

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL

**QUALIDADE FÍSICA DO SOLO COM DIFERENTES SISTEMAS DE
PREPARO E PLANTAS DE COBERTURA PARA O CULTIVO DE
ABACAXI**

Bruno Moura Coimbra

Engenheiro Agrônomo

2022

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP

CÂMPUS DE JABOTICABAL

**QUALIDADE FÍSICA DO SOLO COM DIFERENTES SISTEMAS DE
PREPARO E PLANTAS DE COBERTURA PARA O CULTIVO DE
ABACAXI**

Discente: Bruno Moura Coimbra

Orientadora: Profa. Dra. Carolina Fernandes

**Dissertação apresentada à Faculdade de
Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp,
Câmpus de Jaboticabal, como parte das
exigências para a obtenção do título de Mestre
em Agronomia (Ciência do Solo)**

2022

C679q	<p>Coimbra, Bruno Moura</p> <p>Qualidade física do solo com diferentes sistemas de preparo e plantas de cobertura para o cultivo de Abacaxi / Bruno Moura Coimbra. -- Jaboticabal, 2022</p> <p>38 f. : tabs., fotos</p> <p>Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal</p> <p>Orientadora: Carolina Fernandes</p> <p>1. Porosidade do solo. 2. Resistência à penetração. 3. Sistemas de produção. I. Título.</p>
-------	--

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Jaboticabal



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

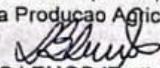
TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: QUALIDADE FÍSICA DO SOLO COM DIFERENTES SISTEMAS DE PREPARO E PLANTAS DE COBERTURA PARA CULTIVO DE ABACAXI

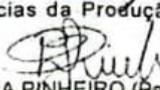
AUTOR: BRUNO MOURA COIMBRA

ORIENTADORA: CAROLINA FERNANDES

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em AGRONOMIA (CIÊNCIA DO SOLO), pela Comissão Examinadora:


Prof. Dr. CAROLINA FERNANDES (Participação Virtual)
Departamento de Ciências da Produção Agrícola / FCAV UNESP Jaboticabal


Prof. Dr. LEANDRO BORGES LEMOS (Participação Virtual)
Departamento de Ciências da Produção Agrícola / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal - UNESP


Prof. Dr. DANIEL PEREIRA PINHEIRO (Participação Virtual)
Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA) / Capanema/PA

Jaboticabal, 28 de julho de 2022

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

Bruno Moura Coimbra – nascido no dia 17 de fevereiro de 1995 na cidade de Franca, estado de São Paulo, cursou o ensino médio na Escola Instituto Samaritano de Ensino, em Franca, São Paulo no período de 2010 a 2012. Em fevereiro de 2014, ingressou no curso de Engenharia Agrônômica pela Faculdade de Doutor Francisco Maeda “Fafram”, em Ituverava, São Paulo. Em julho de 2018, obteve o título de Engenheiro Agrônomo. Em agosto de 2019 iniciou o curso de Mestrado em Agronomia (Ciência do Solo) na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Câmpus de Jaboticabal, no qual foi bolsista CAPES. No dia 28 de julho de 2022, submeteu-se à banca examinadora para a defesa da Dissertação para obtenção do título de Mestre em Agronomia.

“Orarás a Ele, e Ele te ouvirá; e pagarás os teus votos.

*Se projetas alguma coisa, ela te sairá bem, e a luz
brilhará em teus caminhos.”*

Jó 22, versos 27 e 28

DEDICO

A minha família, **Carlos Antônio, Maria Inês** e **Beatriz** pelo apoio incondicional, confiança e dedicação. Em especial a minha mãe, que nunca mediu esforços e sempre confiou em minhas decisões, tornando tudo isso possível. Espero um dia poder retribuir tudo o que faz por mim. Ao meu pai, que se faz presente todos os dias em nossas vidas, com seus exemplos e experiências vividas, guardados eternamente na memória. À minha irmã, pela pessoa especial que é, e por ser para mim um grande exemplo.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente e incondicionalmente ao bondoso Deus que me concedeu essa preciosa vida, sabedoria, saúde e alegrias, permitindo que chegasse até aqui.

A minha orientadora Carolina Fernandes pelo exemplo de compreensão e profissionalismo, principalmente em momentos tão difíceis como os de pandemia. Obrigado pelo grande esforço para realização deste trabalho, pelo respeito, pela transmissão de conselhos e conhecimentos e pela amizade.

A minha namorada Bruna Agostine por estar ao meu lado, pelo carinho, apoio e incentivo em toda esta etapa.

Ao amigo Anderson Prates Coelho pela sua prontidão em ajudar, nos auxiliando nas análises estatísticas e interpretações.

A Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV/Unesp), pela oportunidade e a todos os seus servidores e professores, em especial a Claudia, servidora do departamento de Ciências da Produção Agrícola – Setor Ciência do Solo pela preciosa ajuda em toda a etapa de análise laboratorial, agradeço também a amizade contruída.

Aos amigos João Paulo Donadelli, Mariele Fernandes, Edmilson Cardoso e Glaydson Facas por prestarem ajuda, amizade, conselho e apoio quando necessário.

Ao apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES).

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

SUMÁRIO

RESUMO	ii
ABSTRACT	iii
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	4
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	10
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	17
5. CONCLUSÕES.....	31
6. REFERÊNCIAS.....	32

QUALIDADE FÍSICA DO SOLO COM DIFERENTES SISTEMAS DE PREPARO E PLANTAS DE COBERTURA PARA O CULTIVO DE ABACAXI

RESUMO - A produção de abacaxi no Brasil baseia-se no sistema intensivo de monocultivo, afetando negativamente, com o passar do tempo, a qualidade física do solo e, principalmente, a produtividade da cultura. Neste contexto, o objetivo do trabalho foi avaliar os atributos físicos de um Latossolo, de textura franco argilo arenosa, sob formas de utilização do escarificador (sistemas de preparo), sendo estes realizados em área total (ET), na linha de plantio do abacaxi (EL) e sem escarificação (SE), e sob culturas de cobertura, sendo estas: Crotalária-ochroleuca (CR), Mix (Crotalária-ochroleuca, feijão guandu anão e Milheto) (MX) e vegetação espontânea (VE). O experimento foi instalado no município de Colômbia – SP, próximo às coordenadas geodésicas 20°12'05.1"S, 48°49'10.5"W, e altitude média de 509 metros. As áreas encontravam-se em pousio há 10 anos, ocupadas com vegetação espontânea, com predominância de Capim Brachiaria, e atividade de pastagem. Cerca de 72 dias após o plantio das plantas de cobertura, foram coletadas, nas 9 áreas, 10 amostras na camada 0,00 – 0,10 m e 10 amostras na camada 0,10 – 0,20 m de profundidade, em dezembro de 2019, cerca de uma semana antes do plantio do abacaxi. Os atributos avaliados foram: densidade do solo (Ds), resistência do solo à penetração (RP), quatro classes de poros (P1: $d \geq 0,1$ mm; P2: $0,05 \leq d < 0,1$ mm; P3: $0,03 \leq d < 0,05$ mm e P4: $d < 0,03$ mm), diâmetro médio ponderado dos agregados (DMP), índice de estabilidade de agregados (IEA) e carbono orgânico (CO). Esses atributos foram submetidos à análise multivariada de fatores, onde se identificou três processos em cada camada avaliada, o primeiro foi interpretado como “relação massa/volume do solo”, o segundo como “microporosidade do solo” e o terceiro como “agregação do solo”. As respostas dos processos em cada um dos sistemas e culturas de cobertura foram testadas pela análise de variância e as interações significativas entre sistema de preparo de solo e plantas de cobertura foram analisadas pelo teste de médias de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. No processo interpretado como “relação massa/volume do solo”, observou-se maiores valores de microporosidade em EL, sob os cultivos de CR e MX, portanto menores valores de RP e Ds. Em VE, não houve diferenças significativas. No processo “microporosidade”, camada 0,10 – 0,20 m, observou-se em EL sob VE maior volume de P4, contribuindo para o aumento do teor de água no solo. As plantas de cobertura, juntamente com EL proporcionaram melhores condições físicas ao solo e menor mobilização do mesmo.

Palavras-Chave: Porosidade do solo, resistência à penetração, sistemas de produção

SOIL PHYSICAL QUALITY WITH DIFFERENT TILLAGE SYSTEMS AND COVER PLANTS FOR PINEAPPLE CULTIVATION

ABSTRACT - The pineapple production in Brazil is based on an intensive monoculture system, negatively affecting, over time, the physical quality of the soil and, mainly, the crop's productivity. In this context, the objective of the job was to evaluate the physical attributes of an Oxisol, of clay loam, under forms of use of the scarifier (tillage), which are carried out in the total area (ET), in the pineapple planting line (EL) and without scarification (SE), and under cover crops, as follows: *Crotalaria-ochroleuca* (CR), Mix (*Crotalaria-ochroleuca*, dwarf pigeon pea e Milheto) (MX) and spontaneous vegetation (VE). The experiment was installed in the city of Colombia – SP, close to the geodetic coordinates 20° 10' 51" S, 48° 41' 20" W, and an average altitude of 509 meters. The areas was occupied 10 years with spontaneous vegetation, with a predominance of Capim Brachiaria. About 72 days after planting the cover crops, 10 samples in 0,00 – 0,10 m and 10 layer 0,10 – 0,20 m were collected in the 9 areas, in December 2019, about one week before the pineapple planting. The attributes evaluated were: soil density (Ds), soil penetration resistance (RP), four pore classes (P1: $d \geq 0,1$ mm; P2: $0,05 \leq d < 0,1$ mm; P3: $0,03 \leq d < 0,05$ mm e P4: $d < 0,03$ mm), weighted average aggregate diameter (MpD), aggregate stability index (IEA) and organic carbon (CO). These attributes were submitted to multivariate factor analysis, where three processes were identified in each evaluated layer, the first was interpreted as "soil mass/volume ratio", the second as "soil microporosity" and the third as "soil aggregation". The responses of the processes in each of the cover systems and cultures were tested by variance analysis and the significant interactions between soil tillage system and cover plants were analyzed by the Tukey means test at the level of 5% probability. In the process interpreted as "soil mass/volume ratio", higher macroporosity values were observed in EL, under CR and MX crops, therefore lower values of RP and Ds. In VE, there were no significant differences. In the "microporosity" process, layer 0,10 – 0,20 m, it was observed in EL under VE higher volume of P4, contributing to the increase of the water content in the soil. The cover plants, together with EL, provided better physical conditions to the soil and less mobilization.

Keywords: Soil porosity; production systems; penetration resistance

1. INTRODUÇÃO

A produção mundial de abacaxi corresponde a 3% do total de frutas produzidas no mundo, com o Brasil aparecendo como o terceiro maior produtor mundial (FAO, 2020). A quantidade produzida de abacaxi pelo Brasil em 2018 foi de 1,6 bilhão de frutos, com o Norte e o Nordeste concentrando 67,7% dessa produção (IBGE, 2019), sendo a quase totalidade do que é produzido destinado ao mercado interno brasileiro.

Segundo dados da Conab (2020), o Brasil representa 9,89% da produção mundial de abacaxi, e teve sua produção reduzida em 11,49%, principalmente em razão da longa estiagem na Região Nordeste, da redução de área de plantio e de rendimento.

O abacaxizeiro tem como característica demanda nutricional elevada e variável em função dos fatores edafoclimáticos, das práticas de manejo adotadas, do cultivar, do sistema e da densidade de plantio (Silva, 2006). Sendo assim, tornam-se importantes os estudos sobre sistemas de produção de abacaxi que elevem sua produtividade e diminuam custos, proporcionando significativo retorno econômico aos produtores.

De acordo com Trevisan et al. (2017), os sistemas integrados de produção estão se difundindo por todo o Brasil devido aos vários problemas encontrados em lavouras que utilizam o monocultivo. Os autores ressaltam que os principais problemas encontrados em sistemas intensivos de produção são compactação e erosão do solo, diminuição do teor de matéria orgânica e diminuição de produtividade, resultando em maior custo de produção e degradação dos recursos naturais, principalmente solo e água. Contudo, segundo os mesmos, os sistemas integrados de produção são considerados formas mais complexas de cultivo, modificando as relações entre os fatores que determinam a produtividade, principalmente com relação ao sistema plantio direto, sucessão e rotação de culturas e controle fitossanitário, apresentando diferentes resultados quando comparados ao monocultivo. Segundo Moraes et al. (2016), o solo é um sistema heterogêneo no sentido horizontal e vertical do perfil, assim qualquer sistema de manejo usado poderá favorecer modificações estruturais no mesmo.

Sendo assim, o preparo do solo (aração, gradagem, escarificação, subsolagem, etc.) visa à melhoria das condições físicas do leito de sementes e/ ou raízes, proporcionando benefícios na aeração, na infiltração de água e na disponibilidade de nutrientes para as plantas, além da redução da resistência do solo à penetração radicular, para que as plantas possam se desenvolver adequadamente (Rezende, 2013).

A escarificação é uma das alternativas frequentemente recomendadas para preparo do solo, utilizando-se para essa atividade o escarificador. Conforme Cortez et al. (2011), o escarificador é um equipamento de preparo do solo em que o trabalho ocorre por ação de hastes, sem a inversão da leiva, tornando-se menos agressivo à estrutura do solo devido a não reversão das camadas mobilizadas pelo implemento.

Quanto à sucessão de culturas, Andrade (2008) destaca que a bioporosidade criada pela atividade radicular e mesofauna do solo e a possibilidade das raízes de algumas culturas penetrarem camadas mais compactadas, têm sido o motivo de se considerar essa estratégia de manejo fundamental. Sistemas de manejo que mantêm ou adicionam carbono ao solo têm bom potencial para a melhoria da qualidade física do solo, conseqüentemente, para o crescimento e desenvolvimento das plantas.

Segundo García-Orenes et al. (2010), a adição de matéria orgânica, a cobertura morta e a adubação verde interferem positivamente em vários atributos físicos, químicos e biológicos do solo.

Barradas (2010) também cita como vantagens da inserção de espécies de culturas de cobertura adequadas para incorporação de massa vegetal, a quebra do ciclo vegetativo de plantas daninhas e a diminuição da infestação das mesmas, obtendo menor concorrência de plantas invasoras no plantio da cultura posterior. Este mesmo autor ainda destaca como vantagem, desta vez sobre o uso de leguminosas, a maior rapidez na decomposição dos restos vegetais, se comparadas com gramíneas.

Entre as características consideradas desejáveis na escolha das espécies de plantas para cobertura do solo, incluem-se alta produtividade de biomassa de parte aérea e de raiz, capacidade de rápida mineralização e ciclagem de nutrientes, redução da infestação de plantas daninhas, promoção de agregação de partículas e atenuação de oscilações térmicas e hídricas do solo e controle de pragas agrícolas (Bezerra et

al., 2004; Espindola et al., 2006; Sakonnakhon et al., 2006; Silva, Hirata, Monquero, 2009; Loss, 2009).

De acordo com Martins (2019), a produtividade do abacaxi na região de Frutal – MG vem se mantendo estagnada praticamente de 2002 a 2019, com valores por volta de 45 t ha⁻¹. Com relação a área colhida, houve uma queda abrupta de 2001 para 2002, outra queda de 2003 para 2004, e a partir disso também se mantém estável, com ligeiro aumento até 2018, chegando a aproximadamente 2500 ha. Estes dados demonstram a importância de estudos que tragam respostas aos produtores da região, para que se identifique os aspectos que estejam limitando o desenvolvimento da cultura no local.

O atual sistema de manejo na região baseia-se bastante na mão de obra por meio de trabalhadores contratados temporariamente, principalmente na época de colheita. Em áreas que já tenham sido utilizadas para produção do abacaxi, o manejo mais comumente utilizado é o de roçagem, aração e gradagem, e posteriormente escarificação. Esta operação caracteriza-se por ser uma das mais onerosas entre as operações agrícolas devido ao alto consumo energético para sua utilização, por isso é preciso ter certeza de sua necessidade. Outra prática bastante utilizada é a do pousio. Segundo Fernandes (2018), o período de pousio com a presença de vegetação espontânea não fornece quantidade satisfatória de resíduos vegetais, causando redução de matéria orgânica, e consequente redução de carbono orgânico no solo.

A inserção de plantas de cobertura na produção de abacaxi significa aumento da diversidade de substrato (biomassa), em decorrência de diferentes espécies vegetais. Além disso, a adição de matéria orgânica e a cobertura morta interferem positivamente em atributos químicos e físicos do solo (Hungria et al., 2009; García-Orenes et al., 2010). De Matos & Sanches (2011) destacam a importância de se manter o solo protegido, pois além da cobertura do solo limitar a erosão, diminui a perda de nutrientes por lixiviação e aumenta o teor de matéria orgânica.

Deste modo, o objetivo deste trabalho foi avaliar sistemas de produção de abacaxi quanto à utilização da escarificação e de culturas de cobertura, como formas de atenuar os problemas enfrentados pelo monocultivo, no que se refere à qualidade física do solo.

2. REVISÃO DE LITERATURA

O abacaxizeiro (*Ananas comosus L. Merrill*) é uma planta monocotiledônea, da família Bromeliácea, de clima tropical, originária do Brasil. Tem porte herbáceo, é perene e apresenta caule (talo) curto e grosso, ao redor do qual crescem folhas estreitas, compridas e resistentes, quase sempre margeadas por espinhos e dispostas em rosetas. As plantas adultas, das variedades comerciais, têm de 1 a 1,20 m de altura e 1 a 1,5 m de diâmetro. No caule insere-se o pedúnculo que sustenta a inflorescência e depois o fruto. Cada planta produz um único fruto saboroso e de aroma intenso. Os frutos são utilizados tanto para o consumo in natura quanto na industrialização, em diferentes formas: pedaços em calda, suco, pedaços cristalizados, geleias, licor, vinho, vinagre e aguardente. Como subproduto desse processo industrial pode-se obter ainda álcool, ácidos cítrico, málico e ascórbico; rações para animais e a bromelina (Teixeira et al., 2020).

O abacaxi é a terceira fruta mais produzida no Brasil. Em 2020, foi colhido um total de 1.637.126.000 frutos, produzidos em uma área de 65.049 ha, alcançando a produtividade de 25.269 mil frutos por hectare (IBGE, 2020). A cultura do abacaxi contribui com cerca de 2,14 bilhões de reais para o PIB agrícola nacional. Nos últimos 50 anos, essa espécie apresentou significativo crescimento em área plantada, passando de 32.189 ha em 1970, para 65.049 ha em 2020. O abacaxi possui grande importância econômica e social, e é cultivado de forma predominante em pequenas propriedades que, em sua maioria, são geridas por agricultores familiares (Santos & Rosado, 2019).

A produção comercial da cultura do abacaxi depende da adubação, pois a maioria dos solos brasileiros é pobre em nutrientes, e sabe-se que a deficiência nutricional da planta afeta seu crescimento, seu desenvolvimento, sua produção e a qualidade dos frutos (Ribeiro et al., 2011), e sabe-se ainda que o uso de insumos químicos comerciais no cultivo aumenta o custo de produção da fruta, diminuindo sua competitividade e margens de lucro.

O uso de fertilizantes industrializados, associado a baixos acréscimos da

matéria orgânica no sistema, diminui a diversidade biológica do sistema e apresenta correlação direta com a ocorrência de pragas e doenças (Zhao et al., 2015), ao passo que o desenvolvimento integrado de sistemas de produção mais sustentáveis resulta no aumento da matéria orgânica do solo.

O Sistema Plantio Direto (SPD) revolucionou o manejo do solo e da água em áreas agrícolas brasileiras, pois essa técnica prevê a mobilização do solo apenas na linha de semeadura, associada a manutenção dos resíduos culturais na sua superfície e a rotação de culturas (Michelon et al., 2019).

Um dos fatores imprescindíveis para o sucesso do SPD é a implantação da cultura principal sob os restos culturais de uma cultura de cobertura que tenha sido introduzida em cultivo sequencial ou rotacionado (Silva et al., 2017). Porém, devido ao manejo inadequado, os solos sob SPD enfrentam problemas relacionados à compactação, ao uso excessivo de fertilizantes, a erosão e a consequente contaminação dos recursos hídricos superficiais (Michelon et al., 2019).

Um exemplo disso é a utilização de áreas de pousio em sucessão a culturas comerciais, que não trazem ao agricultor os benefícios advindos do SPD (Borges et al. 2015). Uma das premissas deste sistema é manter o solo sempre coberto por plantas em desenvolvimento e por resíduos vegetais. Essa cobertura tem por finalidade proteger o solo do impacto direto das gotas de chuva, do escoamento superficial e das erosões hídrica e eólica (Rebello & Turetta, 2017).

Cultivar plantas de cobertura tem sido adotado como estratégia de baixo custo e eficaz para um novo modelo de agricultura conservacionista. Algumas espécies, por apresentarem sistemas radiculares bastante vigorosos, também vêm sendo utilizadas como alternativa ao uso de implementos agrícolas, uma vez que promovem uma descompactação biológica, criando um ambiente radicular favorável ao desenvolvimento de culturas comerciais. Estas plantas são cultivadas e, após atingir seu máximo desenvolvimento vegetativo, são cortadas, acamadas na superfície ou incorporadas ao solo (Souza et al., 2013).

Quando se trata de manejo do solo é importante ressaltar que todas as propriedades físicas são afetadas pelas diferentes práticas de manejo, e algumas são utilizadas como indicadores de qualidade física do solo (QFS), destacando-se entre elas: resistência à penetração, densidade e porosidade do solo (Carneiro et al., 2009;

Pacheco; Cantalice, 2011), e a estabilidade de agregados (Singer; Ewing, 2000).

Em estudo sobre culturas de entressafra para a estruturação do solo em área sob semeadura direta, em um Latossolo Vermelho de textura argilosa (539 g kg⁻¹ de argila na camada de 0,00 – 0,30 m), Fernandes (2018) concluiu que o cultivo no período da entressafra foi determinante na estruturação do solo em áreas sem preparo do solo, atribuindo isso ao incremento de carbono orgânico proveniente da cultura, em comparação a área de pousio em entressafra e sistema de preparo convencional.

Alvarez et al. (2017), em trabalho com plantas de cobertura de inverno, verificaram que a densidade do solo nos primeiros 0,05 m foi influenciada pelo uso das mesmas, em relação ao pousio, e atribuíram esta redução ao alto incremento no teor de matéria orgânica.

Michelon et al. (2019) também verificaram aumento no teor de matéria orgânica do solo ao utilizarem consórcios de plantas de cobertura de inverno antecedentes ao milho, referindo o incremento ao alto acúmulo de massa seca da parte aérea.

Segundo Santana e Bahia Filho (1998), a qualidade do solo é um termo empregado na avaliação da sustentabilidade relacionada ao uso e ocupação da terra. Assim, corresponde ao elo existente entre a prática agrícola e a agricultura sustentável. Nesta circunstância, infere-se que a característica do manejo do solo interfere diretamente no seu potencial produtivo (Silva et al., 2009).

Quando se trata de manejo conservacionista, uma das práticas mais importantes é o preparo do solo, o qual está diretamente ligado com sua conservação e, quando feito de maneira adequada e consciente, garante melhor produtividade das culturas comerciais e garantia da preservação dos recursos naturais (Cruz et al., 2011).

Quando mal executado, também apresenta efeitos negativos, pois o preparo excessivo reduz a rugosidade da cobertura do solo (Bertol et al., 2000), pulveriza a superfície e forma camadas compactadas. Além de facilitar a erosão hídrica, também limita o crescimento das raízes, o desenvolvimento e a produção das culturas (Dalla Rosa, 1981; Hernani et al., 1997; Silva et al., 2000b).

A característica do manejo do solo pode intervir na sua porosidade, podendo propiciar a redução dos macroporos, relacionado principalmente à pressão mecânica de máquinas agrícolas; à compressão do ar nos microporos dos agregados, durante

os ciclos de umedecimento e secagem do solo; ao baixo conteúdo de MO e nutrientes (Aguilar, 2008).

De acordo com Nagahama et al. (2016), a escarificação é uma das alternativas recomendadas frequentemente para preparo do solo, utilizando-se para essa atividade o escarificador. Estes mesmos autores verificaram redução na resistência à penetração, na camada 0,00 – 0,10 m, de um Argissolo Amarelo distrófico, de textura arenosa, ao realizar a operação de escarificação, constatando maior eficiência na operação de 0,00 – 0,15 m, em comparação com escarificação de 0,00 – 0,30m.

Segundo Reichert et al. (2007), a decisão em torno da necessidade ou não da escarificação deve ser criteriosa, tendo em vista o custo relativamente elevado da operação, o aumento da suscetibilidade do solo à compactação, a destruição da estrutura e a redução da cobertura do solo.

Colet et al. (2009) avaliaram a densidade de um Latossolo Vermelho Amarelo sob pastagem, de textura média, e constataram redução da densidade do solo de 1,57 para 1,44 kgdm⁻³ na camada de 0,00-0,10 m, após escarificação.

Tormena et al. (2002) demonstraram que a escarificação do solo proporcionou aumento na sua macroporosidade e porosidade total de 0,0813 para 0,1436 m³m⁻³ e 0,3713 para 0,4263 m³m⁻³, respectivamente, num Latossolo Vermelho distrófico com 680, 10 e 310 g kg⁻¹ de areia, silte e argila.

Avaliar a qualidade do solo, identificar as principais propriedades do solo, a formação e a estabilidade dos agregados e a porosidade foram processos caracterizados por Doran e Parkin (1994), como atributos alterados pelos diversos efeitos do clima e do manejo do solo e foram considerados indicadores da qualidade física do solo.

Alterações nas propriedades físicas do solo afetam todos os serviços ecossistêmicos que os solos fornecem além de afetar diretamente o estabelecimento e a produção da cultura, especificamente aquelas relacionadas à compactação do solo, que afetam a emergência de plântulas, o crescimento das raízes, a porosidade e a infiltração de água (Blanco-Canqui e Ruis, 2018).

O processo de agregação do solo foi estudado discriminadamente por Emerson (1959), que afirma que os microagregados estão relacionados com as argilas e matéria orgânica presente no solo.

De acordo com Vezzani e Mielniczuk (2009), quando o sistema de produção agrícola possibilita maior quantidade de compostos orgânicos por meio do cultivo de plantas, o solo tem condições de se auto-organizar em macroagregados com grande capacidade de reter a energia e a matéria adicionada na forma de carbono. Em contrapartida se o sistema de produção possibilita menor quantidade de compostos orgânicos o solo se auto-organiza em estado de ordem, porém em microagregados, estruturas menores e mais simples, pois a quantidade de energia e matéria adicionada pelo cultivo de plantas não é suficiente para conduzir o sistema a formar estruturas complexas.

Tanto a estrutura (arranjo das partículas no solo), quanto à textura do solo (distribuição de tamanho das partículas que constituem o solo – areia, silte e argila), conferem a este um espaço poroso e um arranjo de partículas característico, que por sua vez, afetam as propriedades hídricas e físicas do solo (Andrade et al., 1998).

A porosidade do solo tem sido empregada como indicador da qualidade do solo, por tratar-se de propriedades dinâmicas, suscetíveis ao uso e de fácil determinação, estando relacionadas à compactação e à relativa restrição ao crescimento radicular (Arshad et al., 1996).

Blanco-Canqui e Ruis (2018) relataram que para se obter a qualidade estrutural global e a medida da proporção de macroporos, mesoporos e microporos é preciso utilizar a distribuição do tamanho dos poros do solo, que é um indicador da capacidade do solo de transmitir água, ar e calor.

Celik et al. (2010) observaram, em um experimento em um “Typic Xerofluvents”, que a aplicação de esterco ao solo, com teor de matéria orgânica de 423 g kg^{-1} , aumentou o valor de diâmetro médio ponderado dos agregados do solo de 0,28 para 0,45 mm, quando comparado com o tratamento controle do solo.

De Araújo et al. (2016) observaram em um Neossolo Flúvico que a densidade do solo (D_s) diminuiu linearmente com o aumento de doses de lodo de curtume compostado, aplicadas anualmente durante seis anos. A D_s teve uma redução de 15% entre a dose 0 e 20 Mg ha^{-1} . Os autores relacionaram isso ao aumento do teor de carbono orgânico ao solo proporcionado pelo lodo de curtume compostado aplicado ao solo.

Barbosa et al. (2015) avaliaram os atributos físicos do solo e o desenvolvimento

radicular da cana planta em diferentes sistemas de manejo com e sem rotação de cultura (utilizando *Crotalaria spectabilis*) durante a reforma do canavial, e concluíram que o sistema de preparo com menor mobilização de solo e com rotação de culturas apresentou atributos físicos de solo favoráveis ao maior desenvolvimento do sistema radicular da cultura da cana-de-açúcar, enquanto que a produtividade da cultura não foi influenciada pelos tratamentos.

Em estudo sobre atributos de Latossolos e produtividade da cana-de-açúcar em decorrência da diversificação de culturas no período de reforma do canavial, Silva (2014) verificaram diminuição na densidade de um solo muito argiloso, na camada 0,00 – 0,10 com uso de soja/milheto/soja, de 1,50 para 1,42 Mg m⁻³, e ainda favorecimento à agregação do solo através do aumento da porosidade total, de 0,49 para 0,52 m³ m⁻³, enquanto que a produtividade da cultura também não foi influenciada pelos diferentes usos do solo.

3. MATERIAL E MÉTODOS

A área utilizada para instalação do experimento localiza-se no município de Colômbia, estado de São Paulo, próximas às coordenadas geodésicas 20°12'05.1"S, 48°49'10.5"W, com altitude média de 509 metros. O solo da área foi caracterizado como Latossolo Vermelho distrófico (LVd1). A composição granulométrica do solo na camada 0,00 – 0,20 m, determinada de acordo com Claessen et al. (1997), foi 220 g kg⁻¹ de argila, 80 g kg⁻¹ de silte e 700 g kg⁻¹ de areia.

Antes da instalação do experimento, o local estava ocupado com pastagem de Braquiária (*Urochloa brizantha*) degradada há 10 anos, com atividade de pastagem esporadicamente.

A área foi dessecada com o uso do herbicida Glifosato, na dose de 4 L ha⁻¹. Após 7 dias, foi realizada uma lâmina de irrigação de 25 mm, devido à escassez de chuva, por meio de aspersão, e logo após, três gradagens utilizando-se grade de 16 discos de 66 cm (26 polegadas), para exposição do solo. Posteriormente, realizou-se calagem na dose de 2 toneladas ha⁻¹ de calcário, e mais uma gradagem para incorporação do corretivo.

As áreas avaliadas diferiram quanto ao preparo do solo e espécies de plantas de cobertura. Os preparos do solo foram: escarificação em área total (ET), escarificação na linha de plantio da cultura do abacaxi (EL), e sem escarificação (SE).

Para as operações de escarificação, foi utilizado trator com potência de 80 cv, com rotação de trabalho de 2000 rpm (rotações por minuto), em marcha 4 reduzida; pneus dianteiros 7.50 – 18 direcional (sem tração) e traseiros 18.4 – 30. Utilizou-se escarificador com ponteira de 0,07 m e largura total de 2 m.

A escarificação em área total foi realizada com duas hastes espaçadas em 1,5 m, de forma que a passagem fosse remontada para que a operação ocorresse na área toda, portanto o espaçamento da operação foi de 0,75 m com profundidade de trabalho de 35 cm.

A escarificação em linha foi efetuada apenas na linha de plantio do abacaxi, com 3 hastes do escarificador, divididas em duas operações devido a potência do

trator disponível na propriedade não ser suficiente para o arraste de 3 hastes simultâneas. A primeira passada foi apenas com uma haste, na parte central do implemento. Logo após foram passadas duas hastes, espaçadas em 0,6 m, totalizando então 3 hastes utilizadas na EL, na profundidade de 35 cm.

Nas áreas sem escarificação procedeu-se apenas as operações anteriores de dessecação, gradagens e calagem, diferindo-se das outras quanto a utilização do escarificador.

As espécies de plantas de cobertura foram: Crotalária-ochroleuca (CR) e Mix, constituído por Crotalária-ochroleuca, feijão guandu anão 'Cajanus cajan' e milho 'Pennisetum americanum' (MX). Avaliou-se também uma área com vegetação espontânea (VE), tendo como principais plantas: Beldroega (*Portulaca oleracea*), Corda de Viola (*Ipomoea sp.*) e Braquiária (*Urochloa brizantha*).

Nas áreas constituídas por Crotalária-ochroleuca, foram utilizados 15 kg ha⁻¹ de sementes. Para a semeadura do mix, um cálculo foi feito para se determinar a quantidade total de sementes, e essas quantidades foram eventualmente adaptadas, para que espécies com crescimento mais rápido e vigoroso não prejudicassem as demais. O cálculo foi feito com base nos valores recomendados para cada espécie, divididos pelo número de espécies utilizadas nas áreas, portanto utilizou-se 10 kg ha⁻¹ de Crotalária-ochroleuca, 15 kg ha⁻¹ de feijão guandu anão e 5 kg ha⁻¹ de milho, totalizando 30 kg ha⁻¹ de sementes.

A semeadura das plantas de cobertura foi realizada no dia 24 de setembro de 2019, a lanço, e após a semeadura, as sementes foram incorporadas ao solo por meio de gradagem com grade leve fechada.

Após a semeadura, foi realizada uma lâmina de irrigação de 25 mm, por meio de aspersão, para estabelecimento das plantas de cobertura.

As plantas foram dessecadas, em área total, aos 71 dias após a semeadura, por meio de conjunto trator-pulverizador, utilizando-se 5 L ha⁻¹ de Glifosato mais 0,5% de óleo mineral.

Realizou-se, em dezembro de 2019, a coleta das amostras de solo indeformadas, nas 9 áreas, cerca de 72 dias após a semeadura das plantas de cobertura. Em cada área foram amostrados 10 pontos na camada 0,00 – 0,10 m e 10 pontos na camada 0,10 – 0,20 m de profundidade, portanto, foram coletadas 180

amostras deformadas e 180 amostradas indeformadas de solo. As amostras deformadas foram coletadas com auxílio de enxadão, e as amostras indeformadas foram coletadas em anéis volumétricos (dimensões: 5 cm de altura e 5 cm de diâmetro) com o auxílio do amostrador tipo Uhland.

Por meio das amostras deformadas, uma fração ainda úmida, foi passada em peneiras com abertura de malha de 6 e 4 mm. Os agregados retidos na peneira de 4 mm, foram secos ao ar e submetidos à análise de agregação do solo, calculando-se então o diâmetro médio ponderado dos agregados do solo (DMP) (Nimmo e Perkins, 2002). A outra fração da amostra foi seca ao ar e em seguida passada em peneiras com abertura de malha de 2 e 1 mm, e esses agregados retidos na peneira de 1 mm foram submetidos à análise de índice de estabilidade de agregados do solo (IEA) (Nimmo e Perkins, 2002). Para realizar as análises de granulometria do solo (Claessen et al., 1997) e carbono orgânico do solo (CO) (Cambardella e Elliott, 1992) a terra fina seca ao ar foi passada em peneira com abertura de malha de 2 mm, para em seguida ser submetida às análises.

Por meio das amostras indeformadas, foram determinadas densidade do solo (D_s), de acordo com Claessen et al. (1997), resistência do solo à penetração (RP), de acordo com Tormena et al. (1998) e quatro classes de poros.

Para obtenção da densidade (D_s), as amostras foram posteriormente levadas à estufa, por 24 horas, na temperatura de 110° Celsius, até obterem massa constante, permitindo assim todas as informações necessárias para realização da equação (1):

$$D_s = \frac{M_s}{V_t} \quad (1)$$

Em que:

D_s = densidade do solo (g/cm^3);

M_s = massa de solo seco em estufa (g);

V_t = volume do cilindro (cm^3).

A resistência do solo a penetração foi determinada na amostra após a aplicação da tensão de 100 hPa, por meio de um penetrômetro eletrônico estático de laboratório. O aparelho possui taxa de penetração constante, é composto por sistemas

eletroeletrônicos complexos, com atuador linear elétrico acoplado a motor de passo; sistema para controle de velocidade e deslocamento; célula de carga, para registro da força; e computador para decodificação e processamento dos dados.

Para a determinação das classes de poros, foi utilizada a relação entre a tensão da água retida em tubos capilares (0, 30, 60 e 100 cm de coluna de água) e o diâmetro dos poros, por meio da seguinte equação (2) (Brady e Weil, 2013):

$$d = \frac{0,3}{h} \quad (2)$$

Em que:

d = diâmetro dos poros (cm);

h = altura da coluna de água (cm de coluna de água).

Portanto, as classes de poros determinadas foram: P1 ($d \geq 0,1$ mm), P2 ($0,05 \leq d < 0,1$ mm), P3 ($0,03 \leq d < 0,05$ mm) e P4 ($d < 0,03$ mm).

O plantio do abacaxi ocorreu no dia 20 de dezembro, de forma manual, sobre a palhada proveniente das plantas de cobertura (plantio direto), sendo a variedade utilizada o abacaxi pérola, e as mudas do tipo filhote, com massa média de 400 g. As plantas foram arranjadas em sistema de linhas duplas, com espaçamento menor de 0,5 m, e espaçamento maior de 1 m, entre linhas. O espaçamento entre plantas utilizado foi de 0,38 m (Figura 1).



Figura 1: Demonstração do sistema de espaçamento utilizado para cultura do abacaxi.

Após o plantio, foram feitas duas aplicações do herbicida pré-emergente Diurom a 6 L ha^{-1} , com volume de calda de 600 L ha^{-1} , uma logo após e outra 60 dias após o plantio. Mais duas aplicações foram feitas do pós-emergente Cletodim, na dosagem de 800 mL ha^{-1} mais 0,5% de óleo mineral. Capinas manuais também foram realizadas quando necessárias.

A adubação de plantio foi feita com o formulado N 6%, P_2O_5 27%, K_2O 6%, CaO 8%, S 8,4%, B 0,3%, Mn 0,05% e Zn 1%, na dose de 12 g planta^{-1} .

A primeira adubação de cobertura foi realizada aos 30 dias após o plantio das mudas, com o formulado N 20% e K_2O 20%, em 3 aplicações com intervalo de 30 dias, na dose de 16 g planta^{-1} . Mais 3 aplicações foram feitas com o formulado N 14%, K_2O 19% e S 16%, também com intervalo de 30 dias.

Para avaliação da produtividade, foram colhidos 10 frutos por ponto, totalizando-se 900 frutos para análise. A colheita foi realizada na última semana de dezembro de 2020, cerca de 180 dias após a indução artificial dos frutos, nos quais 50% dos frutos encontravam-se em sua maturidade ideal para comércio local. Para a indução, foi utilizado o produto Ethrel® 720, 1 L ha^{-1} mais ureia a 2%, com volume de calda de 600 L ha^{-1} . Posteriormente os frutos foram avaliados quanto à massa do fruto.

Os valores dos atributos do solo determinados foram submetidos à análise

estatística descritiva e análise estatística multivariada, com a utilização do software Statistica7®.

Inicialmente, aplicou-se a estatística descritiva dos atributos físicos do solo, a fim de determinar a média e o erro padrão da média para cada variável, nas 9 áreas avaliadas, nas camadas 0,00 – 0,10 e 0,10 – 0,20 m de profundidade.

A análise de fatores é uma técnica exploratória multivariada que permite que as relações entre um conjunto de variáveis sejam explicadas em termos de um número limitado de novas variáveis, sendo este último assumido como responsável pela covariação entre as variáveis observadas (Milstein et al., 2005). Por esse motivo foi realizada a análise de fatores a fim de que as variáveis fossem agrupadas quando correlacionadas entre si, visando identificar processos contidos no conjunto de variáveis originais, ou seja, o propósito principal dessa análise é definir a estrutura inerente entre as variáveis na análise (Hair et al., 2009).

Como em análise exploratória multivariada de fatores não podem ser utilizadas variáveis cujos resultados são provenientes de outras variáveis presentes no conjunto de dados, a porosidade total não foi incluída na análise, apresentando-se somente a estatística descritiva dessa variável.

A análise de fatores foi realizada após a padronização dos dados, gerando média nula e variância unitária (Hair Júnior et al., 2009). A adequação desta análise foi verificada pela quantidade da informação total das variáveis originais retida nos fatores, construídos com autovalores maiores que 1 (Kaiser, 1958), pois os autovalores inferiores a 1 não agregam informações relevantes. Os autovalores foram extraídos da matriz de covariância das variáveis originais e os fatores foram submetidos à rotação pelo método varimax raw. As análises estatísticas foram processadas no software Statistica v. 7.0. Foram consideradas como relevantes dentro de cada fator as variáveis com carga fatorial acima de 0,600.

A partir da análise de fatores, foram utilizados os escores gerados para cada amostra em cada fator para a realização do teste de médias para cada fator (Milstein et al., 2005). No teste das médias, foram realizadas uma análise de variância para cada fator, comparando as 9 áreas avaliadas. Após a interpretação, os processos

foram testados pelo General Linear Model (GLM) na análise de variância. As interações dos sistemas de preparo adotado e das plantas de cobertura foram analisadas pelo teste de médias de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pela análise estatística multivariada, verificou-se três fatores com autovalores superiores a 1, para explicar a variabilidade dos dados referentes as duas camadas analisadas. Na camada 0,00 – 0,10 (tabela 1), o fator 1 explicou 35,7%, o fator 2, 19,7% e o fator 3, 15,6% da variância do conjunto de dados, representando 71% da variabilidade total dos atributos do solo avaliados. Na camada 0,10 – 0,20 (tabela 2), o fator 1 explicou 42,5%, o fator 2, 20,2% e o fator 3, 14,8%, o que representa 77,5% da variabilidade total dos atributos.

Tabela 1. Coeficiente de correlação da análise de fatores dos atributos do solo, para camada 0,00 – 0,10 cm.

Atributos	Fator 1	Fator 2	Fator 3
Resistência do solo à penetração	0,812	-0,081	0,058
P1 $d \geq 0,1$ mm	-0,917	0,010	0,003
P2 $0,05 \leq d < 0,1$ mm	-0,723	0,561	-0,026
P3 $0,03 \leq d < 0,05$ mm	0,063	0,908	-0,007
P4 $d < 0,03$ mm	0,506	-0,737	0,006
Densidade do solo	0,931	-0,083	-0,060
Índice de estabilidade de agregados	0,218	0,039	0,669
Diâmetro médio ponderado dos agregados	-0,114	-0,107	0,814
Carbono orgânico	-0,078	0,252	0,538
Variância explicada	3,215	1,773	1,407
% da variância explicada	35,7	19,7	15,6

P = poros.

Tabela 2. Coeficiente de correlação da análise de fatores dos atributos do solo, para camada 0,10 – 0,20 cm.

Atributos	Fator 1	Fator 2	Fator 3
Resistência do solo à penetração	0,925	0,166	0,069
P1 $d \geq 0,1$ mm	-0,934	0,029	-0,011
P2 $0,05 \leq d < 0,1$ mm	-0,919	-0,262	-0,026
P3 $0,03 \leq d < 0,05$ mm	-0,134	-0,830	0,110
P4 $d < 0,03$ mm	0,544	0,662	-0,099
Densidade do solo	0,964	0,034	0,057
Índice de estabilidade de agregados	0,100	-0,424	0,674
Diâmetro médio ponderado dos agregados	-0,049	0,099	0,845
Carbono orgânico	0,040	0,638	0,360
Variância explicada	3,829	1,821	1,329
% da variância explicada	42,5	20,2	14,8

P = poros.

Para o fator 1 de ambas as camadas, as variáveis com autovalores acima de 0,600 foram resistência do solo à penetração (RP), poros com $d \geq 0,1$ mm (P1), poros com $0,05 \leq d < 0,1$ mm (P2) e densidade do solo (Ds). Os valores com cargas fatoriais iguais se correlacionam diretamente, e cargas fatoriais diferentes, inversamente. Portanto, nota-se que com o aumento do volume de poros das classes P1 e P2, há redução dos valores de densidade do solo e resistência do solo à penetração, e vice-versa, tanto na camada 0,00 – 0,10 m como na camada 0,10 – 0,20 m. Esses fatos foram observados também por Lima et al. (2007), os quais relatam que com o aumento da Ds, ocorre diminuição da macroporosidade e consequente aumento da microporosidade e da resistência do solo à penetração, já que, segundo Stefanoski et al. (2013), os atributos físicos do solo são interdependentes e, consequentemente, a modificação de um leva à modificação dos demais.

De acordo com Torres et al. (2015), a densidade do solo é um parâmetro importante de indicação da qualidade do solo, pois é um atributo sensível às alterações causadas pelo manejo.

Nagahama et al. (2016) avaliaram área sem escarificação, com escarificação de 0,00 – 0,15 m e com escarificação de 0,00 – 0,30 m, nos atributos físicos do solo. Os autores encontraram valores entre 1,43 a 1,73 Mg m⁻³, constatando que a Ds não diferiu estatisticamente para nenhum dos tratamentos, em nenhuma das camadas do solo analisadas. Segundo os autores, estes resultados devem-se ao fato do solo ser arenoso (878 g kg⁻¹ de areia, 32 g kg⁻¹ de silte e 90 g kg⁻¹ de argila), visto que o

coeficiente de variação do atributo apresentou-se baixo ($CV < 10\%$) Já Colet et al. (2009), ao avaliar as alterações ocorridas na Ds de um Latossolo Vermelho com 614 g kg^{-1} de areia, 140 g kg^{-1} de silte e 246 g kg^{-1} de argila, mediante escarificação, sob pastagem de *Brachiaria decumbens*, verificaram redução da Ds de $1,57 \text{ kg dm}^{-3}$ para $1,44 \text{ kg dm}^{-3}$, após escarificação na profundidade de 0,25 m. Esta redução foi observada na camada 0,00 – 0,10 m, na entrelinha da passagem das hastes do escarificador, o que também foi verificado neste trabalho.

O Fator 1 das camadas 0,00 – 0,10 m e 0,10 – 0,20 m foram interpretados como “relação massa/volume do solo”. Nesses processos, os escores com valores positivos e negativos (Tabelas 1 e 2) relacionaram-se com os atributos com valores positivos e negativos das respectivas camadas (Tabelas 3 e 4). Assim, quanto menor o escore do fator 1, menor a relação massa/volume, portanto, maior o volume de poros com diâmetro maior do que 0,05 mm (P1 e P2) e menores os valores de RP e Ds, demonstrados nas Figuras 1 (a) e Figura 1 (b), referentes a camada 0,00 – 0,10 m, e Figura 2 (a) e Figura 2 (f), referentes a camada 0,10 – 0,20 m.

Tabela 3. Comparação de médias dos escores obtidos em cada fator da análise exploratória multivariada na camada 0,00 – 0,10 m.

	Fator 1	Fator 2	Fator 3
Sistema de preparo de solo (SP)			
EL	-0,747	0,539	-0,090
SE	0,342	-0,272	-0,483
ET	0,354	-0,231	0,567
Plantas de cobertura (PC)			
CR	-0,443	0,070	0,054
MX	-0,118	-0,143	0,159
VE	0,542	0,070	-0,206
Valor-p			
SP	<0,001	<0,001	<0,001
PC	<0,001	0,535	0,247
SP x PC	<0,001	<0,001	<0,001

EL: Escarificação na linha de plantio do abacaxi; SE: Sem escarificação; ET: Escarificação em área total; CR: Crotalária-ochroleuca; MX: Mix (Crotalária-ochroleuca, feijão guandu anão ‘Cajanus cajan’ e Milheto ‘Pennisetum americanum’); VE: Vegetação espontânea.

Tabela 4. Comparação de médias dos escores obtidos em cada fator da análise exploratória multivariada na camada 0,10 – 0,20 m.

	Fator 1	Fator 2	Fator 3
Sistema de preparo de solo (SP)			
EL	-0,549	0,632	0,018
SE	0,521	0,079	-0,145
ET	-0,028	-0,648	0,129
Plantas de cobertura (PC)			
CR	-0,462	-0,089	0,115
MX	-0,122	-0,278	-0,248
VE	0,584	0,367	0,132
Valor-p			
SP	<0,001	<0,001	0,574
PC	<0,001	<0,001	0,249
SP x PC	<0,001	<0,001	0,575

EL: Escarificação na linha de plantio do abacaxi; SE: Sem escarificação; ET: Escarificação em área total; CR: Crotalária-ochroleuca; MX: Mix (Crotalária-ochroleuca, feijão guandu anão 'Cajanus cajan' e Milheto 'Pennisetum americanum'); VE: Vegetação espontânea.

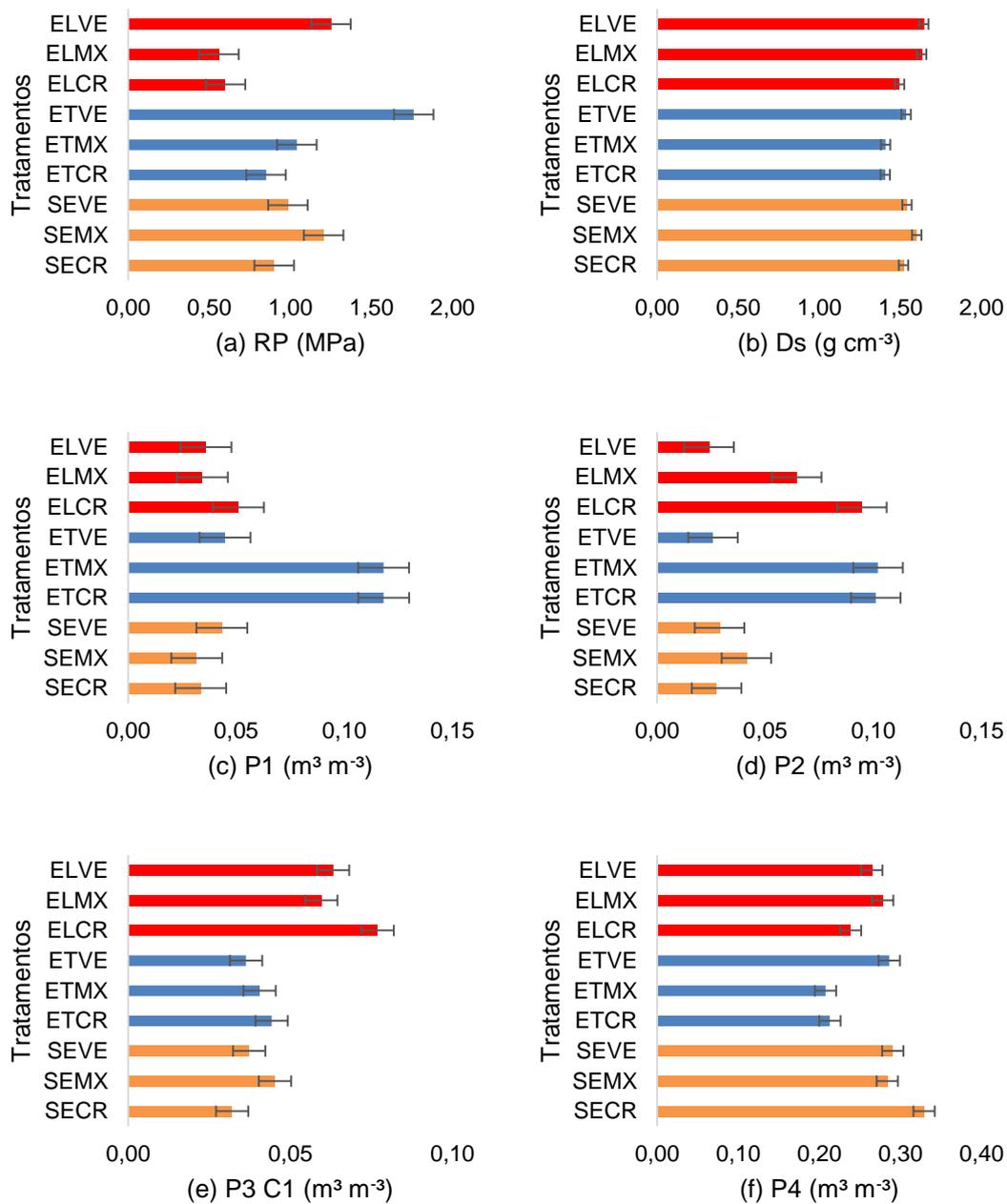


Figura 1: Estatística descritiva dos atributos da camada 0,00 – 0,10 m para RP (a): Resistência à penetração; Ds (b): Densidade do solo ; P1 (c): poros com diâmetro $d \geq 0,1$ mm; P2 (d): poros com $0,05 \leq d < 0,1$ mm; P3 (e): poros com $0,03 \leq d < 0,05$; P4 (f): poros com $d < 0,03$ mm. ET: Escarificador em área total; EL: Escarificador na linha de plantio do abacaxi; SE: Sem escarificador. CR: Crotalária-ochroleuca; MX: Mix (Crotalária-ochroleuca, feijão guandu anão 'Cajanus cajan' e Milheto 'Pennisetum americanum'); VE: Vegetação espontânea.

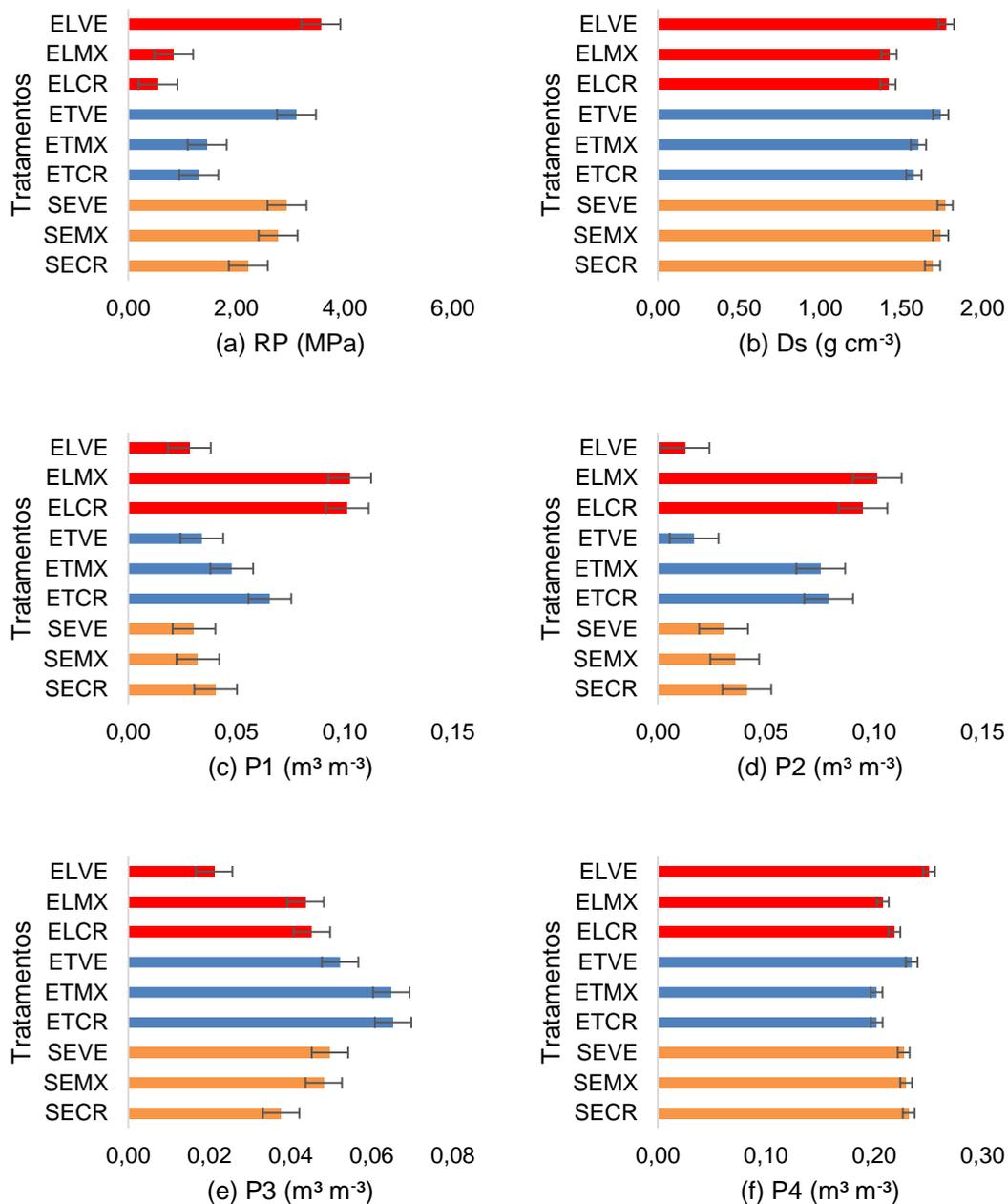


Figura 2: Estatística descritiva dos atributos da camada 0,10 – 0,20 m para RP (a): Resistência à penetração; Ds (b): Densidade do solo; P1 (c): poros com diâmetro $d \geq 0,1$ mm; P2 (d): poros com $0,05 \leq d < 0,1$ mm; P3 (e): poros com $0,03 \leq d < 0,05$; P4 (f): poros com $d < 0,03$ mm. ET: Escarificador em área total; EL: Escarificador na linha de plantio do abacaxi; SE: Sem escarificador. CR: Crotalária-ochroleuca; MX: Mix (Crotalária-ochroleuca, feijão guandu anão ‘Cajanus cajan’ e Milheto ‘Pennisetum americanum’); VE: Vegetação espontânea.

Para ambas as camadas observou-se interação entre os sistemas de preparo do solo e as plantas de cobertura (tabelas 3 e 4). As áreas constituídas de ELCR e

ELMX são semelhantes estatisticamente (Tabela 5). Estas áreas apresentaram maiores volumes de poros P1 e P2, visto que se correlacionaram diretamente com os escores negativos das tabelas 1 e 2, em suas respectivas camadas. O processo “relação massa/volume do solo” foi menos evidente em ETVE camada 0,00 – 0,10 m (Tabela 5) e ELVE camada 0,10 – 0,20 m (Tabela 6), sendo que nestas áreas foram observados menores volumes de poros P1 e P2 e conseqüentemente, maiores valores de RP e Ds (Figura 1, a; Figura 1, b) e (Figura 2, a; Figura 2, b), respectivamente às camadas. Com isso, foi possível constatar a importância das plantas de cobertura devido ao fato das áreas com VE apresentarem maior relação massa/volume, mesmo quando em EL, áreas nas quais foram observadas menor relação massa/volume do solo devido, principalmente a ação das raízes das plantas presentes nos locais. Os maiores volumes de macroporos (P1 $d \geq 0,1$ e P2 $0,05 \leq d < 0,1$ mm) em ELCR e ELMX (Figura 2, c) e (Figura 2, d) podem ser justificados pelo sistema de preparo do solo de escarificação em linha ter proporcionado melhores condições para formação das raízes. Segundo Vezzani e Mielniczuk (2011), a alta densidade de raízes atua fisicamente na formação e estabilização de agregados e na formação de macroporos.

Após suspender o ciclo de vida, as raízes se decompõem e formam-se bioporos. Mesmo que representem pequeno volume em relação ao volume total de poros, são de extrema importância para reduzir a resistência do solo, em especial pela formação de macroporos (Genro Junior et al., 2004).

De acordo com Conceição et al. (2013), o estabelecimento de sistemas diversificados com alto aporte de resíduos, derivados de plantas de cobertura, é uma estratégia importante para o acúmulo de carbono no solo.

Rossetti et al. (2012) observaram, em um Latossolo Vermelho distrófico, maiores valores de macroporosidade nas áreas constituídas de crotalária, na camada 0,00 – 0,05 m, em relação à área de vegetação espontânea. Para Ds, verificaram valores variando de 1,4 a 1,6 g cm⁻³, ao utilizarem Crotalária júncea como cobertura vegetal em sistema de plantio direto.

Tais dados corroboram também com Borges (2011), que avaliou o cultivo de guandu anão, feijão-de-porco, Crotalária spectabilis, feijão-caupi e sorgo, e suas influências na qualidade física de um Argissolo argiloarenoso (538 g kg⁻¹ de areia,

106 g kg⁻¹ de silte e 356 g kg⁻¹ de argila), cultivado com bananeira, e constataram que todas as culturas de cobertura proporcionaram maiores volumes de macroporos em relação à condição inicial, sendo que o maior volume foi observado no cultivo com guandu anão (0,1337 m³ m⁻³), até a profundidade de 0,40 m.

De Carvalho et al. (2020) também verificaram correlações inversas entre macroporosidade e densidade do solo, ao avaliarem atributos físicos em solos cultivados com plantas de cobertura, dentre elas crotalária ochroleuca e guandu anão, em um Latossolo Vermelho Amarelo distrófico, de textura média argilosa.

Pereira et al. (2017), em estudo sobre os efeitos do cultivo de *Crotalária júncea* em reforma de canalial nos atributos físicos de um Latossolo Vermelho distrófico, não encontraram diferença estatística nos valores de resistência do solo à penetração e densidade, atribuindo estes resultados ao fato de terem avaliado apenas um ciclo da sucessão dessas culturas.

Tabela 5. Teste de Tukey ao nível de 1% de probabilidade para a interação entre sistemas de preparo de solo e plantas de cobertura do fator 1, camada 0,00 – 0,10 m.

Sistemas de preparo	Plantas de cobertura	Escore
EL	CR	-1,398 a
EL	MX	-1,381 a
ET	CR	-0,183 b
SE	CR	0,157 bc
SE	VE	0,370 bc
ET	MX	0,399 bc
EL	VE	0,409 bc
SE	MX	0,501 bc
ET	VE	0,846 c

EL: Escarificação na linha de plantio do abacaxi; SE: Sem escarificação; ET: Escarificação em área total; CR: Crotalária-ochroleuca; MX: Mix (Crotalária-ochroleuca, feijão guandu anão 'Cajanus cajan' e Milheto 'Pennisetum americanum'); VE: Vegetação espontânea.

Tabela 6. Teste de Tukey ao nível de 1% de probabilidade para a interação entre sistemas de preparo de solo e plantas de cobertura do fator 1, camada 0,10 – 0,20 m.

Sistemas de preparo	Plantas de cobertura	Escore
EL	CR	-1,404 a
EL	MX	-1,114 a
ET	CR	-0,371 ab
ET	MX	-0,015 bc
SE	CR	0,295 bc
ET	VE	0,303 bc
SE	VE	0,607 bc
SE	MX	0,662 c
EL	VE	0,872 c

EL: Escarificação na linha de plantio do abacaxi; SE: Sem escarificação; ET: Escarificação em área total; CR: Crotalária-ochroleuca; MX: Mix (Crotalária-ochroleuca, feijão guandu anão ‘Cajanus cajan’ e Milheto ‘Pennisetum americanum’); VE: Vegetação espontânea.

Com relação ao fator 2, interpretado como “microporosidade do solo” em ambas as camadas, os autovalores relevantes foram similares. Na camada 0,00 – 0,10 m, as variáveis acima de 0,600 foram as classes de poros P3 e P4 (Tabela 1), e na camada 0,10 – 0,20 m foram também P3 e P4, com relação de cargas fatoriais inversas ao da camada 0,00 – 0,10 m, e ainda carbono orgânico, relacionando-se diretamente com P4 (Tabela 2). Este comportamento deve-se ao fato do solo em questão ser arenoso. Como explicado por Cunha et al. (2005), o CO forma ligações com minerais de óxidos de ferro, formando complexos organominerais de alta energia, aumentando a resistência à oxidação do CO em solos argilosos. Portanto, a oxidação do CO é mais rápida em solos arenosos, o que explica o comportamento do mesmo, relacionando-se com P4 na camada 0,10 – 0,20 m e mostrando-se irrelevante na camada 0,00 – 0,10 m de profundidade.

Foi observada interação entre os fatores de estudo em ambas as camadas analisadas (Tabelas 3 e 4). Na camada 0,00 – 0,10 m, ETCR, ETMX, ELCR e ETVE (Tabela 7) correlacionaram-se positivamente com os poros P3, e são semelhantes entre si. As áreas SECR foram superiores as citadas anteriormente com relação ao volume de poros P4.

Na camada 0,10 – 0,20 m, as áreas ETCR e ETMX (Tabela 8) possuem maiores volumes de poros P3 se comparadas com ELMX, ELCR e ELVE (Figura 2, e), as quais se correlacionaram positivamente com P4 e CO. Abel et al. (2013) explicaram a relação entre CO, teor de água no solo e água disponível às plantas.

Segundo eles, a deposição de matéria orgânica no solo diminuiu a densidade do solo (Ds) e aumentou o volume total de poros, assim, contribuiu para o aumento do teor de água e água disponível às plantas. Para Andrade et al. (2019), o conteúdo de carbono orgânico é fundamental para a formação de poros e aumento no teor de água disponível às plantas, principalmente na camada superficial do solo (0,00 – 0,10 m).

Tabela 7. Teste de Tukey ao nível de 1% de probabilidade para a interação entre sistemas de preparo de solo e plantas de cobertura do fator 2, camada 0,00 – 0,10 m.

Sistemas de preparo	Plantas de cobertura	Escore
SE	CR	-1,130 a
EL	VE	-0,485 ab
SE	VE	-0,315 ab
EL	MX	-0,042 abc
SE	MX	-0,003 abc
ET	VE	0,183 bc
EL	CR	0,301 bc
ET	MX	0,502 bc
ET	CR	1,016 c

EL: Escarificação na linha de plantio do abacaxi; SE: Sem escarificação; ET: Escarificação em área total; CR: Crotalária-ochroleuca; MX: Mix (Crotalária-ochroleuca, feijão guandu anão 'Cajanus cajan' e Milheto 'Pannisetum americanum'); VE: Vegetação espontânea.

Tabela 8. Teste de Tukey ao nível de 1% de probabilidade para a interação entre sistemas de preparo de solo e plantas de cobertura do fator 2, camada 0,10 – 0,20 m.

Sistemas de preparo	Plantas de cobertura	Escore
ET	MX	-1,027 a
ET	CR	-1,027 a
SE	MX	-0,212 ab
SE	VE	-0,206 ab
ET	VE	0,110 b
EL	CR	0,128 b
EL	MX	0,481 bc
SE	CR	0,655 bc
EL	VE	1,288 c

EL: Escarificação na linha de plantio do abacaxi; SE: Sem escarificação; ET: Escarificação em área total; CR: Crotalária-ochroleuca; MX: Mix (Crotalária-ochroleuca, feijão guandu anão 'Cajanus cajan' e Milheto 'Pannisetum americanum'); VE: Vegetação espontânea.

Vale salientar a importância desses poros em solos arenosos pois, de acordo com Carducci et al. (2013) são nos microporos que ocorre o armazenamento de água potencialmente disponível às plantas. Fidalski et al. (2013), avaliando a influência das

frações de areia na retenção e disponibilidade de água em solos da formação Caiuá e Paranavaí, concluíram que a predominância de areia em sua fração grosseira reduz a disponibilidade de água no solo para as plantas.

Da Silva et al. (2020) determinaram, em estudo sobre caracterização físico-hídrica de solos arenosos através da curva de retenção de água, índice S e distribuição de poros por tamanho, maior capacidade de retenção de água na profundidade 1,45 – 1,85 m, superior aos demais horizontes avaliados, justificando isso pela elevação no volume de microporosidade.

O fator 3 das duas camadas avaliadas foi interpretado como “agregação do solo”. As variáveis relevantes foram índice de estabilidade de agregados (IEA) e diâmetro médio ponderado dos agregados (DMP), ambas com cargas fatoriais positivas, em ambas as camadas do solo (Tabelas 1 e 2).

Na camada 0,00 – 0,10 m foi observada interação entre os fatores de estudo (Tabela 3).

O processo “agregação do solo” da camada 0,00 – 0,10 m foi mais evidente em ELVE (Tabela 9) e semelhante em SEVE, SECR e ETMX, sendo que ELVE se correlacionou diretamente com os escores referentes a IEA e DMP. Portanto, em ELVE os agregados do solo são mais resistentes contra forças externas, como impactos de gotas de chuva, operações agrícolas e perdas de solo por erosão (Salton et al., 2008).

Apesar de algumas diferenças numéricas observadas nas camadas do solo (Figuras 3 e 4), não foi observada interação entre os fatores de estudo (SP e PC) na camada 0,10 – 0,20 m, nem mesmo efeito isolado de SP ou PC, portanto destaca-se que ainda é necessário mais tempo de estudo para maiores conclusões sobre os efeitos dos tratamentos, e dinâmicas na agregação do solo, principalmente em solos arenosos.

Tabela 9. Teste de Tukey ao nível de 1% de probabilidade para a interação entre sistemas de preparo de solo e plantas de cobertura do fator 3, camada 0,00 – 0,10 m.

Sistemas de preparo	Plantas de cobertura	Escore
SE	VE	-0,663 a
ET	MX	-0,500 ab
SE	CR	-0,398 ab
EL	MX	-0,177 abc
ET	CR	-0,112 abc
ET	VE	-0,081 abc
SE	MX	0,246 abc
EL	CR	0,794 bc
EL	VE	0,954 c

EL: Escarificação na linha de plantio do abacaxi; SE: Sem escarificação; ET: Escarificação em área total; CR: Crotalaria-ochroleuca; MX: Mix (Crotalaria-ochroleuca, feijão guandu anão 'Cajanus cajan' e Milheto 'Pannisetum americanum'); VE: Vegetação espontânea.

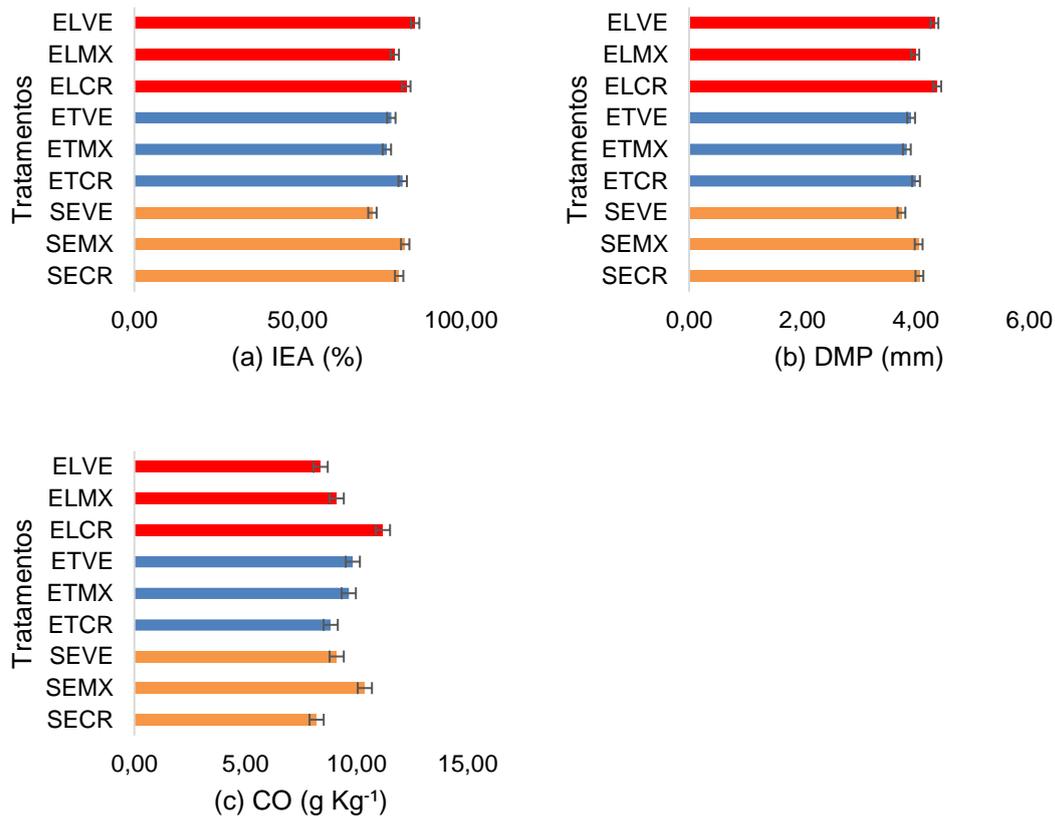


Figura 3: Estatística descritiva dos atributos da camada 0,00 – 0,10 m para IEA (a): Índice de estabilidade de agregados; DMP (b): Diâmetro médio ponderado; CO (c): Carbono orgânico. ET: Escarificador em área total; EL: Escarificador na linha de plantio do abacaxi; SE: Sem escarificador. CR: Crotalaria-ochroleuca; MX: Mix (Crotalaria-ochroleuca, feijão guandu anão 'Cajanus cajan' e Milheto 'Pannisetum americanum'); VE: Vegetação espontânea.

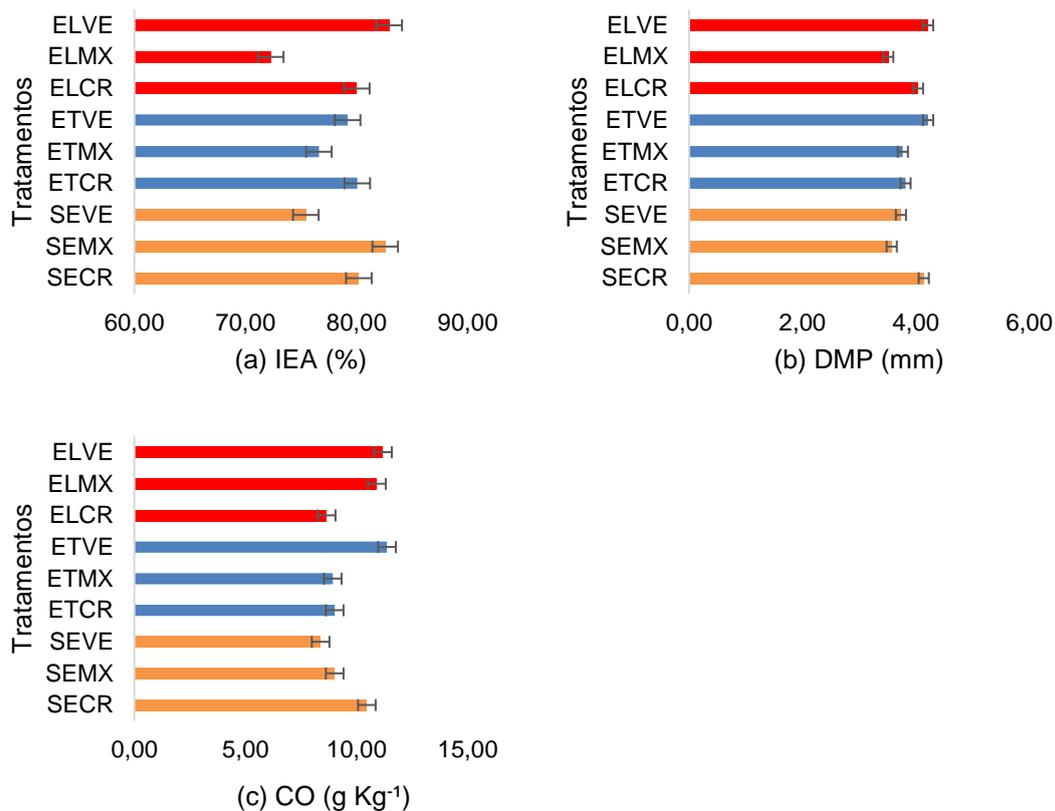


Figura 4: Estatística descritiva dos atributos da camada 0,10 – 0,20 m para IEA (a): Índice de estabilidade de agregados; DMP (b): Diâmetro médio ponderado; CO (c): Carbono orgânico. ET: Escarificador em área total; EL: Escarificador na linha de plantio do abacaxi; SE: Sem escarificador. CR: Crotalária-ochroleuca; MX: Mix (Crotalária-ochroleuca, feijão guandu anão ‘Cajanus cajan’ e Milheto ‘Pannisetum americanum’); VE: Vegetação espontânea.

De acordo com a análise descritiva dos dados de produtividade (Figura 5), observaram-se diferenças entre as áreas nas quais não foram realizadas escarificação (SE) com as demais, exceto a área com ETVE, que obtiveram valores de produtividade semelhantes. As áreas com escarificação em linha (ELVE, ELMX e ELCR) foram similares a ETMX e ETCR, demonstrando que a vegetação espontânea (VE) não favoreceu a produtividade na área com ET, devido principalmente aos maiores níveis de RP (Figuras 1 e 2), assim como nas áreas SE.

Foi possível observar valores semelhantes de produtividade entre as áreas com ET e EL, o que evidencia a possibilidade de menor emissão de gases de efeito estufa, como CO₂, se esse sistema de preparo de solo na linha de plantio da cultura for adotado, sem prejuízos de produtividade.

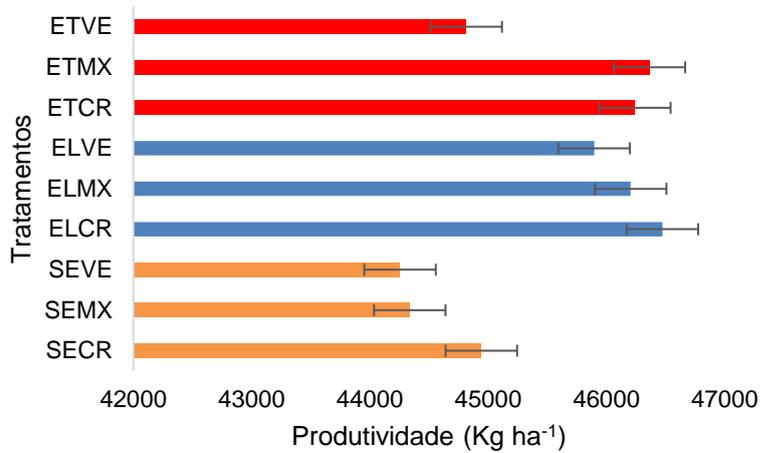


Figura 5: Estatística descritiva da produtividade do abacaxi. ET: Escarificador em área total; EL: Escarificador na linha de plantio do abacaxi; SE: Sem escarificador. CR: Crotalária-ochroleuca; MX: Mix (Crotalária-ochroleuca, feijão guandu anão ‘Cajanus cajan’ e Milheto ‘Pennisetum americanum’); VE: Vegetação espontânea.

De maneira geral, foi possível observar a importância das plantas de cobertura na qualidade física do solo, mesmo que em apenas um ciclo de sucessão das culturas. Portanto, a hipótese de que plantas de cobertura antecedentes às culturas comerciais são preponderantes para a estruturação do solo foi constatada principalmente em relação ao processo “relação massa/volume do solo”, no qual foi possível observar, em um mesmo sistema de preparo de solo, a superioridade de volume de poros P1 e P2, e menores valores de RP e DS (Tabelas 5 e 6), devido principalmente a ação de raízes e aporte de matéria orgânica no solo proveniente das plantas de cobertura. A EL, também de modo geral, demonstrou proporcionar melhores condições ao desenvolvimento radicular das plantas, mesmo com duas passadas para formação do sistema, além de proporcionar menor mobilização do solo.

5. CONCLUSÕES

As plantas de cobertura proporcionaram melhores condições físicas ao solo em decorrência do aporte de matéria orgânica e desenvolvimento das raízes. Quanto ao preparo do solo, a escarificação em linha proporcionou melhores condições físicas e menor mobilização do solo.

6. REFERÊNCIAS

- Abel S, Peters A, Trinks S, Schons KYH, Facklan M, Wessolek G (2013) Impact of biochar and hydrochar addition on water retention and water repellency of sandy soil. **Geoderma**. 202-203:183 - 191
- Aguiar MI (2008) **Qualidade física do solo em sistemas agroflorestais**. 79 f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- Alvarez R, Steinbach HS, De Paepe JL (2017) Cover crop effects on soils and subsequent crops in the pampas: A meta-analysis. **Soil and Tillage Research**. 170:53-65.
- Andrade CLT, Coelho EF, Couro L, Silva EL (1998) Parâmetros de solo-água para a engenharia de irrigação e ambiental. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, Poços de Caldas: UFLA/SBEA, p.1-132.
- Andrade R da S (2008) **Efeito de culturas de cobertura na qualidade física do solo sob plantio direto** (Doutorado). Goiânia: UFG, 2008.
- Andrade AP, Rauber LP, Bortolini D, Casara AC, Minatti M, Mafra AL, Sequinatto L (2019) Water retention in a Rhodic Kandiodox under animal manure application after 20 consecutive years. **Brazilian Journal of Agriculture**. 9:130-143.
- De Araújo ASF, Lima LM, Melo WJ, Santos VM & Araujo FF (2016) Soil properties and cowpea yield after six years of consecutive amendment of composted tannery sludge. **Acta Scientiarum**. 38:407 – 413.
- Arshad MA, Lowery B, Grossman B (1996) Physical tests for monitoring soil quality. In: Doran JW, Jones AJ. Methods for assessing soil quality. Madison: **Soil Science Society of America**, Madison, p.123-141. (Special Publication, 49).
- Barbosa L, Souza ZM, Magnani Filho R (2015) Desenvolvimento radicular da cana planta em diferentes sistemas de manejo. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNICAMP, Campinas.
- Barradas CA de A (2010) **Uso da adubação verde**. Niterói. Manual Técnico Programa Rio Rural.
- Bertol I, Schick J, Massariol JM (2000) Propriedades físicas de um Cambissolo Húmico álico afetadas pelo manejo do solo após cinco cultivos. **Ciência Rural**. 30:91-95.

Bezerra MS, Oliveira MRV de, Vasconcelos SD (2004) Does the presence of weeds affect *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) infestation on tomato plants in a semi-arid agro-ecosystem? **Neotropical Entomology**. 33:769-775.

Blanco-Caqui H, Ruis SJ (2018) No-tillage and soil physical environment. **Geoderma** 326:164-200.

Borges WLB, Freitas RS de, Mateus GP, de Sá ME, Alves MC (2015) Plantas de cobertura para o noroeste do estado de São Paulo. **Ciência Rural**. 45:799-805.

Borges AL, Souza LdaS (2011). Atributos físicos de um argissolo de tabuleiro costeiro sob manejo com coberturas vivas. In: XXXIII CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO. Uberlândia, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo.

Brady NC, Weil RR (2013) **Elementos da natureza e propriedades dos solos**. Porto Alegre: Bookman, 716p.

Cambardella CA, Elliott ET (1992) Particulate soil organic-matter changes across a grassland cultivation sequence. **Soil Science Society of America Journal**. 56:777-783.

Carducci CE, Oliveira GC, Zeviani WM, Lima VMP, Serafim ME (2013) Bimodal pore distribution on soils under conservation management system for coffee crop. **Engenharia Agrícola**. 33:291-302.

Carneiro MAC, Souza ED, Reis EF, Pereira HS, Azevedo WR (2009) Atributos físicos, químicos e biológicos de solo de cerrado sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciencia do Solo**. 33:147-157.

De Carvalho CA, Ferreira RLF, Andrade RA, De Brito RS, Pereira TCR, Lima TJJ (2020) Atributos físicos em solos cultivados com plantas de cobertura. **Scientia naturalis**. 2:38-41.

Celik I, Gunal H, Budak M, Akpinar C (2010) Effects of long-term organic and mineral fertilizers on bulk density and penetration resistance in semi-arid Mediterranean soil conditions. **Geoderma**. 160:236-243.

Claessen MEC, Barreto WO, Paula JL, Duarte MN (1997) **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: Embrapa-Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 212 p.

Colet MJ, Sverzut CB, Neto PHW, de Souza ZM (2009) Alteração em atributos físicos de um solo sob pastagem após escarificação. **Revista Ciência e agrotecnologia**. 33: 361-368

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. Abacaxi. 2020. Disponível em: www.conab.gov.br/safra2021/2022. Acesso em: 15 de dez de 2021.

Conceição PC, Dieckow J, Bayer C (2013) Combined role of no-tillage and cropping systems in soil carbon stocks and stabilization. **Soil & Tillage Research**. 129:40-47.

Cortez JW, Alves ADS, Moura RD, Olszewski N & Nagahama HJ (2011) Atributos físicos do Argissolo amarelo do semiárido nordestino sob sistemas de preparo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. 35:1207-1216.

Cruz JC, Alvarenga RC, Viana JHM, Pereira Filho IA, Albuquerque MR de, Santana DP (2011) **Sistema de plantio direto de milho**. Embrapa. Disponível em: http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/milho/arvore/CONTAG01_72_59200523355.html. Acesso em: 15 de dez de 2021.

Cunha P, Marques Júnior J, Curi N, Pereira GT, Lepsch IF (2005) Superfícies geomórficas e atributos de Latossolos em uma sequência areníticobasáltica da região de Jaboticabal (SP). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. 29:81-90.

Dalla Rosa A (1981) **Práticas mecânicas e culturais na recuperação de características físicas de solos degradados pelo cultivo, Solo Santo Ângelo (Latossolo Roxo distrófico)** (Mestrado). Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Doran JW, Parkin TB (1994). Defining and assessing soil quality. In: Doran JW, Coeman DC, Bezdicek DF, Stewart BA (Eds.). **Defining soil quality for sustainable environment**. Madison. Soil Science Society of America, p.3-21.

Emerson WW (1959). Stability of soil crumbs. **Nature**. 183:538

Espindola JAA (2006) Bananeiras consorciadas com leguminosas herbáceas perenes utilizadas como coberturas vivas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. 41:415- 420.

FAO. **Food and Agriculture Organization of the United Nations**. FAOSTAT. FAO, 2020. Disponível em: . Acesso em: 26 mai. 2021.

Fernandes MMH (2018) **Contribuição da cultura de entressafra para a estruturação do solo em área sob sistema de semeadura direta**. 30 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia (Ciência do Solo)) – Unesp, Jaboticabal.

Fidalski J, Tormena CA, Alvez SJ, Auler PAM (2013) Influência das frações de Areia na retenção e disponibilidade de água em solos das formações Caiuá e Paranaíba. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 37:613-621.

García-orenes F, Guerrero C, Roldán A, Mataix-Solera J, Cerdà A, Campoy M, Zornoza R, Bárcenas G, Caravaca F (2010) Soil microbial biomass and activity under different agricultural management systems in a semiarid Mediterranean agroecosystem. **Soil & Tillage Research**. 109:110-115.

Genro Junior SA, Reinert DJ, Reichert JM (2004). Variabilidade temporal da resistência à penetração de um Latossolo argiloso sob semeadura direta com rotação de culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 28:477-484.

Hair JF, Black WC, Babin BJ, Anderson RE, Tatham RL (2009) **Análise multivariada de dados**. Porto Alegre: Bookman, 688p.

Hernani LC, Salton JC, Fabrício AC, Dedecek R, Alves Júnior M (1997) Perdas por erosão e rendimentos de soja e de trigo em diferentes sistemas de preparo de um Latossolo Roxo de Dourados (MS). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 21:667-676.

Hungria M, Franchini JC, Brandão-Junior O, Kaschuk G, Souza RA (2009) Soil microbial activity and crop sustainability in a long-term experiment with three soil-tillage and two crop-rotation systems. **Applied Soil Ecology**, 42:288-296.

Lima CGR, Carvalho MP, Mello LMM, Lima RC (2007) Correlação linear e espacial entre a produtividade de forragem, a porosidade total e a densidade do solo de Pereira Barreto (SP). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 31:1233-1244.

Loss A. Distribuição dos agregados e carbono orgânico influenciados por manejos agroecológicos. **Acta Scientiarum**, 31:523-528.

De matos AP, Sanches NF (2011) **Cultura do abacaxi: sistema de produção para a Região de Itaberaba, Bahia**. Embrapa Mandioca e Fruticultura.

Martins LR, Figueira SRF (2019) **Caracterização do perfil dos produtores de abacaxi do município de Frutal – MG**. 118f (Mestrado em Administração (Gestão de Organizações Agroindustriais)) – Unesp, Jaboticabal.

Michelon CJ, Junges E, Casali CA, Pellegrini JBR, Neto LR, Oliveira ZB de e Oliveira MB de. Atributos do solo e produtividade do milho cultivado em sucessão a plantas de cobertura de inverno. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, 18:230-239.

Milstein A, Islam MS, Wahab MA, Kamal AHM, Dewan S (2005) Characterization of water quality in shrimp ponds of different sizes and with different management regimes using multivariate statistical analysis. **Aquaculture International**, 13:501-518.

de Moraes MT, Debiasi H, Franchin JC, & da Silva VR (2016) **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: Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Nagahama H de J, Granja GP, Cortez JW, Ramos RL, Arcoverde SNS (2016). Efeitos da escarificação mecânica nos atributos físicos do solo e agronômicos do capim elefante. **Revista Ceres**, 63:741-746.

Nimmo JR, Perkins KS (2002) Aggregate stability and size distribution. **Soil Science Society of America Journal**. 5:317-328.

Pacheco EP, Cantalice JRB (2011) Análise de trilha no estudo dos efeitos de atributos físicos e matéria orgânica sobre a compressibilidade e resistência à penetração de um argissolo cultivado com cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 35:403–415.

Pereira GS, Mahl D, Souza CHW, Prampero V (2017) Efeito do cultivo de *Crotalaria júncea* em rotação com Cana-de-açúcar sobre parâmetros físicos do solo. **Journal of Agronomic Sciences**, 6:1-12.

Produção Agrícola Municipal – PAM 2018. Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA. IBGE, 2019. Disponível em: . Acesso em: 26 mar. 2020.

Reichert JM, Suzuky LEAS, Reinert DJ (2007) **Compactação do solo em sistemas agropecuários e florestais: Identificação, efeitos, limites críticos e mitigação**. In: Ceretta CA, Silva LS, Reichert JM. Tópicos em ciência do solo, Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do solo, 5:49-134.

Rebello C & Turetta APD (2017) **Ferramentas para avaliação do potencial à prestação de serviços ambientais pelo Sistema plantio direto**. Rio de Janeiro: EMBRAPA. 6p. (Comunicado técnico).

Ribeiro DG, Vasconcellos MA da S, Araújo AP (2011) Contribuição do sistema radicular de mudas micropropagadas na absorção de nitrogênio de abacaxizeiro cultivar Vitória. **Revista Brasileira de Fruticultura**, 33:1240-1250.

Rossetti K de V, Andrioli I, Centurion JF, Matias SSR, Nóbrega JCA (2012). Atributos físicos do solo em diferentes condições de cobertura vegetal em área de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**. 7:427-433.

Sakonnakhon SPN, A Weeds (2006) friend or foe? The role of weed composition on stover nutrient recycling efficiency. **Field Crops Research**, 97:238-247.

Salton JC, Mielniczuk J, Bayer C, Boeni M, Conceição PC, Fabrício AC, Macedo MCM, Broch DL (2008) Agregação e estabilidade de agregados do solo em sistemas agropecuários em Mato Grosso do Sul. **Revista Brasileira de Ciência Solo**. 32:11-21.

Santos CEM dos, Rosado LDS (2019) A cultura. In: Santos CEM dos, Borém A. (Ed.). **Abacaxi do plantio à colheita**. Viçosa: UFV. p.9-16.

Santana DP, Bahia Filho AFC (1998) **Qualidade do solo: Uma visão holística**. Boletim Informativo, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 27:15- 18.

Silva LG, Mendes IC, Reis Junior FB, Fernandes MF, Melo JT, Kato E (2009) Atributos físicos, químicos e biológicos de um Latossolo de cerrado em plantio de espécies florestais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 44:613-620.

Silva AC da, Hirata EK, Monquero PA (2009) Produção de palha e supressão de plantas daninhas por plantas de cobertura, no plantio direto do tomateiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 44:22-28.

Silva AP (2006) **Sistema para recomendação de fertilizantes e corretivos para a cultura do abacaxizeiro**. (Doutorado). Viçosa: Universidade Federal de Viçosa.

Silva VR, Reinert DJ, Reichert JM (2000) Densidade do solo, atributos químicos e sistema radicular do milho afetados pelo pastejo e manejo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 24:191-199.

Silva M, Arf O, Sá ME, Abrantes FL, Berti CLF, Souza LCD (2017) Plantas de cobertura e qualidade química e física de Latossolo Vermelho distrófico sob plantio direto. **Agrária**, 12:60-67.

Silva RP & Fernandes C (2014) Atributos de Latossolos e produtividade da cana-de-açúcar em decorrência da diversificação de culturas no período de reforma do canal. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 38:575-584.

Da Silva PLF, de Oliveira FP, Martins AF, Pereira WE, Santos TED, Amaral AJ (2020) Caracterização físico-hídrica de solos arenosos através da curva de retenção de água, índice S e distribuição de poros por tamanho. **Agrarian**, 13:478 – 492.

Singer MJ, Ewing S (2000) **Soil quality**. In: Sumner ME. Handbook of soil science, p. 271 – 298.

Souza CM de, Pires FR, Partelli FL, Assis RL (2013) **Adubação verde de rotação de culturas**. Viçosa, 1:108, 2013.

Stefanoski DC, Santos GG, Marchão RL, Petter FA, Pacheco LP (2013) Uso e manejo do solo e seus impactos sobre a qualidade física. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 17:1301-1309.

Teixeira CAD (2020). **Sistema de produção para a cultura do abacaxi no estado de Rondônia**. Porto Velho, RO: Embrapa Rondônia, 78 p.

Trevisan RG, Freddi O da S, Wruck FJ, Tavanti RR, Peres FSC (2017) Variabilidade de atributos físicos do solo e do arroz cultivado sob plantas de cobertura em sistema de integração lavoura-pecuária. **Bragantia**, 76:145-154.

Tormena CA, Silva AP, Libardi PL (1998) Caracterização do intervalo hídrico ótimo de um Latossolo Roxo sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 22:573-581.

Tormena CA, Barbosa MC, da Costa ACS, Gonçalves ACA (2002) Densidade, porosidade e resistência à penetração em Latossolo cultivado sob diferentes sistemas de preparo do solo. **Scientia Agrícola**, 59:795-801.

Torres JLR, Pereira MG, Assis RL, Souza ZM (2015) Atributos físicos de um Latossolo Vermelho cultivado com plantas de cobertura em semeadura direta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 39:428-437.

Vezzani FM, Mielniczuk J. (2009) Uma visão sobre qualidade do solo. **Revista brasileira de ciência do solo**, 33:743-755.

Vezzani FM, Mielniczuk J, (2011) Agregação e estoque de carbono em Argissolo submetido a diferentes práticas de manejo agrícola. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 35:213-223.

Zhao X, Zhang R, Xue J, Pu C, Zhang X, Liu S, Chen F, Lal R, Zhang H (2015) Management-induced changes to soil organic carbon in China: a meta-analysis. **Advances in Agronomy**, 134:1–50.