia diretamente a capacidade de infiltração, a drenabilidade do solo e sua capacidade de aeração enquanto que a microporosidade é responsável pela

capacidade de retenção de água e solutos no solo (HILLEL, 1998).

Em relação aos poros formados pela ação das raízes no solo (bioporos), estes são considerados mais estáveis, pois a decomposição por microrganismos gera materiais que atuam como cimentantes nas paredes dos poros, proporcionando maior durabilidade, se comparados àqueles formados por implementos mecânicos. No sistema plantio direto, em geral, os solos apresentam após três a quatro anos, maiores valores de densidade e microporosidade na camada superficial, e menores valores de macroporosidade e porosidade total, quando comparado com o preparo convencional (ABREU, 2000).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Práticas conservacionistas como o cultivo de cana-de-açúcar sem queima buscam entre outras benéficas a preservação do solo, porém alterações nas propriedades físicas continuam sendo observadas, sendo a causa destas alterações neste sistema de cultivo, normalmente atribuída ao tráfego de máquinas agrícolas em condições de alta umidade no solo.

A compactação do solo, resultado do tráfego de grandes máquinas agrícolas, em solos com

umidade inadequada, é uma preocupação desde o início da mecanização na agricultura brasileira, pois é um dos fatores que mais interferem, em virtude das modificações ocasionadas nas propriedades físicas, para alcançar a sustentabilidade dos solos agrícolas.

Desta forma, a utilização de máquinas de grande porte e com grande frequência em áreas de produção de cana-de-açúcar, deve vir acompanhada de técnicas que possibilitem a menor alteração possível nas características físicas dos solos, permitindo a sustentabilidade dessas áreas e evitando sua degradação e a manutenção do palhiço resultante da colheita mecanizada de cana crua promovendo a cobertura permanente do solo com certeza contribui para o alcance da sustentabilidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, S. L.; REICHERT, J. M.; REINERT, D. J. Escarificação mecânica e biológica para a redução da compactação em Argissolo Franco-Arenoso sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, n. 3, p. 519-531, 2004.
- ANDRADE, L. A. de B. Cultura da cana-de-açúcar. In: CARDOSO, M. das G. (Ed.) **Produção de aguardente**

- de cana-de-açúcar.** Lavras: UFLA, 2001. p. 19-49.
- ARAÚJO, F. S.; SOUZA, Z. M.; SOUZA, G. S.; MATSURA, E. E.; BARBOSA, R. S. Espacialização do intervalo hídrico ótimo de um Latossolo Vermelho em dois sistemas de colheita de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.48, n.6, p.651-660, 2013.
- ARSHAD, M.A.; LOWERY, B.; GROSSMAN, B. Physical tests for monitoring soil quality. In: DORAN, J.W.; JONES, A.J. (Ed.). **Methods for assessing soil quality.** Madison: Soil Science Society of America, 1996. p.123-141. (SSSA. Special publication, 49).
- BALESDENT, J.; CHENU, C.; BALABANE, M. Relationship of soil organic matter dynamics to physical protection and tillage. **Soil and tillage research**, v. 53, n. 3, p. 215-230, 2000.
- BALL-COELHO, B.; TIESSEN, H.; STEWART, J.W.B.; SALCEDO, I.B. & SAMPAIO, E.V.S.B. Residue management effects on sugarcane yield and soil properties in Northeastern Brazil. **Agronomy Journal**, v. 85, n. 5, p. 1004-1008, 1993.
- BERNARDO, R.; LOURENZANI, W. L.; SATOLO, E. G.; CALDAS, M. C. Produtividade da cana-de-açúcar em Mato Grosso do Sul e Goiás: uma análise a partir da Visão Baseada em Recursos. **INTERAÇÕES**, Campo Grande, MS, v. 21, n. 2, p. 419-434, abr./jun. 2020.
- BLAIR, Nelly. Impact of cultivation and sugar-cane green trash management on carbon fractions and aggregate stability for a Chromic Luvisol in Queensland, Australia. **Soil and Tillage Research**, v. 55, n. 3, p. 183-191, 2000.
- BOWMAN, R. A.; REEDER, J. D.; LOBER, R. W. Changes in soil properties in a Central Plains Rangeland soil after 3, 20 and 60 years of cultivation. **Soil Science**, v. 150, n.6, p. 851-857, 1990.
- 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. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, n. 4, p. 605-614, 2006.
- BRAIDA, J. A.; REICHERT, J. M.; REINERT, D. J.; VEIGA, M. Teor de carbono orgânico e a susceptibilidade à compactação de um Nitossolo e um Argissolo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14,n.2, p.131-139, 2010.
- BRONICK, C.J. & LAL, R. Soil structure and management: A review. **Geoderma**, 124:3-22, 2005.
- CAMARGO, O. A.; ALLEONI, L. R. F. **Compactação do solo e o desenvolvimento das plantas.** São Paulo: Divisão de biblioteca e documentação - ESALQ/USP, 1997. 132 p.
- CAMPOS, B. C.; REINERT, D. J. NICOLodi, R.; RUEDELL, J.; PETRERE, C. Estabilidade estrutural de um Latossolo Vermelho-Escuro distrófico após sete anos de rotação de culturas e sistemas de manejo de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 19, n. 1, p. 121-126, 1995.
- CARVALHO, S.R.; BRUAND, A.; HARDY, M.; LEPRUM, J.C.; JAMAGNE, M. Tassement des sols ferrallitiques Podzólico Vermelho Amarelo sous culture de canne à sucre (état de Rio de Janeiro, Brésil): apport d'une analyse de la porosité associée a une connaissance détaillée de la phase minérale. **Cahiers ORSTOM Série**

- Pedologie**, v.26, n.1, p.195-212, 1991.
- CAVENAGHI, A. L.; ROSSI, C. V. S.; NEGRISOLI, E.; COSTA, E. A. D.; VELINI, E. D.; TOLEDO, R. E. B. Dinâmica do herbicida amicarbazone (Dinamic) aplicado sobre palha de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*). **Planta Daninha**, v. 25, n. 4, p. 831-837, 2007.
- CASTRO, A. M. C.; SANTOS, K. H.; MIGLIORANZA, É.; GOMES, A.; MARCHIONE, M. S. Avaliação de atributos físicos do solo em diferentes anos de cultivo de cana-de-açúcar. **Revista Agrarian**, v.6, n.22, p.415-422, 2013.
- CASTRO FILHO, C.; MUZILLI, O.; PODANOSCHI, A.L. Estabilidade de agregados e sua relação com o teor de carbono orgânico num latossolo roxo distrófico, em função de sistemas de plantio, rotação de culturas e métodos de preparo das amostras. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.22, p.527-538, 1998.
- CASTRO, O.M.; LOMBARDI NETO, F. Manejo e conservação do solo em citros. **Laranja**, v.13, n.1, p.275-305, 1992.
- CEDDIA, M.B.; ANJOS, L.H.C.; LIMA, E.; RAVELLI NETO, A. & SILVA, L.A. Sistemas de colheita da cana-de-açúcar e alterações nas propriedades físicas de um solo Podzólico Amarelo no Estado do Espírito Santo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.34, n.8, p.1467-1473, 1999.
- CENTURION, J. F.; FREDDI, O. S.; ARATANI, R. G.; METZNER, A. F. M.; BEUTLER, A. N.; ANDRIOLI, I. Influência do cultivo da cana-de-açúcar e da mineralogia da fração argila nas propriedades físicas de Latossolos Vermelhos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, p.199-209, 2007.
- CESNIK, R.; MIOCQUE, J. **Melhoramento da cana-de-açúcar**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004.
- CERRI, C.C.; FELLER, C. e CHAUVEL, A. Evolução das principais propriedades de um latossolo vermelho escuro após desmatamento e cultivo por doze e cinquenta anos com cana-de-açúcar. **Cahiers-ORSTOM. Pédologie**, v. 26, n. 1, p. 37-50, 1991.
- CERRI C.C.; GALDOS M.V.; MAIA S.M.F.; BERNOUX M.; FEIGL B.J.; POWLSON D.; CERRI C.E.P. Effect of sugarcane harvesting systems on soil carbon stocks in Brazil: an examination of existing data. **European Journal of Soil Science**, v. 62, p.23-28, 2011.
- CHAVES, J.C.D. e CALEGARI, A. Adubação verde e rotação de culturas. **Informe Agropecuário**, v.22, p.53-60. 2001
- CHRISTOFFOLETI, P. J.; CARVALHO, S. J. P.; LÓPEZOVEJERO, R. F.; NICOLAI, M.; HIDALGO, E.; SILVA, J. E. Conservation of natural resources in Brazilian agriculture: implications on weed biology and management. **Crop Protection**, v. 26, n. 3, p. 383-389, 2007.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Série Histórica das Safras**. Brasília: 2021. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras>. Acesso em: 29 abril 2022.
- CORRÊA, J. C. Efeito de sistemas de cultivo na estabilidade de agregados de um Latossolo Vermelho Amarelo em Querência, MT. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 02, p. 203-209, 2002.
- COSTA, F. S.; BAYER, C.; ALBUQUERQUE, J. A.; FONTOURA, S. M. V. Aumento de

- matéria orgânica num Latossolo Bruno em plantio direto. **Ciência Rural**, v.34, n.2, p.587-589, 2004.
- COSTA NETO, J. D. A cana em tempo bom. **Revista CREA-PR**, Curitiba, n.41, p.16-19, out. 2006.
- CRUZ, A.C.R.; PAULETTO, E.A.; FLORES, C.A.; SILVA, J.B. Atributos físicos e carbono orgânico de um Argissolo Vermelho sob sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, n.6, p.1105-1112, 2003.
- CRUZ, J. S.; JUNIOR, R. N. A.; MATIAS, S. S. R.; CAMACHO-TAMAYO, J.V. H.; TAVARES, R. C. Análise espacial de atributos físicos e carbono orgânico em argissolo vermelho-amarelo cultivado com cana-de-açúcar. **Ciência e Agrotecnologia**, v.34, n.2, p. 271-278, 2010.
- DE MARIA, I.C.; CASTRO, O.M.; DIAS, H.S. Atributos físicos do solo e crescimento radicular de soja em latossolo roxo sob diferentes métodos de preparo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.23, p.703-709, 1999.
- DEXTER, A.R. Mechanics of root growth. **Plant and Soil**, v.98, p.303-312, 1987.
- GALDOS, M.V.; CERRI, C.C.; CERRI, C.E.P. Soil carbon stocks under burned and unburned sugarcane in Brazil. **Geoderma**, v. 153, 347–352, 2009.
- GARBIATE, M. V.; VITORINO, A. C. T.; TOMASINI, B. A.; BERGAMIN, A. C.; PANACHUKI, E. Erosão em entre sulcos em área cultivada com cana crua e queimada sob colheita manual e mecanizada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, n. 6, p. 2145-2155, 2011.
- GARCIA, J. F. G.; GRISOTO, E.; BOTELHO, P. S. M.; PARRA, J. R. P.; APPEZZATO-DA-GLÓRIA, B. Feeding site of the spittlebug *Mahanarva imbricolata* (STÅL) (Hemiptera: Cercopidae) on sugarcane. **Scientia Agrícola**, v. 64, n. 5, p. 555-557, 2007.
- GAVA, G.J.C.; TRIVELIN, P.C.O.; OLIVEIRA, M.W.; PENATTI, C.P. Crescimento e acúmulo de nitrogênio em cana-de-açúcar cultivada em solo coberto ou não com palhada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, p. 1347-1354, 2001.
- GÓES, G. B., GREGGIO, T. C., CENTURION, J. F., BEUTLER, A. N.; ANDRIOLI, I. Efeito do cultivo da cana-de-açúcar na estabilidade de agregados e na condutividade hidráulica do solo. **Irriga**, v. 10, n. 2, p. 116-122, 2005.
- GRAHAM, M.H.; HAYNES, R.J. & MEYER, J.H. Changes in soil chemistry and aggregate stability induced by fertilizer applications, burning and trash retention on a long-term sugarcane experiment in South Africa. **European Journal of Soil Science**, v.53, n. 4, p.589–598, 2002 a.
- GRAHAM, M.H.; HAYNES, R.J. & MEYER, J.H. Soil organic matter content and quality: Effects of fertilizer applications, burning and trash retention on a long-term sugarcane experiment in South Africa. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 34, n. 1, p. 93–102, 2002b.
- GUIMARÃES, E. R.; MUTTON, M. A.; MUTTON, M. J. R.; FERRO, M. I. T.; RAVANELI, G. C.; SILVA, J. A. Free proline accumulation in sugarcane under water restriction and spittlebug infestation. **Scientia Agrícola**, v. 65, n. 6, p. 628-633, 2008.
- HAJABBASI, M.A.; JALALIAN, A.; KARIMZADEH, H.R. Deforestation effects on soil physical and chemical properties. **Plant and Soil**, v.190, p.301-308, 1997.

- HILLEL, D. **Environmental soil physics**. New York: Academic Press, 771 p., 1998.
- IAIA, A. M.; MAIA, J. C. S.; KIM, M. E. Uso do penetrômetro eletrônico na avaliação da resistência do solo cultivado com cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.10, n.2, p.523-530, 2006.
- IBGE. Tabela 1612 - Área plantada, área colhida, quantidade produzida, rendimento médio e valor da produção das lavouras temporárias. [s.d.]. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/listabl.asp?c=1612&z=p&o=24>. Acesso em: abr. 2022.
- IEA. INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA. Índice de mecanização na colheita da cana-de-açúcar no Estado de São Paulo e nas regiões produtoras paulistas, Junho de 2007. **Análises e Indicadores do Agronegócio**, v.3, n.3, março 2008.
- LADO, M.; PAZ, A.; BEN-HUR, M. Organic matter and aggregate size interactions in infiltration, seal formation, and soil loss. **Soil Science Society of America Journal**, v. 68, n. 3, p. 935-942, 2004.
- LUCA, E.F.; FELLER, C.; CERRI, C.C.; BARTHES, B.; CHAPLOT, V.; CAMPOS, D.C. & MANECHINI, C. Avaliação de atributos físicos e estoques de carbono e nitrogênio em solos com queima e sem queima de canavial. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, vol.35, n.6, p. 789-800, 2008.
- MARTINS, D.; VELINI, E. D.; MARTINS, C. C.; SOUZA, L. S. Emergência em campo de dicotiledôneas infestantes em solo coberto com palha de cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, v. 17, n. 1, p. 151-161, 1999.
- MARTINS FILHOS, M.V.; LICCIOTI, T.T.; PEREIRA, G.T.; MARQUES JÚNIOR, J.; SANCHEZ, R.B. Perdas de solo e nutrientes por erosão num Argissolo com resíduos vegetais de cana-de-açúcar. **Engenharia Agrícola**, v.29, n.1, p.8-18, 2009.
- MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; VEZZANI, F.; LOVATO, T.; FERNANDES, F.F.; DEBARBA, L. **Manejo de solo e culturas e sua relação com estoques de carbono e nitrogênio do solo**. In: CURI, N.; MARQUES, J.J.; GUILHERME, L.R.G.; LIMA, J.M.; LOPES, A.S.S. & ALVAREZ V., V.H., eds. Tópicos em ciência do solo. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2003. v.3. p.209-248.
- MONQUERO, P. A.; AMARAL, R. L.; BINHA, D. P. Mapa de infestação de plantas daninhas em diferentes sistemas de colheita da cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, v. 26, p. 47-55, 2008.
- NEVES, C. S. V. J.; FELLER, C.; KOUAKOUA, E. Efeito do manejo do solo e da matéria orgânica solúvel em água quente na estabilidade de agregados de um latossolo argiloso. **Ciência Rural**, v. 36, n. 5, p. 1410-1415, 2006.
- OLIVEIRA, M.W.; BARBOSA, M.H.P.; MENDES, L.C.; DAMASCENO, C.M. Matéria seca e nutrientes na palhada de dez variedades de cana-de-açúcar. **STAB-Açúcar, Álcool e Subprodutos**, v. 21, p. 6-7, 2002.
- ORLANDO FILHO, J. **Nutrição e adubação da cana-de-açúcar no Brasil**. Piracicaba: Instituto do Açúcar e do Álcool; PLANALSUCAR, 1983. 369 p., il.
- ORLANDO FILHO, J.; ROSSETO, R.; MURAOKA, T. & ZOTELLI, H.B. Efeitos do sistema de despalha (cana crua x cana queimada) sobre algumas propriedades do solo.

- STAB: Açúcar e Álcool e Subprodutos**, v. 16, p. 30-33, 1998.
- PACHECO, E.P.; CANTALICE, J.R.B. Compressibilidade, resistência à penetração e intervalo hídrico ótimo de um Argissolo Amarelo cultivado com cana-de-açúcar nos Tabuleiros Costeiros de Alagoas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.35, p.403-415, 2011.
- PALADINI, F. L. S.; MIELNICZUK, J. Distribuição de tamanho de agregados de um Podzólico Vermelho-Escuro afetado por sistemas de culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 15, n. 1, p. 135-140, 1991.
- PAULA, M.; PEREIRA, F. A. R.; ARIAS, E. R. A.; SCHEEREN, B. R.; SOUZA, C. C.; MATA, D. S. Fixação de carbono e a emissão dos gases de efeito estufa na exploração da cana-de-açúcar. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, n. 3, p. 633-640, 2010.
- PAULINO, A.F.; MEDINA, C.C.; AZEVEDO, M.C.B.; SILVEIRA, K.R.P.; TREVISAN, A.A.; MURATA, I.M. Escarificação de um Latossolo Vermelho na pós-colheita de soqueira de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, n.5, p.911-917, 2004.
- PIMENTA, S. C.; SPADOTTO, A. J. **A experiência em uma unidade produtora de cana orgânica. SACCHARUM: Sociedade dos Técnicos Açucareiros e Alcooleiros do Brasil**, Piracicaba, p. 30, 1999. Publicação de periodicidade irregular.
- RAVANELI, G. C.; MADALENO, L. L.; PRESOTTI, L. E.; MUTTON, M. A.; MUTTON, M. J. R. Spittlebug infestation in sugarcane affects ethanolic fermentation. **Scientia Agricola**, v. 63, n. 6, p. 534-539, 2006.
- REINERT, D.J.; ALBUQUERQUE, J.A.; REICHERT, J.M.; AITA, C.; ANDRADA, M.M.C. Limites críticos de densidade do solo para o crescimento de raízes de plantas de cobertura em Argissolo Vermelho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.1805-1816, 2008.
- RICHART, A.; FILHO, J.T.; BRITO, O.R.; LLANILLO, R.F.; FERREIRA, R. Compactação do solo: causas e efeitos. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 26, n. 3, p. 321-344, 2005.
- RODRIGUES, E. B. **Comparação técnico-econômica da colheita de cana-de-açúcar na região de Bandeirantes – PR**. 2008. 130 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2008.
- RODRIGUES, E. B.; SAAB, O. J. G. A. Avaliação técnico-econômica da colheita manual e mecanizada da cana-de-açúcar (*Saccharum spp*) na região de Bandeirantes – PR. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 28, n. 4, p. 581-588, 2007.
- ROQUE, A.A. de O.; SOUZA, Z.M. de; BARBOSA, R.S.; SOUZA, G.S. de. Controle de tráfego agrícola e atributos físicos do solo em área cultivada com cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.45, n. 7, p.744-750, 2010.
- ROQUE, A.A.O.; SOUZA, Z.M.; BARBOSA, R. S.; SOUZA G.S. Controle de tráfego agrícola e atributos físicos do solo em área cultivada com cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.45, n. 7, p. 744-750, 2001.
- ROZANE, D. E.; CENTURION, J. F.; ROMUALDO, L. M.; TANIGUCHI, C. A. K.; TRABUCO, M.; ALVES, A. U. Estoque de carbono e estabilidade de agregados de um Latossolo Vermelho Distrófico, sob diferentes

- manejos. **Bioscience Journal**, v. 26, n. 1, p. 24-32, 2010.
- SHUKLA, M.K.; LAL, R.; OWENS, L.B. & UNKEFER, P. Land use management impacts on structure and infiltration characteristics of soils in the north Appalachian region of Ohio. **Soil Science**, v. 168, n.3, p. 167-177, 2003.
- 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**, v.30, p.921-930, 2006.
- SILVA, A.J.N.; CABEDA, M.S.V.; CARVALHO F. G. Matéria orgânica e propriedades físicas de um Argissolo Amarelo Coeso sob sistemas de manejo de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.01, n.3, p.79-585, 2006.
- SILVA, J. A. N. **Atributos químicos, físicos e agrônômicos de cana-soca submetida a níveis de palhço**. 2015. 94f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2015.
- SILVA, J. R. V.; COSTA, N. V.; MARTINS, D. Efeito da palhada de cultivares de cana-de-açúcar na emergência de *Cyperus rotundus*. **Planta Daninha**, v. 21, n. 3, p. 375-380, 2003.
- SILVA, M.S.L.; RIBEIRO, M.R. Influência do cultivo contínuo da cana-de-açúcar em propriedades morfológicas e físicas de solos argilosos de tabuleiro no Estado de Alagoas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.16, p.397-402, 1992.
- SIX, J.; BOSSUYT, H.; DEGRYZE, S. & DENEK, K. A history of research on the link between (micro) aggregates, soil biota, and soil organic matter dynamics. **Soil and Tillage Research**, v.79, p.7-31, 2004.
- SIX, J.; ELLIOTT, E.T.; PAUSTIAN, K. Soil structure and soil organic matter: II. A normalized stability index and the effect of mineralogy. **Soil Science Society of America Journal**, v. 64, n.3, p.1042-1049, 2000.
- SOUZA, R.A.; TELLES, T.S.; MACHADO, W.; HUNGRIA, M.; TAVARES FILHO, J.; GUIMARÃES, M.F. Effects of sugarcane harvesting with burning on the chemical and microbiological properties of the soil. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 155, p. 1– 6, 2012.
- SOUZA, Z. M.; PAIXÃO, A. C. S.; PRADO, R. M.; CESARIN, L. G.; SOUZA, S. R. Manejo de palhada de cana colhida sem queima, produtividade do canavial e qualidade do caldo. **Ciência Rural**, v. 35, n. 5, p. 1062-1068, 2005.
- SOUZA, Z. M.; PRADO, R. M.; PAIXÃO, A. C. S.; CESARIN, L. G. Sistemas de colheita e manejo da palhada de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, n. 3, p. 271-278, 2005.
- SOUZA, Z.M.; BEUTLER, A.N.; PRADO, R.M. & BENTO, M.J.C. Efeito de sistemas de colheita de cana-de-açúcar nos atributos físicos de um Latossolo Vermelho. **Científica**, 34:31-38, 2006.
- SOUZA, Z. M.; MARQUES JÚNIOR, J.; PEREIRA, G. T. Variabilidade espacial de atributos físicos do solo em diferentes formas do relevo sob cultivo de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, p. 937-944, 2004
- SOUZA, Z. M.; MARQUES JÚNIOR, J.; PEREIRA, G. T. Variabilidade espacial da estabilidade de agregados e matéria orgânica em solos de relevos diferentes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.28, p.491-499, 2004.
- SPADOTO, A. F. **Desenvolvimento de programa computacional**

- aplicado ao empacotamento do palhiço de cana-de-açúcar.** Botucatu: UNESP, 2008. 62p. Dissertação Mestrado.
- SPAROVEK, G.; SCHNUG, E. Soil tillage and precision agriculture: A theoretical case study for soil erosion control in Brazilian sugar cane production. **Soil and Tillage Research**, v. 61, p. 47–54. 2001.
- TORMENA, C. A.; ROLOFF, G.; SÁ, J. C. M. Propriedades físicas do solo sob plantio direto influenciado por calagem, preparo inicial e tráfego. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.22, p.301-309, 1998.
- VASCONCELOS, A.C.M. **Desenvolvimento do sistema radicular da parte aérea de socas de cana-de-açúcar sob dois sistemas de colheita:** crua mecanizada e queimada manual. 2002. 140p. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.
- VASCONCELOS, R.F.B.; CANTALICE, J.R.B.; MOURA, G.B.A.; ROLIM, M.M.; MONTENEGRO, C.E.V. Compressibilidade de um Latossolo Amarelo distrocoeso não saturado sob diferentes sistemas de manejo da cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.36, p.525-536, 2012.
- VIDAL, R. A.; THEISEN, G. Efeito da cobertura morta do solo sobre a mortalidade de sementes de capim-marmelada em duas profundidades no solo. **Planta Daninha**, v. 17, n. 3, p. 339-344, 1999.
- WATANABE, R. T.; FIORETTO, R. A.; HERMANN, E. R. Propriedades químicas do solo e produtividade da cana-de-açúcar em função da adição da palhada de colheita, calcário e vinhaça em superfície (sem mobilização). **Semina: Ciências Agrárias**, v. 25, n. 2, p. 93-100, 2004.