

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO - CAMPUS RIO VERDE
DIRETORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO, PESQUISA E INOVAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIODIVERSIDADE E
CONSERVAÇÃO

QUALIDADE FÍSICA DO SOLO SOB DIFERENTES USOS

Autora: Juliana Cunha Barros
Orientador: Prof. Dr. Wellington Hannibal Lopes
Coorientador externo: Prof. Dr. Eduardo da Costa Severiano
Coorientador interno: Prof. Dr. Alessandro Ribeiro de Moraes

RIO VERDE – GO
outubro – 2020

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO - CAMPUS RIO VERDE
DIRETORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO, PESQUISA E INOVAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIODIVERSIDADE E
CONSERVAÇÃO

QUALIDADE FÍSICA DO SOLO SOB DIFERENTES USOS

Autora: Juliana Cunha Barros
Orientador: Prof. Dr. Wellington Hannibal Lopes
Coorientador externo: Prof. Dr. Eduardo da Costa Severiano
Coorientador interno: Prof. Dr. Alessandro Ribeiro de Moraes

Dissertação apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM BIODIVERSIDADE E CONSERVAÇÃO, no Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Conservação do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde – Área de concentração Conservação dos Recursos Naturais.

Rio Verde – GO
outubro – 2020

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano

Bq Barros, Juliana
Qualidade física do solo sob diferentes usos /
Juliana Barros; orientador Wellington Hannibal
Lopes; co-orientador Eduardo da Costa Severiano. --
Rio Verde, 2020.
50 p.

Tese (Doutorado em Programa de Pós-Graduação em
Biodiversidade e Conservação) -- Instituto Federal
Goiano, Campus Rio Verde, 2020.

1. qualidade estrutural do solo. 2. análise
visual da estrutura do solo. 3. sintropia. I.
Hannibal Lopes, Wellington, orient. II. da Costa
Severiano, Eduardo, co-orient. III. Título.

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

Identificação da Produção Técnico-Científica

- Tese Artigo Científico
 Dissertação Capítulo de Livro
 Monografia – Especialização Livro
 TCC - Graduação Trabalho Apresentado em Evento
 Produto Técnico e Educacional - Tipo: _____

Nome Completo do Autor: Juliana Cunha Barros
Matrícula: 2018202310840042
Título do Trabalho: Qualidade física do solo sob diferentes usos

Restrições de Acesso ao Documento

Documento confidencial: Não Sim, justifique: _____

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: 17/12/20

O documento está sujeito a registro de patente? Sim Não

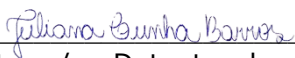
O documento pode vir a ser publicado como livro? Sim Não

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

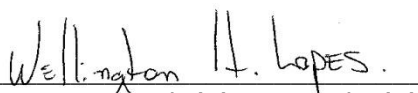
O/A referido/a autor/a declara que:

- o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Rio Verde, 17 / 12 / 20.
Local Data


Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

Ciente e de acordo:


Assinatura do(a) orientador(a)



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

Ata nº 53/2020 - NREPG-RV/CPG-RV/DPGPI-RV/CMPRV/IFGOIANO

PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO

ATA Nº/47

BANCA EXAMINADORA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO

Aos vinte e oito dias do mês de outubro do ano de dois mil e vinte, às 08h (oito horas), reuniram-se os componentes da banca examinadora em sessão pública realizada por videoconferência, para procederem a avaliação da defesa de Dissertação, em nível de mestrado, de autoria de **Juliana Cunha Barros**, discente do Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Conservação do Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde. A sessão foi aberta pelo presidente da Banca Examinadora, Prof. Dr. Wellington Hannibal Lopes, que fez a apresentação formal dos membros da Banca. A palavra, a seguir, foi concedida a autora para, em 30 min., proceder à apresentação de seu trabalho. Terminada a apresentação, cada membro da banca arguiu a examinada, tendo-se adotado o sistema de diálogo sequencial. Terminada a fase de arguição, procedeu-se a avaliação da defesa. Tendo-se em vista as normas que regulamentam o Programa de Pós-Graduação Biodiversidade e Conservação, e procedidas às correções recomendadas, a Dissertação foi APROVADA, considerando-se integralmente cumprido este requisito para fins de obtenção do título de **MESTRA EM BIODIVERSIDADE E CONSERVAÇÃO**, na área de concentração em Conservação dos Recursos Naturais, pelo Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde. A conclusão do curso dar-se-á quando da entrega na secretaria do PPGBio da versão definitiva da Dissertação, com as devidas correções. Assim sendo, a defesa perderá a validade se não cumprida essa condição, em até **60 (sessenta) dias** da sua ocorrência. A Banca Examinadora recomendou a publicação dos artigos científicos oriundos dessa dissertação em periódicos após procedida as modificações sugeridas. Cumpridas as formalidades da pauta, a presidência da mesa encerrou esta sessão de defesa de Dissertação de Mestrado, e para constar, foi lavrada a presente Ata, que, após lida e achada conforme, será assinada eletronicamente pelos membros da Banca Examinadora.

Membros da Banca Examinadora

Nome	Instituição	Situação no Programa
Prof. Dr. Wellington Hannibal Lopes	UEG - Campus Sudoeste	Presidente
Profª. Drª. Camila Jorge Bernabé Ferreira	Universidade de Rio Verde	Membro externo

Prof. Dr. Piero Iori	UFJ	Membro externo
----------------------	-----	----------------

Documento assinado eletronicamente por:

- **Wellington Hannibal Lopes, Wellington Hannibal Lopes - Professor Avaliador de Banca - Ueg (01112580000171)**, em 29/10/2020 21:46:30.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 02/10/2020. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 194589

Código de Autenticação: e247e9d324



INSTITUTO FEDERAL GOIANO
Campus Rio Verde
Rodovia Sul Goiana, Km 01, Zona Rural, None, RIO VERDE / GO, CEP 75901-970
(64) 3620-5600



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

Documentos 52/2020 - NREPG-RV/CPG-RV/DPGPI-RV/CMPRV/IFGOIANO

QUALIDADE FÍSICA DO SOLO SOB DIFERENTES USOS

Autora: Juliana Cunha Barros
Orientador: Prof. Dr. Wellington Hannibal Lopes

TITULAÇÃO: Mestre em Biodiversidade e Conservação - Área de Concentração Conservação dos Recursos Naturais

APROVADO em 28 de outubro de 2020.

Prof. Dr. Piero Iori
Avaliador externo - UFJ / Jataí

Prof^a. Dr^a. Camila Jorge Bernabé
Ferreira
Avaliadora externa - UniRV / Rio
Verde

Prof. Dr. Wellington Hannibal Lopes
Presidente da Banca - UEG / Quirinópolis

Documento assinado eletronicamente por:

- Piero Iori, Piero Iori - Membro externo - Universidade Federal de Goiás (01567601000143), em 03/11/2020 11:34:47.
- Camila Jorge Bernabé Ferreira, Camila Jorge Bernabé Ferreira - Membro externo - Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde (10651417000500), em 30/10/2020 18:48:40.
- Wellington Hannibal Lopes, Wellington Hannibal Lopes - Professor Avaliador de Banca - Ueg (01112580000171), em 29/10/2020 21:42:06.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 02/10/2020. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 194592
Código de Autenticação: 558b5e0c20



INSTITUTO FEDERAL GOIANO
Campus Rio Verde
Rodovia Sul Goiana, Km 01, Zona Rural, None, RIO VERDE / GO, CEP 75901-970
(64) 3620-5600

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO - CAMPUS RIO VERDE
DIRETORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO, PESQUISA E INOVAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIODIVERSIDADE E
CONSERVAÇÃO

QUALIDADE FÍSICA DO SOLO SOB DIFERENTES USOS

Autora: Juliana Cunha Barros
Orientador: Prof. Dr. Wellington Hannibal Lopes
Coorientador externo: Prof. Dr. Eduardo da Costa Severiano
Coorientador interno: Prof. Dr. Alessandro Ribeiro de Moraes

TITULAÇÃO: Mestre em Biodiversidade e Conservação - Área de
concentração Conservação dos Recursos Naturais.

APROVADA em 28 de outubro de 2020.

Prof. Dr. Piero Iori
Avaliador externo
Universidade Federal de Jataí

Prof.^a. Dra. Camila Jorge Bernabé
Ferreira
Avaliador externo
Universidade de Rio Verde

Prof. Dr. Wellington Hannibal Lopes
(Orientador)
UEG / Quirinópolis

AGRADECIMENTOS

A Deus, por sempre guiar meus passos e me conceder sempre o que eu preciso no momento propício e não o que eu gostaria que acontecesse.

Ao Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde, por disponibilizar espaço físico, equipamentos, materiais de consumo, transporte para trabalhos de campo e recursos humanos, fundamentais para realização deste trabalho.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), por contribuir para a verticalização da minha formação acadêmica, e de tantos outros colegas.

Ao Professor Dr. Christiano Peres Coelho, por me desafiar a conduzir um projeto tão diferente da minha formação acadêmica.

Ao meu orientador Professor Dr. Wellington Hannibal Lopes, que encarou este desafio quando o Professor Christiano não pôde dar continuidade à orientação, pelo suporte nas análises estatísticas e incentivo.

Ao meu coorientador Professor Dr. Eduardo da Costa Severiano, por me receber no Laboratório de Física do Solo, pelo suporte na parte analítica, contribuindo para minha formação técnica e intelectual, mesmo ciente de minha inexperiência na área.

Aos agricultores do Sítio Folha, Herla e José, por permitirem a avaliação da sua propriedade, cedendo seu tempo e espaço.

Ao Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Conservação, pela oportunidade, assim como a todo o corpo docente que de maneira direta ou indireta contribuíram para a realização deste trabalho.

Aos Programas de Pós-Graduação em Ciências Agrárias, e Bioenergia e Grãos, por me permitirem cursar disciplinas fora do programa em que eu estava matriculada, contribuindo para minha formação acadêmica.

Aos colegas discentes do Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Conservação, Nayara, Elaine, Roberta, Marco e Kauê, pelos estudos em grupo e trocas de experiência.

Aos colegas do Laboratório de Física do Solo, Victória pelo treinamento e auxílio com o consolidômetro, Octávio e André pelo auxílio nas atividades de campo, Jordaanny, Lara, Ludimila e Lucas, pela acolhida.

Ao meu colega de laboratório e amigo Wainer, por toda ajuda, paciência, boas risadas, e palavras de incentivo em momentos de dificuldade.

Aos meus familiares, minha mãe Kátia, por me estimular a constante busca pela felicidade, desde de que esta não prejudique o próximo, meu pai José Antônio, pelas várias formas de incentivo para que eu continuasse meus estudos, e meu irmão Gabriel pelo apoio e descontraídas conversas.

BIOGRAFIA DA AUTORA

Juliana Cunha Barros, nascida em Rio Verde – GO, em 18 de abril de 1996, filha de José Antônio Vieira Barros e Kátia Inês da Cunha.

Em abril de 2012 ingressou como aprendiz em uma cooperativa de pesquisa agrícola, onde foi seu primeiro contato com o setor do agronegócio, inicialmente como recepcionista, e posteriormente como auxiliar administrativo no departamento de recursos humanos.

E, trabalhou até fevereiro 2014, quando iniciou as atividades em um escritório rural, desta vez no departamento financeiro, até setembro de 2018.

Ainda em 2014 ingressou no curso de Tecnologia em Agronegócio, pelo Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde, concluindo em 2017.

Em agosto de 2018 foi aprovada no mestrado acadêmico em Biodiversidade e Conservação, também pelo Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde, defendendo a dissertação em outubro de 2020.

ÍNDICE

	Página
ÍNDICE DE TABELAS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
LISTA DE.....	x
SÍMBOLOS, SIGLAS, ABREVIACÕES E UNIDADES	x
RESUMO.....	xii
1. INTRODUÇÃO	12
2. OBJETIVOS	19
2.2. Geral.....	19
2.3 Específicos	19
3. MATERIAL E MÉTODOS	20
3.1. Descrição da área de estudo	20
3.2. Sistemas de uso do solo.....	21
3.3. Análise visual da estrutura do solo.....	23
3.4. Análises laboratoriais	25
3.5. Análises estatísticas.....	27
4. RESULTADOS	29

5.DISSCUSSÃO	34
5.1. Diagnose visual da estrutura do solo (VESS)	34
5.2. Diagnose analítica	37
5.3. Correlação VESS e análises laboratoriais	40
6. CONCLUSÃO	42
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	43
8. APÊNDICE A.....	49

ÍNDICE DE TABELAS

	Página
Tabela 1 – Umidade gravimétrica de acordo com os respectivos usos, no dia da amostragem e após equilíbrio ao potencial de 6 kPa.....	28
Tabela 2 – Média e desvio padrão referente aos atributos físicos do solo determinados em laboratório.....	33
Tabela 1A - Descrição das espécies quanto ao período de permanência no sistema, nome popular e científico.....	49

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1 - Localização do Sítio Folha no município de Aparecida do Rio Doce, sul do estado de Goiás, no Brasil central.....	21
Figura 2 – Representação dos sistemas de uso do solo investigado no Sítio Folha, Aparecida do Rio Doce, sul de Goiás. (a) mata semidecidual, (b) sistema agroflorestal sintrópico, (c) plantio convencional, (d) pastagem degradada.....	22
Figura 3 - Amostras VESS após o manuseio. (a) mata semidecidual, (b) sistema agroflorestal sintrópico, (c) plantio convencional, (d) pastagem degradada.....	24
Figura 4 – Chaves visuais acompanhadas da descrição dos notas VESS, desenvolvidas por Ball et al. (2007) e melhorado por Guimarães et al. (2011).....	25
Figura 5 – Média e desvio-padrão da nota de VESS feitas nas amostras de solo coletadas em diferentes sistemas de uso do solo (plantio convencional, mata semidecidual, pastagem e sintropia) e sob a perspectiva de diferentes avaliadores (agricultor, estudante, pesquisador).....	30
Figura 6 - Biplots das Análises de Componentes Principais (PCA) ordenando as amostras de solo de plantio convencional, mata semidecidual, pastagem e cultura sintrópica de acordo com a compressibilidade (A) e porosidade (B) no Sítio Folha, Brasil central. PPC: pressão de pré-consolidação; M: índice de compressão; RP: resistência à penetração; Ds: densidade do solo; PT: porosidade total; MA: macroporosidade; MI: microporosidade; >145, 145-73, 73-50, 50-9, 9-2,9, <2,9: referem-se ao diâmetro de cada classe de poro em dm^{-3}	31

Figura 7 - Relação entre PC1 (ordenação pela distância euclidiana) dos valores de compressibilidade, resistência à penetração e densidade do solo e VESS para diferentes avaliadores.....33

LISTA DE
SÍMBOLOS, SIGLAS, ABREVIACÕES E UNIDADES

D _s	Densidade do solo	kg dm ⁻³
μm	Micrômetro	
D	Diâmetro do poro	mm
dm	Decímetro	
D _p	Densidade de partículas	kg dm ⁻³
DPT	Distribuição de poros por tamanho	
EM	<i>Effective Microorganisms</i>	
M	Índice de compressão	
m _a	Massa da amostra de solo	g
MA	Macroporosidade	dm ³ dm ⁻³
MI	Microporosidade	dm ³ dm ⁻³
PCA	Análise dos componentes principais	
PPC	Pressão de pré-consolidação	
PT	Porosidade do solo	dm ³ dm ⁻³
RP	Resistência à penetração	
SAFs	Sistemas agroflorestais	
U.A.	Unidade animal	

U_g	Umidade gravim	
V	Volume do cilindro	cm^{-3}
VESS	Avaliação visual da estrutura do solo	
θ	Ângulo de contato entre o menisco e a parede do tubo capilar	
σ	Tensão superficial da água	kPa
ψ_m	Tensão de água do solo	kPa

RESUMO

BARROS, JULIANA CUNHA. Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde – GO, outubro de 2020. **Qualidade física do solo sob diferentes usos**. Orientador: Wellington Hannibal Lopes. Coorientador externo: Prof. Dr. Eduardo da Costa Severiano. Coorientador interno: Prof. Dr. Alessandro Ribeiro de Moraes.

As atividades agropecuárias são fundamentais para produção de alimentos e equilíbrio da balança comercial brasileira. Entretanto, a conversão de ecossistemas naturais em sistemas com preparo convencional do solo, promove alterações negativas na estrutura do solo, causando prejuízos não apenas ambientais, mas restrições quanto a produtividade destas áreas. Assim, a aplicação de técnicas ou sistemas de produção alternativa, que visam maximizar a produção com o menor impacto ambiental possível, se fazem necessários. O presente trabalho teve como objetivo a avaliação da qualidade física do solo em diferentes sistemas de uso, para isto, foram realizadas análises visuais e laboratoriais. A análise visual da estrutura do solo (VESS) foram executadas por

diferentes avaliadores (agricultor, estudante e pesquisador) com a finalidade de compreender se o método teria reprodutibilidade para avaliadores com diferentes níveis de conhecimento sobre a técnica. As análises laboratoriais realizadas foram de densidade do solo (Ds), resistência do solo à penetração (RP), ensaio de compressão uniaxial, porosidade do solo e distribuição de poros por tamanho (DPT), visando confirmar a sensibilidade do VESS para identificar mudanças na estrutura promovidas pelo manejo, e qual dos avaliadores teria a nota mais próxima das determinações de laboratório. Os resultados do VESS apontaram para melhor qualidade do solo respectivamente nos sistemas de uso do solo mata semidecidual, sistema agroflorestal sintrópico, plantio convencional e pastagem degradada. Todos os avaliadores concordaram quanto a esta classificação, porém, os agricultores foram os que mais superestimaram as notas dos sistemas de uso do solo. Os resultados de laboratório apontaram para maiores Ds e RP nas amostras coletadas no sistema de uso do solo pastagem degradada, e maiores índices de compressão (M) e macroporosidade (MA), para o sistema de uso do solo mata semidecidual, confirmando a tendência apresentada pelo VESS. Quando os atributos físicos foram correlacionados com as notas atribuídas pelos diferentes avaliadores, apenas as apontadas pelos agricultores foram significativamente relacionadas com as determinações de laboratório. A partir destes resultados, foi possível concluir que o método VESS possui sensibilidade para identificar alterações estruturais promovidas pelo uso do solo, e pode ser aplicado com êxito por operadores com diferentes níveis de familiaridade com a técnica, e que nestes casos, a percepção prática é um diferencial. O sistema agroflorestal sintrópico se revelou como uma alternativa sustentável para recuperação de áreas degradadas, por meio da melhoria da qualidade estrutural do solo.

PALAVRAS-CHAVE: qualidade estrutural do solo, análise visual da estrutura do solo, sintropia.

ABSTRACT

BARROS, JULIANA CUNHA. Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde - GO, October 2020. Physical quality of the soil under different uses. Advisor: Wellington Hannibal Lopes. External co-advisor: Dr. Eduardo da Costa Severiano. Internal co-advisor: Dr. Alessandro Ribeiro de Morais.

Agricultural activities are fundamental for food production and balance of the Brazilian trade balance. However, the conversion of natural ecosystems into systems with conventional soil tillage, promotes negative changes in the soil structure, causing not only environmental damage, but restrictions on the productivity of these areas. Thus, the use of alternative production techniques or systems, which aim to maximize production with the least possible environmental impact, is necessary. The present work had as objective the evaluation of the soil physical quality in different systems of use, for that, visual and laboratory analyzes were carried through. The visual analysis of the soil structure (VESS) was performed by different evaluators (farmer, student and researcher) in order to understand whether the method would have reproducibility for evaluators with different levels of knowledge about the technique. The laboratory analyzes

performed were soil density (Ds), soil resistance to penetration (RP), uniaxial compression test, soil porosity and pore size distribution (DPT), in order to confirm the VESS sensitivity to identify changes in structure promoted by the management, and which of the evaluators would have the score closest to the laboratory determinations. The VESS results pointed to better soil quality in the semi-deciduous forest land use systems, syntropic agroforestry system, conventional planting and degraded pasture, respectively. All evaluators agreed on this classification, however, farmers were the ones who overestimated the scores of land use systems. The laboratory results pointed to higher Ds and RP in samples collected in the degraded pasture land use system, and higher compression rates (M) and macroporosity (MA), for the semideciduous forest land use system, confirming the trend presented by VESS. When the physical attributes were correlated with the scores given by the different evaluators, only those pointed out by farmers were significantly related to the laboratory determinations. From these results, it was possible to conclude that the VESS method has sensitivity to identify structural changes promoted by land use, and can be successfully applied by operators with different levels of familiarity with the technique, and that in these cases, the practical perception is a differential. The syntropic agroforestry system has proved to be a sustainable alternative for degraded areas recovery, by improving the structural soil quality.

KEY-WORDS: structural soil quality, visual analysis of soil structure, syntropy.

1. INTRODUÇÃO

Brasil, Argentina, Austrália, Canadá, Nova Zelândia, Tailândia e Estados Unidos da América, juntos são responsáveis por 55% da produção mundial de alimentos (FAO, 2020). A safra brasileira de grãos 2019/2020, tem produção recorde estimada em 257,8 milhões de toneladas (CONAB, 2020) do total de produtos exportados pelo Brasil, 43,2% são produtos agropecuários (MAPA, 2020). Portanto, a agricultura brasileira além de contribuir para suprir as necessidades alimentares da população mundial, tem significativo peso na economia do país, contribuindo para o equilíbrio da balança comercial.

Por outro lado, impor aos ecossistemas naturais sistemas com preparo convencional do solo, geralmente baseada em monocultivo, altera o equilíbrio natural do solo (SILVA et al., 2011) pelo revolvimento e degradação da sua estrutura (RÜCKNAGEL et al., 2017). Deste modo, o tráfego intensivo de máquinas, sobretudo em condições de elevada umidade e a sobrecarga de animais prejudicam as propriedades físicas do solo e o meio ambiente (AN et al., 2015; CHERUBIN et al., 2019).

Algumas práticas podem minimizar tais problemas, como o planejamento das atividades que ofereçam risco de compactação para momentos de menor umidade do solo (SEVERIANO et al., 2011b). Técnicas como o sistema de plantio direto que

mantêm os resíduos culturais sobre o solo, com semeadura efetuada diretamente sobre a palha, e realização de rotação e/ou consorciação de culturas, podem minimizar este efeito, pois fornecem maior incremento de matéria orgânica podendo até aumentar a estabilidade do solo contra cargas mecânicas (RÜCKNAGEL et al., 2017). A implantação de sistemas integrados de produção como lavoura-pecuária-floresta que promovem a diversificação das atividades, produzindo na mesma área grãos, gado e floresta, contribuem para a melhoria das propriedades físicas do solo e recuperação de pastagens degradadas (BORGES et al., 2019), também se revela como uma alternativa viável.

De modo geral, produzir alimentos em larga escala com os menores prejuízos ambientais possíveis, é um dos grandes desafios atuais da agricultura mundial (MUCHANE et al., 2020). Neste sentido, os sistemas agroflorestais (SAFs) têm revelado grande potencial, pois promove a produção de alimento de maneira sustentável, contribuindo para prestação de serviços ecossistêmicos, como sequestro de carbono e aumento da taxa de infiltração de água no solo, e consequente redução do escoamento superficial e da erosão (FELICIANO et al., 2018; MUCHANE et al., 2020). Os SAFs possuem características que os assemelham a ecossistemas naturais (e.g., copa multiestratada e enraizamento profundo), os quais, minimizam desequilíbrios provocados pela imposição de sistemas agrícolas (SILVA et al., 2011).

As árvores servem de barreira física à erosão do solo e fornecem insumos orgânicos para a cobertura do solo, e para a região subsuperficial (renovação das raízes), que, aliado ao uso do o plantio reduzido/direto, favorece a atividade biológica, fundamental para estabilidade estrutural do solo. Deste modo, os SAFs tornam o uso de fertilizantes, pesticidas e outros produtos químicos cada vez mais racional, reduzindo possíveis impactos ambientais (MUCHANE et al., 2020)

A agrofloresta sucessional biodiversa (MICCOLIS et al., 2017) ou agricultura sintrópica, ganhou bastante visibilidade nos últimos anos (ANDRADE et al., 2020). Este termo advém dos radicais “sin” relativo à convergência, união e “tropos” à tendência, direção. Trata-se de um princípio contrário ao da entropia, que visa a desordem e simplificação do sistema (PASINI, 2017). A sintropia possui a premissa de traduzir as dinâmicas naturais em práticas agrícolas, em que se valorizam os processos e não os insumos. O manejo da poda e a sucessão de espécies ganham destaque no planejamento e condução destes sistemas (MICCOLIS et al., 2017). Assim, é

implantada alta diversidade de espécies considerando o ciclo de vida e a estratificação (altura que a espécie pode ocupar), ou seja, o momento e o espaço que ocuparão quando se tornarem produtivas (ANDRADE et al., 2020). Quando um estrato superior interfere no desenvolvimento dos inferiores, o agricultor deve interferir com o manejo da poda, que além de favorecer a fotossíntese pelo aumento da incidência de luz solar, promove a renovação constante do sistema, pois retarda a fase de senescência das plantas (VIEIRA et al., 2009).

A alta biodiversidade de sistemas planejados de acordo com a lógica da sucessão natural, pode reduzir os custos de produção, principalmente com insumos; e aumentar a autonomia dos agricultores, especialmente familiares (MICCOLIS et al., 2017). Desde que o arranjo agroflorestal seja planejado, considerando interação ecológica e aceitação no mercado, a sintropia pode aumentar a renda do produtor com receitas superiores aos custos ao longo do tempo (MARTINELLI et al., 2019).

Por se tratar de uma técnica ainda emergente no Brasil, a agricultura sintrópica ainda é carente de assistência técnica, e embora seja relativamente barata, necessita de investimento inicial em: quantidade e diversidade de sementes e mudas, máquinas adaptadas, e mão de obra, os quais muitas vezes são barreiras para a produção em larga escala (ANDRADE et al., 2020). Por outro lado, o novo código florestal prevê a obrigatoriedade de restauração das áreas degradadas, que pode ser feita a partir de consórcios entre espécies nativas e de interesse agrícola (MICCOLIS et al., 2017). Com a sintropia é possível obter renda e ao mesmo tempo garantir as funções ecológicas, sendo boa alternativa para produtores rurais compensarem os custos com a implantação deste sistema (MARTINELLI et al., 2019).

A textura de um solo influencia em sua suscetibilidade à compactação. Solos arenosos, são caracterizados por sua baixa disponibilidade de nutrientes, desagregação e elevado volume de macroporos (SALES et al., 2010; DE CARVALHO et al., 2015). Tais características conferem a este, uma elevada suscetibilidade à erosão e baixa retenção de água (GUIMARÃES et al., 2017). Conforme a atividade agrícola ganha escala, a demanda pela automatização das atividades faz com que as máquinas se tornem cada vez maiores e mais potentes, conseqüentemente há aumento da pressão exercida sobre o solo, e o problema é intensificado quando o tráfego ocorre em condições de solo úmido, ocasionando a redução da macroporosidade e aumento da compactação do solo (SEVERIANO et al., 2011b). O pisoteio animal também pode

compactar o solo, pois o contato do casco do animal com o solo, promove rearranjo das partículas sólidas (COLLARES et al., 2011), isto ocorre quando a capacidade de carga do solo é superada, promovendo a degradação de sua estrutura (CHERUBIN et al., 2019). Assim, sistemas com elevada cobertura são fundamentais para sustentabilidade das atividades agrícolas (SALES et al., 2010), e sistemas mais diversificados podem melhorar as condições do solo para o desenvolvimento das culturas (DE CARVALHO et al., 2015).

Qualidade do solo, da água e do ar, são os três componentes da chamada qualidade ambiental, em sistemas naturais, a qualidade do solo promove a produtividade biológica, saúde das plantas e dos animais, garantindo a conservação da biodiversidade, enquanto em agrossistemas garante altas produtividades (BÜNEMANN et al., 2018). A qualidade do solo, também está diretamente relacionada com sua estrutura, que é o arranjo das partículas sólidas, o modo como estas se acomodam forma um espaço poroso que regula uma série de processos físico-hídricos, e pode ser determinada por meio de análise das propriedades físicas (RABOT et al., 2018). Assim, a preocupação em relação a degradação do solo ocorre em escala global, principalmente em função da compactação (redução do espaço poroso do solo pelo rearranjo das partículas sólidas em decorrência da aplicação de pressão) (REICHERT et al., 2018). Portanto, garantir um solo com boa qualidade estrutural é um ponto chave para a conservação dos recursos naturais, além de contribuir para o desenvolvimento e produtividade das culturas.

A qualidade física do solo pode ser avaliada analiticamente por uma série de análises, tais como: densidade do solo (Ds), porosidade total (PT), macroporosidade (MA), microporosidade (MI), ensaio de compressibilidade uniaxial, resistência à penetração (RP), distribuição de poros por tamanho (DPT), entre outras; as quais os resultados não podem ser fornecidos diretamente no campo.

A Ds é uma das medidas mais utilizadas para avaliar a qualidade física do solo, pois visa apontar o volume total do solo (volume de sólidos mais volume de poros), portanto, a porosidade do solo é derivada da densidade do solo sendo possível determiná-la desde que se conheça a densidade de partículas que se refere às partículas sólidas do solo (RABOT et al., 2018). O espaço poroso pode ser dividido em duas classes os macroporos e os microporos. Solos arenosos são conhecidos por possuírem elevada MA e reduzida MI, e conseqüentemente, baixa retenção de água (DE CARVALHO et al., 2015).

Os macroporos ou poros estruturais (com tamanho superior a 50 μm) são responsáveis pela infiltração de água no solo, sendo fundamentais para a recarga das reservas subterrâneas e respiração radicular. Quando o solo sofre algum tipo de pressão, são os primeiros a sofrer a redução do seu diâmetro (SEVERIANO et al., 2011a). Os microporos ou poros texturais (com tamanho inferior a 50 μm) são responsáveis pela retenção de água, e as plantas buscam este recurso sempre que necessário. Uma baixa quantidade dessa classe de poros não é capaz de garantir o adequado suprimento hídrico às plantas, sendo o ideal próximo de dois terços do espaço poroso (SEVERIANO et al., 2011a). Porém, elevado nível de compactação promove a diminuição da infiltração de água no solo, aumento da erosão hídrica por escoamento superficial, menor suprimento de água e oxigênio às plantas pela reduzida macroporosidade (SEVERIANO et al., 2011a).

O ensaio de compressibilidade uniaxial estima a suscetibilidade do solo à compactação (RÜCKNAGEL et al., 2017). Através da relação entre a pressão aplicada e a densidade do solo, gera-se a curva de compressão do solo e esta possui duas regiões, a curva de compressão secundária, cujas deformações sofridas são elásticas e, portanto recuperáveis; e a curva de compressão virgem cujas deformações são plásticas e não recuperáveis (DIAS JUNIOR, 1994). As duas regiões são divididas pela pressão de pré-consolidação, que é a pressão máxima que o solo é capaz de suportar sem que ocorra a compactação adicional e quando a pressão de pré-consolidação é superada a curva de compressão virgem fica menos pronunciada (REICHERT et al., 2018).

A resistência do solo à penetração pode limitar o desenvolvimento das raízes, quando alcança valores $> 2,0$ MPa (CARVALHO et al., 2015). Isto normalmente ocorre quando o solo está compactado, pois quanto maior a densidade do solo, maior sua resistência à penetração, limitando o acesso da planta a recursos fundamentais para o seu desenvolvimento (COLOMBI et al., 2018). De modo geral, uma boa estrutura do solo está relacionada com baixa densidade e resistência à penetração (RABOT et al., 2018).

A DPT determina o volume de poros de acordo com o seu diâmetro, sendo eles > 145 , $145-73$, $75-50$, $50-9$, $9-2,9$ e $< 2,9$ μm (SILVA et al., 2014). A estrutura do solo é constituída por um complexo arranjo de poros com diferentes tamanhos e, portanto, a partir da determinação desta propriedade é possível verificar se o manejo tem sido benéfico ou prejudicial (PELAK e PORPORATO, 2019). Os poros, a depender da

classe, são responsáveis por funções como trocas gasosas, disponibilidade de água e crescimento das plantas (JENSEN et al., 2020), portanto a alteração de sua distribuição causam prejuízos à sustentabilidade não apenas ambiental, mas das atividades agrícolas.

Diante da demanda por uma ferramenta de fácil acesso, baixo custo e com fornecimento rápido de diagnóstico, a análise visual da estrutura do solo (VESS) tem auxiliado produtores rurais, pesquisadores e estudantes na tomada de decisão, pois fornecem resultados imediatos ainda em campo de forma rápida e com baixo custo (BALL et al., 2007). Todos os parâmetros físicos citados acima demandam procedimentos e análises laboratoriais específicas, que demandam maior tempo e custo para sua determinação. Por outro lado, a avaliação visual da estrutura do solo, do inglês VESS (*Visual Evaluation of Soil Structure*), método desenvolvido por Ball et al. (2007) e melhorado por Guimarães et al. (2011) baseado na escala do teste de Peerlkamp. Inicialmente desenvolvido para solos de clima temperado, o VESS tem sido utilizado com sucesso em solos tropicais e subtropicais, demonstrando sensibilidade para identificar alterações na qualidade do solo sob diferentes usos e texturas (CHERUBIN et al., 2017). A análise visual da estrutura do solo pode complementar as análises laboratoriais, auxiliando pesquisadores e profissionais sobre os pontos mais relevantes a realizar análises mais detalhadas, ou ainda guiar produtores rurais em tomadas de decisão em situações que não dispuser de tempo ou recurso financeiro para as análises de laboratório (GUIMARÃES et al., 2011).

A análise consiste na retirada de um bloco de solo com aproximadamente 0,2 m de profundidade, que é manipulada de modo que fiquem aparentes as camadas com diferentes estruturas, estas são pontuadas de acordo com uma nota visual (BALL et al., 2007; GUIMARÃES et al., 2011). Embora a análise seja relativamente simples, exige certo treinamento para quebrar a bloco corretamente (GUIMARÃES, et al., 2011). O treinamento é rápido e efetivo (BALL et al., 2017). Considerando que as alterações na estrutura do solo pelo uso ocorrem principalmente em superfície (CHERUBIN et al., 2017), o método VESS se revela promissor para analisar as mudanças ocorridas na estrutura do solo promovidas pelo uso.

Frente ao exposto, o uso inadequado do solo promove a degradação de sua estrutura, prejudicando o meio ambiente e a produtividade de áreas agrícolas. Assim, sistemas alternativos de produção nos quais há diversificação de espécies, e constante

incremento de matéria orgânica se revelam promissores em favorecer a qualidade física do solo.

Deste modo, no presente trabalho, avaliou-se diferentes sistemas de uso do solo, através do método VESS por avaliadores com diferentes níveis de conhecimento da técnica. Para tanto, correlacionou-se os resultados do VESS com os atributos determinados em laboratório.

2. OBJETIVOS

2.2. Geral

Investigar e comparar a qualidade física do solo em diferentes sistemas de uso do solo (mata semidecidual, pastagem degradada, plantio convencional e sistema agroflorestal sintrópico), por meio do método VESS, executado por diferentes avaliadores (agricultor, estudante e pesquisador) e análises laboratoriais.

2.3 Específicos

- Diferenciar os sistemas de uso do solo através de análises laboratoriais;
- Investigar a influência do sistema agroflorestal sintrópico na qualidade física do solo;
- Investigar se o método VESS, pode ser adequadamente aplicada por avaliadores com diferentes níveis de conhecimento sobre a técnica;
- Correlacionar análises laboratoriais com o método VESS.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Descrição da área de estudo

O presente estudo foi realizado no Sítio Folha, que está localizado no município de Aparecida do Rio Doce, na mesorregião sul do estado de Goiás, na Região Centro-Oeste do Brasil (18°19'43'' S; 51°43'96'' O; Figura 1), a 600 m de altitude do nível do mar. O clima é o tropical Aw, conforme classificação de Köppen e Geiger, com precipitação anual média de 1550 mm e temperatura média de 24°C. O solo foi classificado como Latossolo Vermelho Distrófico típico, textura franco argilo arenosa (EMBRAPA, 2018), contendo 242, 636 e 122 g kg⁻¹ de argila, areia e silte, respectivamente. No Sítio Folha encontram diferentes usos do solo: mata semidecidual, pastagem degradada, plantio convencional e sistema agroflorestal sintrópico (Figura 1).

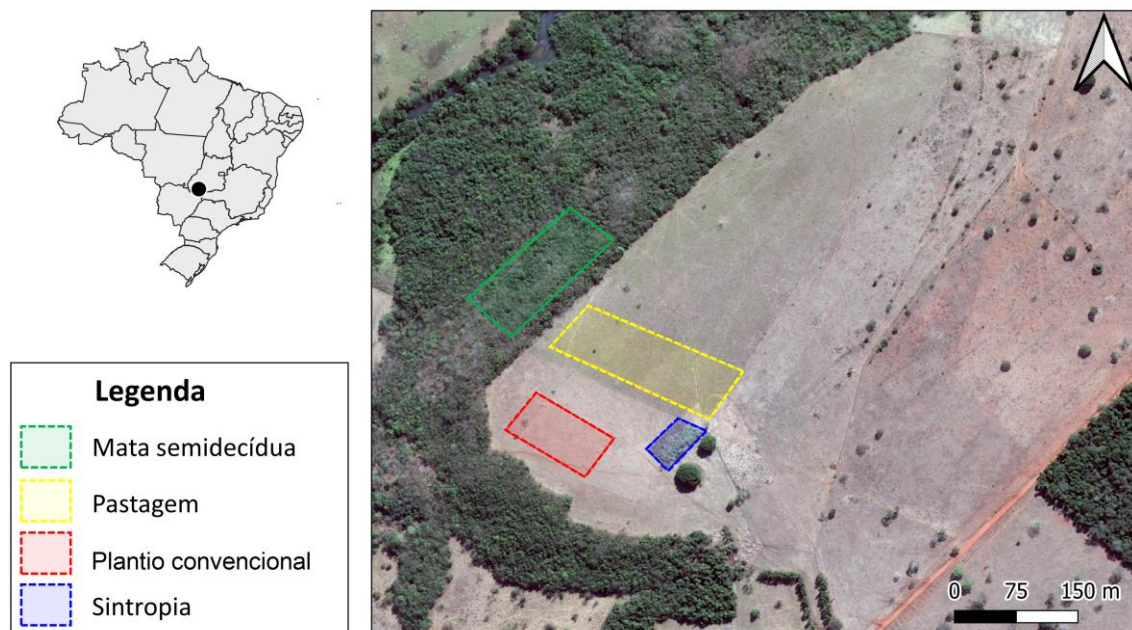


Figura 1 - Localização do Sítio Folha no município de Aparecida do Rio Doce, sul do estado de Goiás, no Brasil central.

3.2. Sistemas de uso do solo

Neste local, foram avaliados os seguintes sistemas de uso do solo (Figura 1): (a) mata semidecidual, (b) sistema agroflorestal sintrópico (c) plantio convencional e (d) pastagem degradada (Figura 2). O sistema agroflorestal sintrópico implantado em 2016, e o plantio convencional no ano de 2017, em local anteriormente ocupado por pastagem de capim-braquiária, por mais de 20 anos.

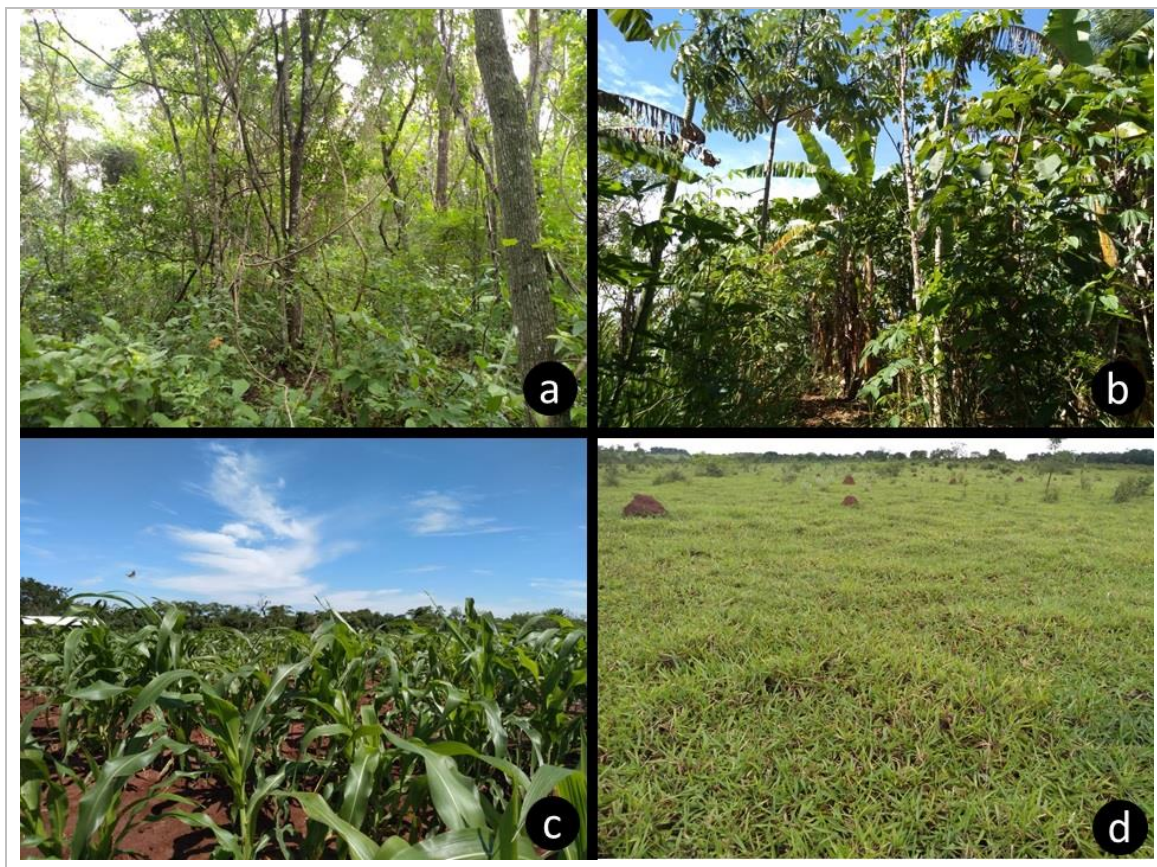


Figura 2 – Representação dos sistemas de uso do solo investigado no Sítio Folha, Aparecida do Rio Doce, sul de Goiás. (a) mata semidecidual, (b) sistema agroflorestal sintrópico, (c) plantio convencional, (d) pastagem degradada.

O sistema agroflorestal sintrópico foi implantado em setembro de 2016, em uma área de 630 m², quando a pastagem foi incorporada ao solo por meio de gradagem, seguida da aplicação de cinza de madeira seca. Assim, as espécies de leguminosas foram escolhidas por possuírem características fisiológicas menos exigentes, com sistema radicular agressivo e por serem adubação verde. Em outubro de 2016 foi realizado o plantio de mandioca (*Manihot* spp.) no espaçamento de 1 m entre as plantas e 1,5 m entre as linhas, distribuídas 35 manivas por linha, em doze linhas. Em seguida, foram inseridas uma ou duas sementes de jatobá (*Hymenaea* sp.) junto à maniva da mandioca, em espaçamentos de 6 m entre plantas e 4,5 m entre as linhas, distribuídos em seis jatobás/linha, em quatro linhas. Em seguida foram inseridas espécies de crescimento rápido, em espaçamentos aleatórios, como mamona (*Ricinus communis*), gergelim preto crioulo (*Sesamum indicum*), para serem posteriormente utilizadas como adubação verde. Desde a implantação até o dia 13 de dezembro de 2019 (data de

realização do VESS, e coleta de solo para análises de laboratório) foram plantadas mais de 80 espécies de plantas.

Quanto ao manejo, não foi utilizado nenhum tipo de herbicida ou pesticida, a capina foi realizada à medida que a braquiária, capim-jaraguá, ou outras ervas nativas se tornavam indesejáveis. Uma pequena quantidade de adubo químico foi aplicada nas bananeiras em 2018, e algumas aplicações esporádicas de EM (*Effective Microorganisms*) foram realizadas na área. Os EM estimulam a atividade biológica e podem influenciar na decomposição de matéria orgânica e ciclagem de nutrientes (FAN et al., 2016). Desde a implantação foi introduzida irrigação por gotejamento nos períodos de seca, entre abril e setembro. Em 2019, devido aos sistemas radiculares se encontrarem mais estabelecidos, e a área mais sombreada, os agricultores julgaram não ser mais necessário a irrigação.

Em 2017, a cerca de um ano após a implantação da sintropia, 4000 m² de pastagem foram convertidos em lavoura de milho (*Zea mays*), com espaçamento de 0,25 m entre plantas e 0,50 m entre linhas. Desde então, a cada plantio foram realizadas gradagens (três vezes) visando a incorporação de sementes de plantas espontâneas, também foram aplicados 30 kg de cal virgem a lanço, e a semeadura foi realizada sem adubação, aplicando-se ureia (450 g kg⁻¹ de N) aos 15, 30 e 60 dias após a semeadura do milho.

A forragem da área de pastagem consistiu de um misto de braquiária (*Brachiaria decumbens*) e grama boiadeira ou batatais (*Paspalum notatum*), com uma carga animal contínua de cerca de 1,4 U.A. ha⁻¹, e cada unidade animal (U.A.) equivale a um animal de 450kg, com gado de leite genérico, por mais de 20 anos. Este sistema de uso do solo possuía ausência de manejo da planta forrageira e indícios de degradação da pastagem, como plantas daninhas e cupinzeiros.

A área de mata semidecidual já se encontrava no local quando os agricultores assumiram a área, esta foi cercada impedindo a entrada de bovinos pelos últimos 10 anos, sendo este o sistema de uso do solo considerado o controle.

3.3. Análise visual da estrutura do solo

Para avaliar o efeito do uso sobre a qualidade do solo na área de estudo, foi realizada a análise visual da estrutura do solo - VESS (BALL et al., 2007; GUIMARÃES et al., 2011). Foram extraídos um bloco de solo por avaliador, em 6

pontos por sistema de uso do solo, totalizando 24 pontos, e 72 amostras. Os avaliadores possuíam diferentes níveis de conhecimento sobre método VESS, sendo: um pesquisador, da área de física e manejo do solo; um estudante de pós-graduação na área de solos; e um casal de agricultores com a percepção prática, ambos com nível superior, um licenciado em ciências biológicas e mestrado em agronomia (melhoramento genético de plantas), e o outro licenciado em geografia. Os agricultores não haviam tido contato com a técnica até o momento da avaliação, entretanto, são adeptos de processos de produção agroecológicos que favorecem a saúde do solo.

As amostras possuíam a cerca de 0,2 m de profundidade por 0,1 m de espessura, foram extraídas com o auxílio de uma pá reta de corte, e depositadas em bandeja branca de plástico. O bloco foi pressionado pelos avaliadores com as duas mãos em sentidos opostos a partir das laterais, de forma a evidenciar possíveis diferenças estruturais (Figura 3). Após a identificação das camadas de solo com diferentes estruturas, estas foram pontuadas individualmente, de acordo com escala própria do método (Figura 4), que também possui chaves visuais (fotos) referentes a cada nota. A escala vai de 1 até 5, e as notas “1” até “2,9” indicam boa qualidade e, portanto, sem a necessidade de manejo; notas entre “3” e “3,9” apontam solo com qualidade intermediária, com a necessidade de manejo preventivo da degradação do solo; e, por fim, as notas a partir de “4” são atribuídas ao solo que se encontra degradado e medidas urgentes precisam ser tomadas (BALL et al., 2017).

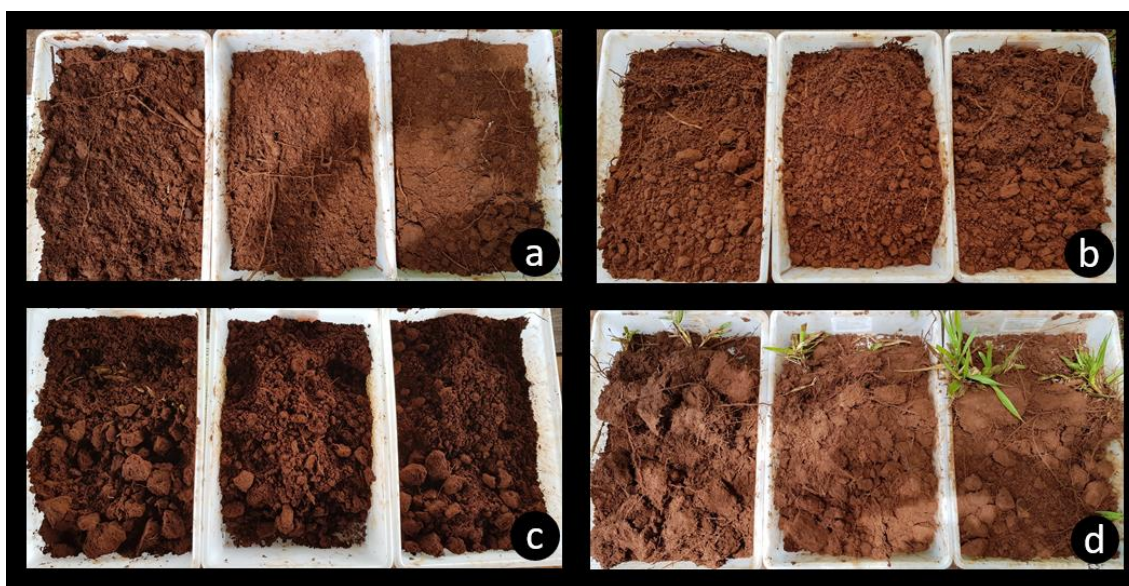


Figura 3 - Amostras VESS após o manuseio. (a) mata semidecidual, (b) sistema agroflorestral sintrópico, (c) plantio convencional, (d) pastagem degradada.





















Qualidade Estrutural	Tamanho e aparência dos agregados	Porosidade visível e raízes	Aparência depois do manuseio: vários solos	Aparência depois do manuseio: mesmo solo diferentes manejos	Característica distintiva	Aparência e descrição de agregados naturais ou fragmento reduzido de ~ 1,5 cm de diâmetro	0 1 2 3 4 5 10 15 20 25 cm
Qe1 Friável Agregados quebram facilmente com os dedos	Maioria < 6 mm após a quebra	Alta porosidade Raízes por todo solo			 Agregados pequenos	 A ação de quebrar o bloco é suficiente para revelá-los. Agregados grandes são compostos por agregados menores, presos pelas raízes.	
Qe2 Intacto Agregados quebram facilmente com uma mão	Uma mistura de agregados porosos e redondos entre 2 mm – 7 cm Sem presença de torrões	Maioria dos agregados são porosos Raízes por todo solo			 Agregados altamente porosos	 Agregados quando obtidos são redondos, muito frágeis, despedaçam muito facilmente e são altamente porosos.	
Qe3 Firme Maioria dos agregados quebram com uma mão	Uma mistura de agregados porosos entre 2mm -10 cm; menos de 30% são <1 cm. Alguns torrões angulares não porosos podem estar presentes	Macroporos e fissuras presentes Porosidade e raízes: ambas dentro dos agregados			 Agregados com baixa porosidade	 Fragmentos de agregados são razoavelmente fáceis de serem obtidos. Apresentam poucos poros e são arredondados. Raízes geralmente crescem através dos agregados.	
Qe4 Compacto Quebrar agregados com uma mão requer esforço considerável	Maioria > 10 cm e são sub-angulares não porosos; possibilidade de horizontalização; menos que 30% são <7 cm	Poucos macroporos e fissuras Raízes agrupadas em macroporos e ao redor dos agregados			 Macroporos bem distintos	 Fragmentos de agregados são fáceis de serem obtidos quando o solo está úmido, em forma de cubo muito angulosos e pontudos e apresentam fissuras internamente.	
Qe5 Muito compacto Difícil quebra	Maioria são maiores que > 10 cm, muito poucos < 7 cm, angular e não poroso	Porosidade muito baixa. Macroporos podem estar presentes. Pode conter zonas anaeróbicas Poucas raízes e restritas a fissuras			 Cor azul-acizentada	 Fragmentos de agregados são fáceis de serem obtidos quando o solo está úmido, no entanto, considerável força é necessária. Geralmente não apresentam poros ou fissuras.	

Figura 4 – Chaves visuais acompanhadas da descrição das notas VESS, desenvolvidas por Ball et al. (2007) e melhorado por Guimarães et al. (2011).

3.4. Análises laboratoriais

Simultaneamente às análises visuais realizadas em campo, foram coletadas amostras indeformadas com o auxílio de amostrador de “Uhlend” em anéis metálicos de 0,064 m de diâmetro por 0,025 m de altura, nas camadas de 0-0,05; 0,05-0,10; 0,10-0,15 e 0,15-0,20 m, para cada um dos 24 pontos, totalizando 96 amostras. Estas foram revestidas por filme PVC e levadas para o laboratório, e foram imediatamente preparadas.

Para caracterizar o solo, foram determinadas a densidade de partículas (D_p), pelo método do balão volumétrico, e a textura pelo método da pipeta, através de amostras deformadas (EMBRAPA, 2017).

Do total de amostras indeformadas, 48 foram saturadas com água destilada via capilaridade por 48 horas e, em seguida submetidas às tensões de 2, 4 e 6 kPa através de funis de placa porosa, 33 kPa na mesa de tensão automatizada e 1500 kPa no extrator de

Richards, com amostras deformadas, para determinação da DPT. Por fim, todas foram secas em estufa a 105°C por 48 horas, e assim pôde-se determinar a Ds, a PT e a DPT.

A Ds foi determinada pelo método do anel volumétrico (EMBRAPA, 2017), e calculada conforme equação 1:

$$D_s = m_a/V \quad \text{Eq. (1)}$$

Em que, Ds é a densidade do solo, em kg dm⁻³; m_a a massa da amostra de solo seco; e V o volume do cilindro.

A PT foi determinada pelo método indireto (EMBRAPA, 2017), equação 2:

$$PT = [(D_p - D_s)/D_p] \quad \text{Eq. (2)}$$

Em que PT é a porosidade total do solo, em dm³ dm⁻³; D_p a densidade de partículas sólidas do solo, em kg dm⁻³; D_s é a densidade do solo, em kg dm⁻³.

Calculou-se a MI a partir da equação 3 (EMBRAPA, 2017):

$$MI = (a-b)/c \quad \text{Eq. (3)}$$

Em que MI representa a microporosidade, em dm³ dm⁻³; “a” é a massa do conjunto amostra e cilindro após equilíbrio a um potencial de 6 kPa; “b” massa do solo seco a 105°C, em g; “c” volume total da amostra (volume do cilindro).

Já a MA foi obtida subtraindo-se a MI da PT (EMBRAPA, 2017), conforme equação 4:

$$MA = (PT - MI) \quad \text{Eq (4)}$$

A distribuição de poros por tamanho se baseou na equação 5, proposta por Bouma (1991):

$$D = 4 \sigma \cos\theta/\psi_m \quad \text{Eq. (5)}$$

Sendo D o diâmetro do poro (mm); σ a tensão superficial da água (73,43 kPa μm a 20°C); θ o ângulo de contato entre o menisco e a parede do tubo capilar (considerado como 0); e ψ_m a tensão de água no solo (kPa).

Para que seja possível a comparação entre os sistemas de uso do solo, no que tange à resistência à penetração, é necessária a padronização da umidade, pois quanto maior teor de água no solo, menor a resistência oferecida pela sua matriz à penetração de raízes. Neste trabalho, a umidade do solo no dia da amostragem estava bem próxima da tensão de 6 kPa (Tabela 1), considerada como a capacidade de campo para solos de Cerrado (MELLO et al., 2002). Embora a literatura recomende a realização do ensaio de resistência à penetração na capacidade de campo, há trabalhos que defendam que menores umidades ofereçam maiores distinções entre manejos, apontando para a

necessidade de maiores estudos (PEIXOTO et al., 2019). A tabela 1 apresenta a umidade gravimétrica do solo, no momento da amostragem e após o equilíbrio ao potencial de 6 kPa.

Tabela 1 – Umidade gravimétrica de acordo com os respectivos usos, no dia da amostragem e após equilíbrio ao potencial de 6 kPa.

Uso	Convencional	Mata	Pastagem	Sintropia
Ug Amostragem	0,22	0,28	0,18	0,18
Ug 6 kPa	0,23	0,29	0,21	0,19

As demais 48 amostras indeformadas tiveram a umidade do solo corrigida para quando da avaliação visual e amostragem, sendo deixadas por 24 h em dessecador para a redistribuição de água nas amostras. Em seguida, realizou-se o ensaio de penetrometria, utilizando um penetrômetro de bancada MARCONI-MA 933, na velocidade de $0,01 \text{ m min}^{-1}$.

Posteriormente, as amostras já perfuradas foram imediatamente submetidas ao ensaio de compressibilidade uniaxial, utilizando um consolidômetro pneumático Terraload S-450 (Durham Geo Enterprises, USA). Foram aplicadas as pressões de 25, 50, 100, 200, 400, 800 e 1600 kPa, sucessivamente, até obter 90% da deformação máxima, sem efetuar o descarregamento das pressões anteriores. Através do ensaio de compressão uniaxial foi possível gerar a curva de compressão do solo, que relaciona a pressão aplicada e a densidade do solo (EMBRAPA, 2017).

3.5. Análises estatísticas

Primeiramente, foram testados os pressupostos de normalidade e homogeneidade dos dados, pelos testes de Shapiro Wilk – função *shapiro.test* e Levene – função *levneTest*, respectivamente. Posteriormente, foi utilizada uma análise de variância fatorial – função *aov(var.resposta~var.expl1*var.expl2)* para investigar as diferenças na nota de VESS (variável resposta) em função do sistema de uso do solo (variável explicativa1), interagindo com o tipo de avaliador (variável explicativa2).

Para investigar o efeito dos sistemas de uso do solo (plantio convencional, mata semidecidual, pastagem degradada e sistema agroflorestal sintrópico) sobre a Ds, compressibilidade, RP e porosidade do solo, primeiramente usou a distância euclidiana para padronizar a magnitude dos valores: função *decostand* (critério “euclidean”), então

foram ordenadas as amostras de cada sistema de uso do solo em uma matriz de distância, por meio da Análise de Componentes Principais – PCA: função *prcomp*. Adicionalmente, usou-se a Permanova (análise de permutação) para testar o efeito dos sistemas de uso do solo sobre a matriz de distância do PCA, especificamente, testou-se o padrão de distância dentro dos sistemas de uso do solo é menor do que o padrão entre os sistemas de uso do solo.

Para investigar a relação entre o avaliador (e.g. agricultor, estudante ou pesquisador) visual sobre a qualidade do solo, foram correlacionados os valores de VESS com o primeiro eixo PC1 da matriz de distância das medidas de Ds, RP e compressibilidade do solo, que resgatou mais de 60% de variação dos dados, por meio de modelos lineares generalizados, função *glm*. Todas as análises foram executadas pelo pacote *vegan* (Oksanen et al. 2018) no software R (R Core Team, 2019).

4. RESULTADOS

Na Figura 5 estão expostos os valores de nota da avaliação visual da estrutura do solo (VESS) para cada sistema de uso do solo avaliado, segundo a perspectiva de diferentes avaliadores. Os valores da nota de VESS das amostras de solo variaram de 1,0 a 4,0. Houve diferença significativa nas notas de VESS das amostras de solo, considerando os diferentes sistemas de uso do solo ($F = 60,243$; $p < 0,001$) e os diferentes avaliadores ($F = 16,298$; $p < 0,001$), no entanto, não houve interação significativa entre estes dois fatores ($F = 1,292$; $p = 0,275$; Figura 5).

Em média, as amostras coletadas na mata semidecidual, sistema agroflorestal sintrópico e plantio convencional apresentaram os menores valores da nota de VESS quando comparados com as amostras coletadas na pastagem, sendo o sistema de uso do solo de mata apontado como a melhor qualidade estrutural do solo, e o de pastagem com a pior.

As análises visuais realizadas pelos agricultores apresentaram maiores valores de nota quando comparados às conduzidas pela estudante e o pesquisador. Embora os resultados demonstrem que todos os avaliadores concordaram em quais sistemas de uso do solo houve a melhor e a pior qualidade estrutural do solo, os agricultores atribuíram

notas maiores, dessa forma indicando maior degradação do que nos apontamentos da estudante e do pesquisador (Figura 5).

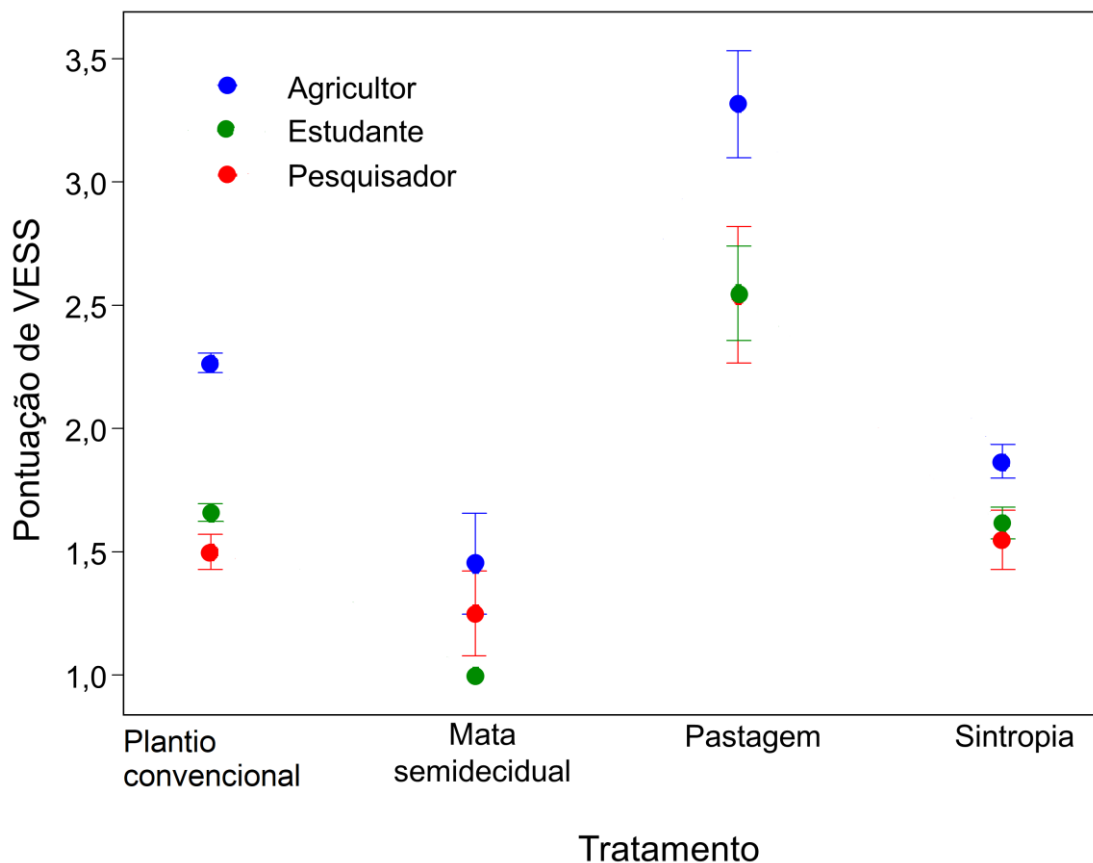


Figura 5 – Média e desvio-padrão da nota de VESS feitas nas amostras de solo coletadas em diferentes sistemas de uso do solo (plantio convencional, mata semidecidual, pastagem e sintropia) e sob a perspectiva de diferentes avaliadores (agricultor, estudante, pesquisador).

A PCA permitiu encontrar padrões na distribuição das amostras de acordo com os parâmetros físicos do solo, entre os diferentes sistemas de uso do solo (Figura 6). Os dois primeiros eixos das PCAs extraíram 89% e 69% das variações sobre a compressibilidade e porosidade do solo, respectivamente.

Para compressibilidade do solo, altos valores de densidade e resistência a penetração estiveram associados ao gradiente negativo do PC1 (eixo x), principalmente para as amostras coletadas em área de pastagem, enquanto altos valores do índice de compressão (M), tenderam para a porção positiva dos PC1 e PC2 (eixo y), associados as amostras coletadas na mata semidecidual (Figura 6A). O índice M mede a inclinação da curva de compressão virgem (RÜCKNAGEL et al., 2017), maiores inclinações da curva

de compressão virgem ocorrem em solos que não sofreram elevadas pressões no passado e, portanto, tendem a se deformar mais (OLIVEIRA et al., 2003). Houve baixa sobreposição das amostras entre os sistemas de uso do solo, deste modo, o tipo de sistema de uso do solo teve efeito significativo ($R^2 = 0,32$; $gl = 3$, $p = 0,003$) na matriz de distância baseada nos valores de compressibilidade do solo.

Altos valores de densidade estiveram associados as amostras coletadas em pastagem, enquanto altos valores de PT e poros com diâmetro de 145-73 μm e 73-50 μm (macroporos), estiveram associados a porção negativa do PC1 determinados, principalmente pelas amostras coletadas em mata semidecidual (Figura 6B). Apesar da maior sobreposição da matriz de distância nos diferentes sistemas de uso do solo, e da grande variação das amostras coletadas na sintropia para o eixo do PC2, ainda a sobreposição foi menor do que esperada ao acaso e a variação das distâncias dentro do sistema de uso do solo foi menor do que a variação entre os sistemas de uso do solo ($R^2 = 0,46$; $gl = 3$; $p = 0,001$).

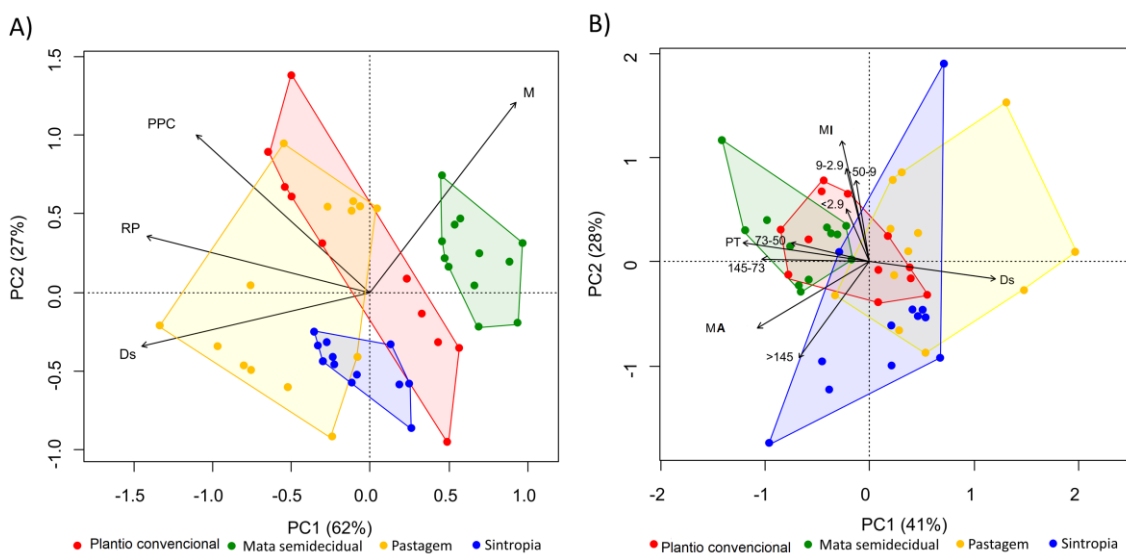


Figura 6 - Biplots das Análises de Componentes Principais (PCA) ordenando as amostras de solo de plantio convencional, mata semidecidual, pastagem e cultura sintrópica de acordo com a compressibilidade (A) e porosidade (B) no Sítio Folha, Brasil central. PPC: pressão de pré-consolidação; M: índice de compressão; RP: resistência à penetração; Ds: densidade do solo; PT: porosidade total; MA: macroporosidade; MI: microporosidade; >145, 145-73, 73-50, 50-9, 9-2,9, <2,9: referem-se ao diâmetro de cada classe de poro em dm^{-3} .

A média e desvio padrão referente a todos os atributos físicos do solo determinados em laboratório abordado na Figura 6, são apresentados na Tabela 2. De

modo geral, as amostras coletadas no sistema agroflorestal sintrópico apresentaram uma menor variação, a exemplo da mata semidecidual (Figura 6A), estes sistemas de uso do solo também não diferenciaram estatisticamente quanto à PPC e RP (Tabela 2). Valores da pastagem degradada para o índice de compressão (M) e Ds não diferenciaram significativamente aos do sistema agroflorestal sintrópico, a exemplo dos resultados de Ds para o plantio convencional.

Quanto à distribuição de poros por tamanho, o volume de poros da classe com diâmetro $>145 \mu\text{m}$, o sistema de uso do solo plantio convencional não diferenciou estatisticamente dos demais tratamentos, já a pastagem degradada foi significativamente inferior à mata semidecidual e ao sistema agroflorestal sintrópico, em que os dois últimos não diferenciaram estatisticamente.

Para poros da classe com diâmetro $145-73 \mu\text{m}$, o volume de poros do sistema de uso do solo pastagem degradada foi significativamente inferior aos sistemas de uso do solo plantio convencional e mata semidecidual e, estes não diferenciaram significativamente.

Não houve diferença significativa nas classes com diâmetro $< 50 \mu\text{m}$ independentemente de sistema de uso do solo. Exceto para poros com diâmetro $< 2,9 \mu\text{m}$, e o plantio convencional não diferenciou da pastagem degradada e do sistema agroflorestal sintrópico, e a mata semidecidual foi significativamente superior aos demais sistemas de uso do solo.

Tabela 2 – Média e desvio padrão referente aos atributos físicos do solo determinados em laboratório.

Atributo	Mata	Sintrópico	Convencional	Pastagem	F	p
MPa						
RP	$0,39 \pm 0,16$	$0,65 \pm 0,24$	$0,68 \pm 0,44$	$1,01 \pm 0,25$	9,087	$< 0,001$
kPa						
PPC	$71,69 \pm 20,70$	$75,39 \pm 18,66$	$120,21 \pm 53,42$	$123,11 \pm 42,67$	6,829	$< 0,001$
m	$0,36 \pm 0,03$	$0,26 \pm 0,02$	$0,33 \pm 0,04$	$0,26 \pm 0,07$	14,663	$< 0,001$
kg dm⁻³						
Ds	$1,05 \pm 0,10$	$1,40 \pm 0,07$	$1,34 \pm 0,10$	$1,46 \pm 0,11$	42,994	$< 0,001$
dm³ dm⁻³						
PT	$0,59 \pm 0,03$	$0,50 \pm 0,04$	$0,53 \pm 0,03$	$0,48 \pm 0,05$	18,141	$< 0,001$
MA	$0,26 \pm 0,02$	$0,24 \pm 0,06$	$0,23 \pm 0,03$	$0,18 \pm 0,06$	6,854	$< 0,001$
MI	$0,33 \pm 0,02$	$0,26 \pm 0,04$	$0,30 \pm 0,02$	$0,30 \pm 0,04$	8,488	$< 0,001$

> 145	0,16 ± 0,02	0,15 ± 0,05	0,12 ± 0,03	0,11 ± 0,04	4,956	0,004
145-73	0,07 ± 0,02	0,06 ± 0,02	0,07 ± 0,02	0,04 ± 0,02	5,709	0,002
73-50	0,03 ± 0,01	0,03 ± 0,00	0,04 ± 0,01	0,03 ± 0,01	2,969	0,041
50-9,0	0,07 ± 0,02	0,07 ± 0,02	0,09 ± 0,02	0,08 ± 0,01	2,674	0,058
9,0-2,9	0,06 ± 0,01	0,05 ± 0,02	0,06 ± 0,01	0,05 ± 0,02	1,348	0,271
< 2,9	0,19 ± 0,01	0,15 ± 0,02	0,15 ± 0,02	0,17 ± 0,03	15,326	< 0,001

RP: resistência à penetração; PPC: pressão de pré-consolidação; m: índice de compressão; PT: porosidade total; MA: macroporosidade; MI: microporosidade; >145, 145-73, 73-50, 50-9, 9-2,9, < 2,9 μm : referem-se ao diâmetro de cada classe de poro.

Na Figura 7 é apresentada a correlação entre a nota de VESS atribuída pelos diferentes avaliadores. Apenas as avaliações de VESS feitas pelos agricultores estiveram significativamente associadas ($R^2 = 0,65$; $gl = 44$; $p < 0,001$) ao primeiro eixo PC1 da matriz de distância referente a compressibilidade do solo (Figura 7). Neste cenário, os maiores valores de VESS estiveram associados ao gradiente do PC1, que reflete altos valores de densidade e resistência a penetração do solo.

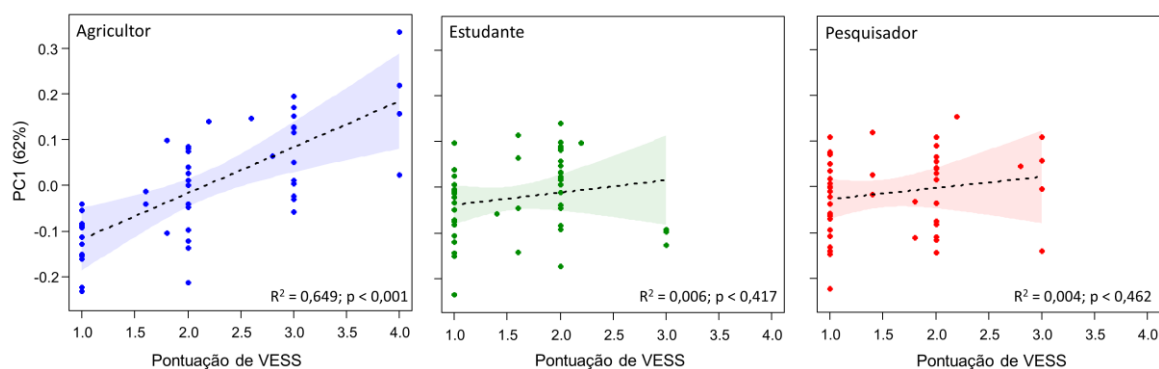


Figura 7 - Relação entre PC1 (ordenação pela distância euclidiana) dos valores de compressibilidade, resistência à penetração e densidade do solo e VESS para diferentes avaliadores.

5.DISSCUSSÃO

5.1. Diagnose visual da estrutura do solo (VESS)

Os valores de VESS, foram diferentes entre os sistemas de uso do solo, menores valores indicativos de maior qualidade nos ambientes de mata semidecidual, sistema agroflorestal sintrópico e plantio convencional; enquanto os maiores valores associados com a pior qualidade do solo foram encontrados em solos de pastagem.

Menores notas de VESS em solos sob mata, estão associadas a ausência de intervenção antrópica há pelo menos 10 anos, proporcionando elevados teores de matéria orgânica e ativação biológica do solo (FRANCO et al., 2019). Tal fato ocorre porque, a formação de estoques de carbono, e interação de diferentes organismos, característicos de solos de mata, promovem alterações positivas na estrutura do solo (CHERUBIN et al., 2017). Pode-se observar que a nota da sintropia foi a mais próxima a da mata (Figura 5). Assim, é possível que a escolha de espécies para finalidade agrícola dispostas de modo a replicar a lógica da mata, aliada ao manejo da poda, tenham contribuído para a maior qualidade física do solo, principalmente pelo incremento de matéria orgânica e estímulo da atividade biológica.

Embora o sistema agroflorestal sintrópico tenha sido o que mais se aproximou da área controle (mata semidecidual), não houve diferença significativa entre estes sistemas de uso do solo com os valores obtidos das amostras do plantio convencional. Esse padrão pode ser atribuído ao manejo do solo que é revolvido a cada plantio, conferindo maior friabilidade para sua estrutura. Ademais, a textura predominantemente arenosa (636,16 g kg⁻¹ de areia) faz com que o solo tende a receber baixas notas pelo método VESS (FRANCO et al., 2019). Isto configura uma limitação do método, pois embora as análises indiquem boa qualidade física do solo, solos arenosos possuem baixa retenção de água, e é possível que isso prejudique o desenvolvimento das plantas em condição de déficit hídrico (GUIMARÃES et al., 2017). Neste trabalho, como pode ser observado na Tabela 2, os sistemas avaliados apresentaram macroporosidade superior à desejável, e os demais atributos físicos não foram considerados restritivos, mesmo nos sistemas com pior qualidade do solo.

A pastagem apresentou as piores condições físicas do solo, por se tratar de um sistema degradado. Este fato se deve à falta de manejo da planta forrageira, desordens nutricionais do solo e ao pisoteio animal que pode compactar o solo, sobretudo quando as áreas já se encontram em estágio de degradação ou quando o agricultor não tem acesso à assistência técnica e não dispõe de recursos para recuperar suas áreas (CHERUBIN et al., 2019). Embora a média geral entre os avaliadores neste sistema seja considerada aceitável (nota de 2,8) e, em tese não demandaria mudanças no manejo do solo, os valores atribuídos pelos agricultores indicam a necessidade de medidas de recuperação (nota de 3,34). Estes valores corroboram com Guimarães et al. (2017) que ao avaliar solos arenosos na bacia Amazônica, e também encontraram os valores mais restritivos embora aceitáveis em área sob pastagem.

Ainda que os agricultores tenham atribuído notas significativamente superiores às atribuídas pela estudante e pelo pesquisador, indicando pior qualidade do solo, todos os avaliadores concordaram quanto os que seriam os sistemas de uso do solo com a pior ou melhor qualidade do solo. Destaca-se o fato de que os agricultores em questão são adeptos de práticas agroecológicas e, portanto, possuem tendência aplicar técnicas que favoreçam a saúde do solo. Isto explicaria o fato de os agricultores concordarem quando a gradação de qualidade entre os tratamentos, entretanto para tratamentos como a pastagem enquanto pesquisador e estudante apontam para a boa qualidade do solo, os agricultores para uma qualidade intermediária. Desta forma, a experiência prévia para

execução método VESS pode ser importante (Giarola et al.,2009; Guimarães et al., 2011; Cherubin et al., 2017).

Cherubin et al., (2019) encontraram resultados semelhantes utilizando o método VESS, mas para solos da Amazônia colombiana, e concluíram que a conversão de mata nativa para pastagem, promovia a degradação da estrutura do solo. Em contrapartida, a conversão de pastagem para sistemas agroflorestais diversificados promoveu a melhoria da estrutura do solo. Desta forma, o sistema agroflorestal sintrópico é uma promissora alternativa para a recuperação de áreas degradadas, visto que as análises visuais apontaram resultados mais próximos da mata semidecidual, e mais distantes da pastagem degradada (uso anterior da área). O método VESS permitiu classificar satisfatoriamente a estrutura do solo quanto a qualidade para diferentes sistemas de uso do solo.

O solo avaliado possui elevado teor de areia. Solos com esta característica são considerados, de modo geral, extremamente frágeis pela baixa agregação (SALES et al., 2010), elevada MA e características químicas que não são capazes de sustentar a produção agrícola economicamente viável para culturas com maior exigência nutricional, demandando, portanto, de maiores cuidados com o manejo (CARVALHO et al., 2015). Assim, mesmo que as análises visuais indiquem qualidade estrutural satisfatória, faz-se necessário avaliar a sua estrutura do solo com base em resultados analíticos, a fim de elucidar o conflito entre os avaliadores bem como o estágio de degradação física do solo, uma vez que possuem elevada suscetibilidade à erosão, baixa retenção de água e serem quimicamente pobres, associado com a intensa precipitação pluviométrica concentrada em seis meses do ano. Alguns indicadores de qualidade física do solo que são influenciadas pela textura do solo, como a porosidade, densidade (SALES et al., 2010) e a capacidade de suporte de carga (SEVERIANO et al., 2011a). Diante das limitações deste tipo de solo a sua tendência é de possuir resultados quantitativos com pequenas amplitudes equivalentes com as alterações estruturais em relação à área de referência (mata semidecidual) significativas.

Para melhorar os atributos físicos de solos arenosos, recomenda-se grandes aportes de matéria orgânica (SALES et al., 2010) e, assim os sistemas mais intensivos e diversificados contribuem positivamente para tais melhorias (CARVALHO et al., 2015). Os resultados analíticos seguem a mesma tendência, em que o sistema agroflorestal sintrópico (mais diversificado) foi o sistema de uso do solo mais próximo à

mata semidecidual (referência), enquanto a pastagem degradada apresentou a pior qualidade estrutural do solo, corroborando com os resultados obtidos por Carvalho et al. (2015) e Guimarães et al. (2017).

5.2. Diagnose analítica

Ao analisar a Figura 6A, é possível observar que os maiores valores de Ds, RP e PPC foram encontrados no sistema de uso do solo pastagem degradada (pior qualidade), enquanto os maiores valores de M foram encontrados no sistema de uso do solo mata semidecidual (melhor qualidade). Altos valores de Ds, RP e PPC, normalmente estão associados à compactação do solo (SEVERIANO et al., 2011a, 2011b), e de M a ausência de compactação (OLIVEIRA et al., 2003). A maior distribuição das amostras para o plantio convencional, representada na figura 6A, é indicativo de que parte das amostras compartilham de características relacionadas com as áreas com pior qualidade do solo, e parte com melhor qualidade. Assim como, a menor variação da distribuição das amostras coletadas na mata semidecidual e no sistema agroflorestal sintrópico, é indicativo de estabilização da estrutura do solo. E, a baixa sobreposição entre os sistemas de uso do solo evidencia o comportamento distinto destes (Figura 6A).

Sendo a RP como indicativo do acesso das raízes aos recursos hídricos e nutrientes disponíveis no solo (COLOMBI et al., 2018) e, portanto, um indicador de extrema relevância (BENEVENUTE et al., 2020), não foi restritiva para nenhum dos sistemas de uso do solo, por apresentar valores inferiores a 2,0 MPa (CARVALHO et al., 2015). Mesmo assim, a pastagem degradada apresentou valores significativamente maiores de RP em relação aos demais sistemas de uso do solo (Figura 6A; Tabela 2), indicando maior alteração estrutural entre os sistemas avaliados. O aumento da resistência pode ser atribuído a ação do pisoteio animal e corrobora os resultados de Carvalho et al. (2015) que encontraram maiores valores de RP em sistemas que sofreram influência do pisoteio animal, sobretudo nas camadas superficiais em pastagem extensiva.

O plantio convencional não foi significativamente superior à mata semidecidual para a avaliação de RP (Tabela 2). Faz-se a observação de que solo desta área é gradeado para incorporação de espécies indesejadas a cada plantio. Assim, o revolvimento das camadas superficiais promove a desagregação do solo

(RÜCKNAGEL et al., 2017) e, por este motivo, não diferenciou da área de referência. Ao mesmo tempo, o deslocamento da máquina sobre o solo exerce pressão sobre as camadas inferiores, aumentando a densidade e a RP (SEVERIANO et al., 2011b), justificando o segundo maior valor médio. Isto justifica a maior distribuição das amostras representadas na Figura 6A.

O sistema agroflorestal sintrópico também não diferenciou dos sistemas de uso do solo mata semidecidual e plantio convencional. Solos sob mata permanecem sem revolvimento e com constante aporte de matéria orgânica, e promove a agregação do solo (CARVALHO et al., 2015) que o sistema agroflorestal sintrópico visa replicar. Embora não tenham trabalhado com sistemas sintrópicos, Carvalho et al. (2015) observaram redução da RP em sistemas mais diversificados, como lavoura-pecuária e lavoura-pecuária-floresta, caracterizados pelo não revolvimento e aporte de matéria orgânica.

Há tendência em solos arenosos apresentarem maior capacidade de suporte de carga, pelo maior atrito entre as partículas, o que reduz as possibilidades de rearranjo das mesmas (SEVERIANO et al., 2011b). Mesmo assim, o comportamento do solo entre os sistemas de uso do solo é bastante distinto (Figura 6A), indicando alterações na estrutura em relação à mata, considerada referência das condições necessárias para sustentação das plantas (CHERUBIN, et al. 2019). Como é possível verificar na Tabela 2, os valores médios de PPC foram superiores para os sistemas de uso do solo pastagem degradada e plantio convencional, estes não diferenciaram significativamente. O sistema agroflorestal sintrópico não apresentou diferenças significativas em relação à mata semidecidual (área de referência), o incremento de matéria orgânica e o não revolvimento do solo podem ter sido a causa da maior qualidade física e estabilidade do solo contra a aplicação de cargas mecânicas (RÜCKNAGEL et al., 2017), indicando recuperação do solo em relação uso anterior da área referente ao primeiro sistema. Estes sistemas de uso do solo são estruturalmente parecidos e, portanto, o sistema agroflorestal sintrópico favorece as dinâmicas naturais, favorece o ciclo hidrológico, previne a erosão, sendo altamente produtivo.

Os maiores valores de M foram no sistema de uso do solo mata semidecidual, pois não havia sofrido pressão no passado. O plantio convencional não se diferenciou significativamente em relação à mata, mesmo sofrendo com o deslocamento de maquinário, devendo ao revolvimento constantemente que tende a aumentar o espaço

poroso e, mais suscetíveis à deformação (RÜCKNAGEL et al., 2017), indicando a desagregação do solo e, não necessariamente qualidade do solo. O sistema de uso do solo pastagem degradada e o sistema agroflorestal sintrópico não apresentaram diferenças. O primeiro obteve a menor inclinação por ser a área a ter suportado maiores pressões até então, reflexo do pisoteio animal (SEVERIANO et al., 2011a), é provável que a incorporação de matéria orgânica no solo, característica do segundo uso, tenha favorecido melhorias na estrutura, dentre elas o aumento da macroporosidade.

A densidade do solo (Ds) não foi restritiva em nenhum dos sistemas de uso do solo (Tabela 2), sendo o valor a cerca de $1,75 \text{ kg dm}^{-3}$ considerado limitante para o desenvolvimento das plantas em solos arenosos (CORSINI; FERRAUDO, 1999). Os valores de Ds do sistema agroflorestal sintrópico não se diferenciaram dos sistemas de uso do solo plantio convencional e pastagem degradada.

Para os atributos relacionados ao espaço poroso (Figura 6B), os maiores valores de PT e poros com diâmetro de $145\text{-}73 \mu\text{m}$ e $73\text{-}50 \mu\text{m}$ foram relacionados com o sistema de uso do solo mata semidecidual. De modo geral, há tendência de redução da PT e MA, quando solos sob mata (condição natural) e são antropizados, pois estas são as propriedades mais atingidas pelo manejo (CARVALHO et al., 2015). A MA regula aeração e infiltração de água no solo, e a microporosidade (MI) pela retenção de água, sendo macroporosidade é considerada restritiva quando inferior a $0,10 \text{ dm}^3 \text{ dm}^{-3}$ (SILVA et al., 2014), nenhum dos sistemas de uso do solo avaliados obteve resultados restritivos para MA (Tabela 2).

Quanto à PT, o sistema agroflorestal sintrópico não diferenciou da pastagem degradada e do cultivo convencional. Os valores de MA para o sistema de uso do solo pastagem degradada, foram significativamente inferiores aos demais sistemas de uso do solo, provavelmente pelo pisoteio animal (CARVALHO et al., 2015), em que o sistema agroflorestal sintrópico não foi estatisticamente diferente da área de referência, indício de regeneração visto que é a classe mais atingida pela redução da porosidade (LIMA et al., 2009). A MI do sistema agroflorestal sintrópico foi significativamente inferior aos demais sistemas de uso do solo.

O adequado para garantir boa produção agrícola é que um terço do espaço poroso seja ocupado por macroporos, e dois terços por microporos, a relação entre macro e microporos deve ser superior a 0,5 (SEVERIANO et al., 2011a). A relação entre MA e MI não foi considerada restritiva para nenhum dos sistemas de uso do solo

avaliados. Embora os atributos relacionados ao espaço poroso, de modo geral, não tenham alcançado resultados que restrinjam o desenvolvimento das plantas, quando se compara os demais sistemas de uso do solo à área de referência (mata), todos apresentaram menor PT, MA e MI (Tabela 2).

Poros com diâmetro $>145 \mu\text{m}$ (macroporos), é a classe que sofre a maior redução em decorrência do manejo, além de possuir papel fundamental com relação à infiltração de água (LIMA et al., 2009). Os resultados do sistema agroflorestal sintrópico aponta para melhoria no que se refere a este atributo, visto que está próximo da área de referência e significativamente maior para pastagem degradada.

O menor volume de poros da classe de $145-73 \mu\text{m}$ para a pastagem degradada se deve provavelmente ao efeito do pisoteio animal (LIMA et al., 2009), já os valores para o plantio convencional próximo à mata semidecidual podem estar aliados ao revolvimento do solo, que promove o aumento do espaço poroso (RÜCKNAGEL et al., 2017).

Nas classes com diâmetro $< 50 \mu\text{m}$ independentemente de sistema de uso do solo, não houve diferença significativa confirmando a tendência apontada por Lima et al. (2009), de que os microporos são menos atingidos por alterações no manejo. Exceto para poros com diâmetro $< 2,9 \mu\text{m}$, em que a mata semidecidual foi significativamente superior aos demais sistemas de uso do solo, a exemplo de Silva et al. (2014) que também encontram elevada porosidade para este diâmetro em solos sob mata.

5.3. Correlação VESS e análises laboratoriais

Dentre as análises realizadas em laboratório, Ds e RP foram mais associadas ao primeiro eixo PC1 da matriz de distância (Figura 7), neste sentido, os resultados de Guimarães et al. (2017) também apontaram alta correlação entre RP e VESS. Os maiores valores de Ds e RP foram para pastagem, indicando compactação em relação à mata que obteve os maiores valores de M (Figura 6A). A PPC também se revelou sensível para indicar a qualidade do solo, e valores mais elevados foram encontrados na pastagem degradada e plantio convencional, indicando maior compactação, e o sistema agroflorestal sintrópico e a mata semidecidual menor compactação (Tabela 2).

Os resultados de VESS apontaram para as alterações positivas na estrutura do solo pelo uso, as melhores notas foram respectivamente dos sistemas de uso do solo: mata semidecidual, sistema agroflorestal sintrópico, plantio convencional e pastagem

degradada, sendo o primeiro a área controle, e o último o mais degradado (Figura 5). Este padrão foi confirmado pelas análises laboratoriais, em que os resultados para mata semidecidual e pastagem degradada apresentam correlação negativa (Figura 6A).

Alguns atributos como índice de compressão (M), RP, MA, MI, poros com diâmetro >145 e 145-73, apontaram para o sistema de uso do solo plantio convencional como o mais próximo da mata semidecidual (referência), porém, este sistema de uso do solo se encontrava desagregado, sobretudo nas camadas superiores. E isto se deve ao revolvimento do solo (RÜCKNAGEL et al., 2017). Através do VESS foi possível identificar estas particularidades entre sistemas de uso do solo, confirmando a tendência apresentada por Guimarães et al. (2017), de que o método é mais sensível para identificar alterações no uso que as análises laboratoriais em alguns casos.

Mesmo havendo concordância quanto à ordem de qualidade dos diferentes sistemas de uso do solo, houve divergências sobre a classificação da qualidade do solo e, conseqüentemente, sobre a necessidade ou não de manejo, deste modo, o treinamento pode ser importante. Neste sentido, Cherubin et al. (2017) destacam que o método possui boa reprodutibilidade para operadores bem treinados e Giarola et al. (2009) afirmam é necessário conhecer a morfologia do solo.

Quando as notas atribuídas pelos diferentes avaliadores foram correlacionadas à Ds e RP (Figura 7), apenas os resultados apontados pelos agricultores foram significativamente associados às determinações de laboratório. Embora os agricultores não tenham familiaridade com o método ou morfologia do solo, trazem uma percepção prática, e são adeptos de práticas agroecológicas. Ball et al., (2017) destaca a importância dos conhecimentos tradicionais e da troca de experiências entre agricultores, consultores e pesquisadores para inovar no sentido de melhorar a agricultura.

Entretanto, considerando que a aplicação do método VESS é atualmente mais voltada para pesquisa (PAIVA et al., 2020), somando-se ao fato de ter divergências, o estudo deve ser expandido aos produtores, técnicos, extensionistas de modo a melhor investigar a razão de tais divergências.

6. CONCLUSÃO

O sistema agroflorestal sintrópico promove a maior qualidade da estrutura do solo visto que suas características físicas foram mais próximas à mata quando comparado com a pastagem degradada que foi o uso anterior da área. Assim, o sistema agroflorestal sintrópico, revela potencial para promover melhor qualidade estrutural do solo em áreas degradadas.

Houve divergência sobre a classificação da qualidade do solo entre os diferentes avaliadores, assim, o estudo deve ser expandido a produtores, técnicos, extensionistas de modo a melhor investigar a razão de tais divergências. Mesmo assim, o, os resultados apontados pelo método VESS foram significativamente associados com as determinações de laboratório.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AN, J.; ZHANG, Y.; YU, N. Quantifying the effect of soil physical properties on the compressive characteristics of two arable soils using uniaxial compression tests. **Soil and Tillage Research**, v. 145, p. 216–223, 2015.

ANDRADE, D.; PASINI, F.; SCARANO, F. R. Syntropy and innovation in agriculture. **Current Opinion in Environmental Sustainability**, v. 45, p. 20–24, 2020.

BALL, B. C. et al. Visual soil evaluation: A summary of some applications and potential developments for agriculture. **Soil and Tillage Research**, v. 173, p. 114–124, 2017.

BALL, B. C.; BATEY, T.; MUNKHOLM, L. J. Ball et al 1997. n. December, p. 18, 2007.

BENEVENUTE, P. A. N. et al. Penetration resistance: An effective indicator for monitoring soil compaction in pastures. **Ecological Indicators**, v. 117, n. July, 2020.

BORGES, W. L. B.; CALONEGO, J. C.; ROSOLEM, C. A. Impact of crop-livestock-forest integration on soil quality. **Agroforestry Systems**, v. 93, n. 6, p. 2111–2119, 2019.

BÜNEMANN, E. K. et al. Soil quality – A critical review. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 120, n. January, p. 105–125, 2018.

CHERUBIN, M. R. et al. Assessing soil structural quality under Brazilian sugarcane expansion areas using Visual Evaluation of Soil Structure (VESS). **Soil and Tillage Research**, v. 173, n. 2017, p. 64–74, 2017.

CHERUBIN, M. R.; CHAVARRO-BERMEJO, J. P.; SILVA-OLAYA, A. M. Agroforestry systems improve soil physical quality in northwestern Colombian Amazon. **Agroforestry Systems**, v. 93, n. 5, p. 1741–1753, 2019.

COLLARES, G. L. et al. Compactação superficial de Latossolos sob integração lavoura – pecuária de leite no noroeste do Rio Grande do Sul Surface compaction of oxisols with crops- dairy cattle production in northwest of Rio Grande do Sul , Brazil pisoteio animal e o tráfego de m. **Ciência Rural**, v. 41, n. 2, p. 246–250, 2011.

COLOMBI, T. et al. Feedbacks between soil penetration resistance, root architecture and water uptake limit water accessibility and crop growth – A vicious circle. **Science of the Total Environment**, v. 626, p. 1026–1035, 2018.

CORSINI, P. C.; FERRAUDO, A. S. Efeitos de sistemas de cultivo na densidade e macroporosidade do solo e no desenvolvimento radicular do milho em latossolo roxo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, n. 2, p. 289–298, 1999.

DE CARVALHO, R. P. et al. Atributos físicos e químicos de um neossolo quartzarênico sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Caatinga**, v. 28, n. 1, p. 148–159, 2015.

DIAS JUNIOR, M.S. **Compression of three soils under longterm tillage and wheel traffic**. East Lansing , Michigan State University, 1994. 114p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Manual de Métodos de Análises de Solo**. Brasília - DF, 2017. 573p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília - DF, 2018. 356p.

FAN, L. et al. The influence of effective microorganisms on microbes and nutrients in kiwifruit planting soil. **Applied Sciences (Switzerland)**, v. 6, n. 6, p. 1–9, 2016.

FELICIANO, D. et al. Which agroforestry options give the greatest soil and above ground carbon benefits in different world regions? **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 254, n. November 2017, p. 117–129, 2018.

FRANCO, H. H. S. et al. Global applications of the Visual Evaluation of Soil Structure method: A systematic review and meta-analysis. **Soil and Tillage Research**, v. 190, n. August 2018, p. 61–69, 2019.

GUIMARÃES, R. M. L. et al. The merits of the Visual Evaluation of Soil Structure method (VESS) for assessing soil physical quality in the remote, undeveloped regions of the Amazon basin. **Soil and Tillage Research**, v. 173, p. 75–82, 2017.

GUIMARÃES, R. M. L.; BALL, B. C.; TORMENA, C. A. Improvements in the visual evaluation of soil structure. **Soil Use and Management**, v. 27, n. 3, p. 395–403, 2011.

JENSEN, J. L. et al. Short-term changes in soil pore size distribution: Impact of land use. **Soil and Tillage Research**, v. 199, n. January, p. 104597, 2020.

LIMA, V. M. P. et al. Intervalo hídrico ótimo e porosidade de solos cultivados em área de proteção ambiental do sul de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, n. 5, p. 1087–1095, 2009.

MARTINELLI, G. DO C. et al. Decreasing uncertainties and reversing paradigms on the economic performance of agroforestry systems in Brazil. **Land Use Policy**, v. 80, n. September 2018, p. 274–286, 2019.

MELLO, C. R.; OLIVEIRA, G. C.; RESCK, D. V. S.; LIMA, J. M.; DIAS JÚNIOR, M. S. Estimativa da capacidade de campo baseada no ponto de inflexão da curva característica. **Ciência e Agrotecnologia**, v.26, p.835-841, 2002.

MICCOLIS, A. et al. RESTORATION THROUGH AGROFORESTRY: OPTIONS for RECONCILING LIVELIHOODS with CONSERVATION in the CERRADO and CAATINGA BIOMES in Brazil. **Experimental Agriculture**, v. 55, n. S1, p. 208–225, 2019.

MUCHANE, M. N. et al. Agroforestry boosts soil health in the humid and sub-humid tropics: A meta-analysis. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 295, n. February, p. 106899, 2020.

OLIVEIRA, G. C. et al. Seção I - Física Do Solo Compressibilidade De Um Latossolo. **Revista Brasileira de Ciencia do Solo**, v. 27, n. 3, p. 773–781, 2003.

PAIVA, I. A. DE; RITA, Y. L.; CAVALIERI-POLIZELI, K. M. Knowledge and use of visual soil structure assessment methods in Brazil – A survey. **Soil and Tillage Research**, v. 204, n. December 2019, p. 104704, 2020.

PASINI, F. S. **A Agricultura Sintrópica de Ernst Götsch: história, fundamentos e seu nicho no universo da Agricultura Sustentável**. 2017. 104 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Conservação) apresentada a Universidade Federal do Rio de Janeiro Campus UFRJ-Macaé Aloísio Teixeira, Rio de Janeiro, 2017.

PEIXOTO, D. S. et al. A soil compaction diagnosis method for occasional tillage recommendation under continuous no tillage system in Brazil. **Soil and Tillage Research**, v. 194, n. March, p. 104307, 2019.

PELAK, N.; PORPORATO, A. Dynamic evolution of the soil pore size distribution and its connection to soil management and biogeochemical processes. **Advances in Water Resources**, v. 131, n. April, p. 103384, 2019.

RABOT, E. et al. Soil structure as an indicator of soil functions: A review. **Geoderma**, v. 314, n. October 2017, p. 122–137, 2018.

REICHERT, J. M. et al. Compressibility and elasticity of subtropical no-till soils varying in granulometry organic matter, bulk density and moisture. **Catena**, v. 165, n. January, p. 345–357, 2018.

RÜCKNAGEL, J. et al. Uniaxial compression behaviour and soil physical quality of topsoils under conventional and conservation tillage. **Geoderma**, v. 286, p. 1–7, 2017.

SALES, L. E. DE O. et al. Qualidade física de neossolo quartzarênico submetido a diferentes sistemas de uso agrícola. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, n. 3, p. 667–674, 2010.

SEVERIANO, E. DA C. et al. Structural changes in latosols of the cerrado region: II - soil compressive behavior and modeling of additional compaction. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, n. 3, p. 783–791, 2011a.

SEVERIANO, E. DA C. et al. Structural changes in latosols of the cerrado region: I - relationships between soil physical properties and least limiting water range. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, n. 3, p. 773–782, 2011b.

SILVA, G. L. et al. Soil physical quality of Luvisols under agroforestry, natural vegetation and conventional crop management systems in the Brazilian semi-arid region. **Geoderma**, v. 167–168, p. 61–70, 2011.

SILVA, J. F. G. et al. CHEMICAL AND PHYSICAL-HYDRIC Characterisation of a red latosol after five years of management during the summer between-crop season.

Revista Brasileira de Ciencia do Solo, v. 38, n. 5, p. 1576–1586, 2014.

VIEIRA, D. L. M.; HOLL, K. D.; PENEIREIRO, F. M. Agro-successional restoration as a strategy to facilitate tropical forest recovery. **Restoration Ecology**, v. 17, n. 4, p. 451–459, 2009.

8. APÊNDICE A

Tabela 1A - Descrição das espécies quanto ao período de permanência no sistema, nome popular e científico.

Ano	Mês	Nome popular/ científico
2016	outubro	Mandioca (<i>Manihot spp.</i>); Jatobá (<i>Hymenaea sp.</i>); Mamona (<i>Ricinus communis</i>); Gergelim preto crioulo (<i>Sesamum indicum</i>); Batata-doce (<i>Ipomoea sp.</i>); Sorgo (<i>Sorghum bicolor</i>); Milho (<i>Zea mays</i>).
	novembro	Feijão (<i>Phaseolus vulgaris</i>); Soja (<i>Glycine max</i>).
	dezembro	Banana (<i>Musa spp.</i>).
2017	janeiro	Chia (<i>Salvia hispanica</i>).
	fevereiro	Melancia (<i>Citrullus lanatus</i>); Mamão (<i>Carica papaya</i>);
	março	Acerola (<i>Malpighia emarginata</i>); Açaí (<i>Euterpe oleraceae</i>); Amora (<i>Morus sp.</i>); Ata (<i>Annona squamosa</i>); Cacau (<i>Theobroma cacao</i>); Café (<i>Coffea arabica</i>); Cupuaçu (<i>Theobroma grandiflorum</i>); Figo (<i>Ficus carica</i>); Gabiroba (<i>Campomanesia xanthocarpa</i>); Goiaba (<i>Psidium guajava</i>); Jambo amarelo (<i>Syzygium jambos</i>); Jamelão (<i>Syzygium cumini</i>); Laranja (<i>Citrus sp.</i>); Limão (<i>Citrus sp.</i>); Mangaba (<i>Hancornia speciosa</i>); Maracujá (<i>Passiflora sp.</i>); Mexerica (<i>Citrus sp.</i>); Morango (<i>Fragaria sp.</i>); Pitanga (<i>Eugenia uniflora</i>); Romã (<i>Punica granatum</i>); Siriguela (<i>Spondias purpurea</i>); Tamarindo (<i>Tamarindus indica</i>); Angico cascudo (<i>Anadenanthera sp.</i>); Cedro (<i>Cedrus</i>); Guapuruvu (<i>Schizolobium parahyba</i>); Nim (<i>Azadirachta indica</i>); Mogno (<i>Swietenia sp.</i>); Abóbora (<i>Curcubita spp.</i>); Açafrão (<i>Curcuma longa</i>); Araruta (<i>Maranta arundinacea</i>); Pimenta (<i>Capsicum spp.</i>); Tomate silvestre (<i>Solanum sp.</i>).
	abril	Mucuna cinza (<i>Mucuna pruriens</i>); Crotalária (<i>Crotalaria juncea</i>); Feijão de porco (<i>Canavalia ensiformis</i>).

	outubro	Mamão (<i>Carica papaya</i>); Caju (<i>Anacardium spp.</i>); Cajuzinho do cerrado (<i>Anacardium humile</i>); Ingá (<i>Inga sp.</i>); Jaca (<i>Artocarpus heterophyllus</i>); Lichia (<i>Litchi chinensis</i>); Manga (<i>Mangifera indica</i>); Amburana (<i>Amburana cearensis</i>); Baru (<i>Dipteryx alata</i>); Bordão-de-velho (<i>Samanea tubulosa</i>); Chichá (<i>Sterculia chicha</i>); Ipê roxo (<i>Handroanthus sp.</i>); Jacarandá (<i>Jacaranda mimosifolia</i>); Moringa (<i>Moringa oleifera</i>); Pau-ferro (<i>Caesalpinia ferrea</i>); Tamboril (<i>Enterolobium contortisiliquum</i>); Tingui (<i>Magonia pubescens</i>); Crotalária (<i>Crotalaria juncea</i>); Feijão guandu (<i>Cajanus cajan</i>); Abobrinha (<i>Cucurbita pepo</i>); Chia (<i>Salvia hispanica</i>); Hibisco (<i>Hibiscus sp.</i>); Inhame roxo (<i>Dioscorea sp.</i>); Pimentão (<i>Capsicum annuum</i>); Soja (<i>Glycine max</i>); Sorgo (<i>Sorghum bicolor</i>).
2018/ 2019	outubro de 2018 até fevereiro de 2019	Abacaxi (<i>Ananas sp.</i>); Araruta (<i>Maranta arundinacea</i>); Cana-de-açúcar (<i>Saccharum officinarum</i>); Capim cidreira (<i>Cymbopogon citratus</i>); Cará-do-ar (<i>Dioscorea bulbifera</i>); Citronela (<i>Cymbopogon winterianus</i>); Erva cidreira (<i>Melissa officinalis</i>); Mamona (<i>Ricinus communis</i>); Pimentas (<i>Capsicum spp.</i>); Zedoária (<i>Curcuma zedoaria</i>).
Sistema no dia da coleta 13/12/2019		Abacaxi (<i>Ananas sp.</i>); Açafrão (<i>Curcuma longa</i>); Açaí (<i>Euterpe oleraceae</i>); Acerola (<i>Malpighia emarginata</i>); Amburana (<i>Amburana cearensis</i>); Amora (<i>Morus sp.</i>); Angico cascudo (<i>Anadenanthera sp.</i>); Araruta (<i>Maranta arundinacea</i>); Ata (<i>Annona squamosa</i>); Banana (<i>Musa spp.</i>); Baru (<i>Dipteryx alata</i>); Bordão-de-velho (<i>Samanea tubulosa</i>); Café (<i>Coffea arabica</i>); Caju (<i>Anacardium spp.</i>); Cajuzinho do cerrado (<i>Anacardium humile</i>); Cana-de-açúcar (<i>Saccharum officinarum</i>); Capim cidreira (<i>Cymbopogon citratus</i>); Cará-do-ar (<i>Dioscorea bulbifera</i>); Cedro (<i>Cedrus</i>); Chichá (<i>Sterculia chicha</i>); Citronela (<i>Cymbopogon winterianus</i>); Embaúba (<i>Cecropia angustifolia</i>); Erva cidreira (<i>Melissa officinalis</i>); Gabiroba (<i>Campomanesia xanthocarpa</i>); Goiaba (<i>Psidium guajava</i>); Guapuruvu (<i>Schizolobium parahyba</i>); Ingá (<i>Inga sp.</i>); Inhame roxo (<i>Dioscorea sp.</i>); Ipê roxo (<i>Handroanthus sp.</i>); Jaca (<i>Artocarpus heterophyllus</i>); Jacarandá (<i>Jacaranda mimosifolia</i>); Jambo amarelo (<i>Syzygium jambos</i>); Jamelão (<i>Syzygium cumini</i>); Jatobá (<i>Hymenaea sp.</i>); Laranja (<i>Citrus sp.</i>); Lichia (<i>Litchi chinensis</i>); Limão (<i>Citrus sp.</i>); Manga (<i>Mangifera indica</i>); Maracujá (<i>Passiflora sp.</i>); Mexerica (<i>Citrus sp.</i>); Mogno (<i>Swietenia sp.</i>); Mutamba (<i>Guazuma ulmifolia</i>); Nim (<i>Azadirachta indica</i>); Pau-ferro (<i>Caesalpinia leiostachya</i>); Pitanga (<i>Eugenia uniflora</i>); Tamboril (<i>Enterolobium contortisiliquum</i>); Tingui (<i>Jacquinia armillaris</i>); Urucum (<i>Bixa orellana</i>); Zedoária (<i>Curcuma zedoaria</i>).