

LUANA DE PÁDUA SOARES E FIGUEIREDO

**AGRICULTURA DE MONTANHA: QUALIDADE DOS SOLOS EM SISTEMAS
AGROFLORESTAIS SINTRÓPICOS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agroecologia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

Orientador: Raphael Bragança A. Fernandes

Coorientadora: Irene Maria Cardoso

**VIÇOSA - MINAS GERAIS
2020**

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade Federal de Viçosa – Campus Viçosa

T

F475a
2020

Figueiredo, Luana de Pádua Soares e, 1988-
Agricultura de montanha : qualidade dos solos em sistemas agroflorestais sintrópicos / Luana de Pádua Soares e Figueiredo. – Viçosa, MG, 2020.
84 f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Inclui anexos.

Orientador: Raphael Bragança Alves Fernandes.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Inclui bibliografia.

1. Agroecologia. 2. Física do solo. 3. Solos - Conservação. 4. Agrossilvicultura. 5. Cultivo consorciado. 6. Café - Cultivo. 7. *Coffea arabica*. I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Solos. Programa de Pós-Graduação em Agroecologia. II. Título.

CDD 22. ed. 630.277

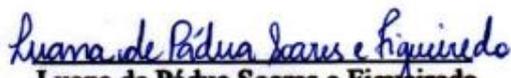
LUANA DE PÁDUA SOARES E FIGUEIREDO

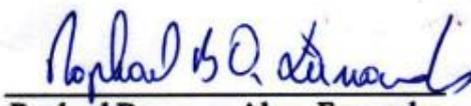
**AGRICULTURA DE MONTANHA: QUALIDADE DOS SOLOS EM SISTEMAS
AGROFLORESTAIS SINTRÓPICOS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agroecologia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 04 de novembro de 2020.

Assentimento:


Luana de Pádua Soares e Figueiredo
Autora


Raphael Bragança Alves Fernandes
Orientador

*Aos povos originários, comunidades tradicionais, agricultoras e agricultores familiares, por
tanto, por manejarem nossos solos,
tornando-os férteis e saudáveis,*

Dedico.

AGRADECIMENTOS

Ao cosmos, pela vida.

À Universidade Federal de Viçosa, ao Programa de Pós-graduação em Agroecologia pela oportunidade de realização do curso.

Ao Departamento de Solos, pela estrutura física e suporte para a realização desta pesquisa.

À CAPES por financiar as pesquisas no Brasil e pela concessão de bolsas de estudos durante o período de mestrado.

Aos técnicos do Laboratório de Física do Solo, Claudinho e Evandro, pela colaboração e amizade.

À técnica do Laboratório de Matéria Orgânica e Resíduos, Paloma, pelo apoio.

À Rô, secretária do PPG em Agroecologia pela disponibilidade, atenção e paciência.

Aos grupos de Agroecologia da UFV, agricultoras e agricultores da região da Zona da Mata Mineira, minha eterna gratidão pelos ensinamentos e trocas.

Ao Professor Raphael Fernandes, excelente profissional e uma das pessoas mais gentis que conheço. Agradeço imensamente pela orientação, por me acompanhar nas idas ao campo e coletas, por sempre me apoiar, me socorrer nos momentos difíceis, pelos ensinamentos sempre enriquecedores, pela paciência e amizade. Este projeto não seria realizado e finalizado sem sua cooperação.

À Professora Irene Cardoso, uma mulher que me inspira por toda sua trajetória na Agroecologia. Agradeço pela orientação, pelas aulas às segundas-feiras com toda energia e esperança, por me “apresentar” a Zona da Mata Mineira, pelos ensinamentos, pela disponibilidade de sempre e pela amizade.

Ao Willinha, Aparecida, Sr. Willians, do Sítio Recanto dos Tucanos, por abrir as portas e nos receber de corações abertos no lar de vocês, contribuindo para que esta pesquisa pudesse ser realizada.

À Professora Sílvia Priore, pelo apoio, e pela dedicação em melhorar a qualidade do nosso Programa de Pós-graduação em Agroecologia.

Às Professoras Cida Zolnier, Cristine Muggler, e professores Igor Assis, Genelício Crusoé, Sebastião Martins, Elpídio, Ricardo Santos, Rogério Lana, pelos ensinamentos.

À Professora Flaviane Canavesi, pela disponibilidade em participar da banca.

À Adalgisa Pereira e Davi Lopes, pelos ensinamentos, parceria durante o curso e pela

disponibilidade em participar da banca.

Ao Professor Thiago Torres, por ser um dos responsáveis por eu seguir a carreira acadêmica, sobretudo, por me apresentar a pesquisa através da minha primeira iniciação científica, abrir um mundo de possibilidades, e me apresentar a Ciência do Solo. Agradeço a amizade e apoio ao longo desses anos, e disponibilidade em participar da banca.

As amigas e amigos da Pós-graduação em Agroecologia por tornarem este processo, um processo coletivo, uma rede de apoio. Agradeço imensamente pela amizade de vocês, em especial à Ariecha, Letícia, Rebeca, Allie, Juliano.

Às minhas amigas, mulheres incríveis, Fernandinha, Bruninha, Fê, Flavinha, Naiara, Rosycler, Jô, Ana Karina, Sara, pela parceria e apoio. E aos grandes amigos frutalenses da “Galera Moderna”, em especial o Ademar, Xuxinha, Nêssa, Totonho e Frank, pela amizade.

À minha amada mãe, Luciene, e à epigenética, por ter em mim, influências dessa mulher guerreira e bondosa. Agradeço o amor, as orações e palavras de conforto.

Ao meu pai, Antônio, pelas orações, por me apoiar, por todo amor e dedicação de sempre. Faltam palavras para descrever tamanha gratidão.

Aos meus irmãos, Marco e Vi, pelo amor, pela amizade de sempre. É uma honra tê-los como irmãos.

À minha madrinha, Tia Auxiliadora, por me incentivar desde pequena e me amar.

À Tata, Isabela, Mariana, Tia Nina, por serem uma família incrível e me apoiarem.

À Pandorinha e Redisley, seres de luz que pude conviver um pouco em suas passagens aqui na terra e encheu nossa casa de alegria e amor.

Ao meu amado e companheiro Bruno, quem considero autor desse trabalho tanto quanto eu. Agradeço o amor incondicional, por ser meu melhor amigo, por estar ao meu lado nesta caminhada, por me fazer acreditar que eu posso e sou capaz. Este projeto só foi possível porque esteve ao meu lado todo tempo, com sua paciência, tranquilidade e sabedoria. Agradeço pelos abraços, palavras de conforto e de incentivo, por contribuir com que eu seja uma pessoa melhor.

São muitas as amigas e amigos, familiares que contribuíram ao longo da minha vida para realização deste sonho. Aos que não cito aqui, mas que contribuíram direta ou indiretamente por essa conquista, minha eterna gratidão.

Parafraseando Paulo Freire: Se nada ficar destas páginas, algo, pelo menos, esperamos que permaneça: nossa confiança no povo. Nossa fé na humanidade e na criação de um mundo em que seja menos difícil amar.

“Nós somos parte do universo. Cada um carrega dentro as sementes da história do universo inteiro [...] cada átomo do nosso corpo, cada átomo de ferro no nosso sangue, cada átomo de cálcio nos nossos ossos, cada átomo de carbono em todas as moléculas do nosso corpo, vieram de estrelas. Estrelas que viveram bilhões e bilhões de anos atrás, antes da terra e o sol existirem[...]A gente pode estar separado da natureza na nossa cabeça, mas nós não estamos separados da natureza como organismo.” Adaptado de Marcelo Gleiser e Ailton Krenak

“O solo é vida que se traduz em cor e alimentos”.
Estudantes da Escola Família Agrícola (EFA) Puris, Araponga, MG.

RESUMO

FIGUEIREDO, Luana de Pádua Soares e, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, novembro de 2020. **Agricultura de Montanha: Qualidade dos Solos em Sistemas Agroflorestais Sintrópicos**. Orientador: Raphael Bragança Alves Fernandes. Coorientadora: Irene Maria Cardoso.

Os Sistemas Agroflorestais (SAFs) têm se destacado como uma estratégia na produção sustentável nos agroecossistemas tropicais, em especial quando associado à agricultura de montanha, e apresentando impactos positivos na conservação dessas áreas. Estudos sobre a qualidade do solo em SAFs são comuns, mas poucos são aqueles dedicados aos SAFS sob agricultura sintrópica. Diante do exposto, este estudo objetivou promover a sistematização de uma experiência de transição agroecológica para SAFs sintrópicos em uma propriedade de agricultura familiar localizada no entorno de uma Unidade de Conservação em área montanhosa e avaliar a qualidade dos seus solos. A cultura principal da propriedade é o cafeeiro, com produção voltada para um produto de maior qualidade. Especificamente objetivou i) compreender o contexto local, o histórico do uso e ocupação de uma propriedade rural, e o processo de transição agroecológica vivenciado; ii) identificar as espécies manejadas na propriedade nos diferentes sistemas sintrópicos conduzidos e suas funções para os agricultores; iii) identificar elementos orientadores para o uso da terra em regiões montanhosas; e iv) avaliar a qualidade física e química dos solos sob diferentes tipos de uso e manejo em ambientes montanhosos. Os tratamentos avaliados foram seis áreas de diferentes usos: três cafezais conduzidos em SAFs sintrópicos, com 4 anos (BIO 1), 3 anos (BIO 2) e 2 meses (BIO 3) de implantação; vegetação nativa (MATA) da Mata Atlântica; pastagem (PAST) e uma outra área vizinha de café convencional a pleno sol (CONV). Durante as visitas e por ocasião da sistematização, foram utilizadas a observação participante e conversas informais seguidas de anotações e relatorias, bem como a linha do tempo e a caminhada transversal, essas duas últimas técnicas de pesquisas do Diagnóstico Rural Participativo (DRP). A avaliação de indicadores físicos e químicos do solo foi conduzida por métodos de laboratório e campo. Para avaliar a qualidade física foram realizadas coletas amostras de solo na camada de 0 a 10 cm de profundidade para a avaliação da densidade do solo, macroporosidade e microporosidade, porosidade total, condutividade hidráulica e estabilidade de agregados. A resistência mecânica do solo à penetração (RP) foi avaliada até 40 cm de profundidade, com umidade e temperatura do solo sendo registrada de 10 em 10 cm de profundidade. As análises químicas de rotina foram

realizadas em amostras de solo coletadas de 0 a 10 cm de profundidade. O carbono orgânico total (COT) e o estoque de carbono do solo foram avaliados até a 40 cm de profundidade. Os resultados indicaram que a transição agroecológica conduzida sob manejo sintrópico apresenta potencial para promover a conservação ambiental no entorno de Unidades de Conservação, proporcionando condições adequadas para a manutenção e o bem-estar da família dos agricultores, e aumentando a diversidade de espécies manejadas. Essa biodiversidade manejada pelos agricultores foi caracterizada pela presença de 19 espécies nos SAFs, em sua maioria com a finalidade de incremento do aporte de matéria orgânica para o solo. As áreas de SAFs sintrópicos mais antigas (BIO 1 e BIO 2) apresentaram maiores teores de matéria orgânica, maior estoque de carbono, e melhores indicadores químicos de fertilidade (saturação por bases, Ca, Mg e Al). Nessas mesmas áreas verificaram-se menor densidade do solo, maior volume de macroporos, e menor resistência do solo à penetração quando comparados às áreas CONV e PAST. Os resultados indicam o potencial do manejo agroflorestal sintrópico para a conservação de ambientes de montanhas que, associado com a produção de café de qualidade, são diferenciais ambientais e econômicos favoráveis para pequenos agricultores dessas regiões.

Palavras-chave: Agricultura sintrópica. Física do solo. Transição agroecológica. Agricultura regenerativa. *Coffea arabica*.

ABSTRACT

FIGUEIREDO, Luana de Pádua Soares e, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, November, 2020. **Mountain Agriculture: Soil Quality in Syntropic Agroforestry Systems.** Advisor: Raphael Bragança Alves Fernandes. Co-advisor: Irene Maria Cardoso

Agroforestry Systems (SAFs) have stood out as a strategy for sustainable production in tropical agroecosystems, especially when associated with mountain farming, and present positive impacts on the conservation of these areas. Studies on soil quality in SAFs are common, but few are dedicated to SAFs under syntropic agriculture. With this in mind, this study aimed to promote the systematization of an experience of agroecological transition to syntropic SAFs on a family farm located around a conservation unit in a mountainous area and to evaluate the quality of its soils. The main crop of the property is coffee, with production focused on a higher quality product. Specifically, the study aimed to i) understand the local context, the history of the use and occupation of a rural property, and the agroecological transition process experienced; ii) to identify the species managed on the property in the different syntropic systems and their functions for farmers; iii) identify guiding elements for land use in mountainous regions; and iv) evaluate the physical and chemical quality of soils under different types of use and management in mountainous environments. The evaluated treatments were six areas of different uses: three coffee plantations producing in syntropic SAFs, with 4 years (BIO 1), 3 years (BIO 2) and 2 months (BIO 3) of implantation; native vegetation (MATA) of the Atlantic Forest; pasture (PAST) and another neighboring area of full-sun conventional coffee production (CONV). During visits and during the systematization, participant observation and informal conversations followed by notes and reports were used, as well as a timeline and cross-sectional walk, these last two being Participatory Rural Diagnosis (DRP) research techniques. The evaluation of physical and chemical indicators of the soil was conducted by laboratory and field methods. To assess soil physical quality, samples were collected from 0 to 10 cm deep to assess soil bulk density, macroporosity and microporosity, total porosity, hydraulic conductivity and aggregate stability. The mechanical resistance to penetration (RP) was evaluated up to 40 cm in depth, with moisture and soil temperature being recorded every 10 cm in depth. Routine chemical analyses were performed on soil samples collected from 0 to 10 cm in depth. The total organic carbon (TOC) and the soil carbon stock were evaluated up to 40 cm deep. The results indicated that the agroecological transition carried out under syntropic

management has the potential to promote environmental conservation around the conservation units, providing adequate conditions for the maintenance and well-being of the farmers' family, and increasing the diversity of managed species. This biodiversity managed by farmers was characterized by the presence of 19 species in the SAFs, mostly with the purpose of increasing the supply of organic matter to the soil. The areas of older syntropic SAFs (BIO 1 and BIO 2) showed higher levels of organic matter, higher carbon stock, and better chemical fertility indicators (base saturation, Ca, Mg and Al). In these same areas, less soil bulk density, greater volume of macropores, and less soil resistance to penetration when compared to the CONV and PAST areas. The results indicate the potential of syntropic agroforestry management for the conservation of mountain environments, which, associated with the production of quality coffee, are favorable environmental and economic differentials for small farmers in these regions.

Keywords: Syntropic agriculture. Soil physics. Agroecological transition. Regenerative agriculture. *Arabica coffee*.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	12
REFERÊNCIAS	18
CAPÍTULO 1	22
SISTEMATIZAÇÃO DA TRANSIÇÃO AGROECOLÓGICA COM SISTEMAS AGROFLORESTAIS SINTRÓPICOS EM AMBIENTE MONTANHOSO	22
1. INTRODUÇÃO.....	22
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	25
2.1. Área de Estudo	25
2.2. Sistematização da experiência.....	27
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
3.1. Histórico do uso e ocupação da terra	27
3.2. Sistemas Agroflorestais Sintrópicos	34
CONCLUSÕES	45
REFERÊNCIAS	46
CAPÍTULO 2	51
QUALIDADE DOS SOLOS EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS SINTRÓPICOS COM CAFÉ EM ÁREA MONTANHOSA.....	51
1. INTRODUÇÃO.....	51
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	54
2.1. Área de Estudo	54
2.2. Seleção das áreas	54
2.3. Coleta de amostras	55
2.4. Metodologias analíticas.....	56
2.5. Análises estatísticas.....	57
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	58
3.1. Atributos físicos do solo.....	58
3.2. Atributos químicos do solo	65
3.3. Análise de componentes principais.....	71
CONCLUSÕES	73
REFERÊNCIAS	74
CONSIDERAÇÕES FINAIS	80
ANEXOS.....	82

INTRODUÇÃO GERAL

As regiões de montanhas acima dos 700 m apresentam características peculiares referentes ao clima e vegetação, servem de abrigo para diversas espécies da flora e fauna (GERRARD, 1990) e compreendem diversas feições pedológicas (CONTI e FURLAN, 2009). No Brasil, as montanhas são componentes importantes da paisagem, em especial nas regiões sudeste e sul. Diversas são as definições de montanhas. No Brasil, o IBGE considera montanha como “grande elevação natural do terreno, com altura superior a 300 m, constituída por uma ou mais elevações” (IBGE, 1999). Este é o mesmo entendimento de outros autores (BATES e JACKSON, 1976; PRICE, 1981; GUERRA, 1993), que apenas adicionam a necessidade de esta forma de relevo apresentar inclinação acentuada.

Por serem áreas movimentadas, as montanhas têm recebido em diferentes países um tratamento especial e muitas vezes com políticas públicas para o seu desenvolvimento e conservação (LOPEZ NETTO, 2013). No Brasil, topo de morros, montes, montanhas, serras, foram consideradas áreas de preservação permanente (APP) pela Lei de nº 4.771 (BRASIL, 1965). O morro é referente a elevação do terreno com cota do topo em relação à base entre 50 e 300 metros, já a montanha, refere-se a cota em relação à base é superior a 300 m quando apresentavam encostas com declividade superior a 30% tinham áreas delimitadas a partir da curva de nível correspondente a 2/3 da altura mínima da elevação em relação à base (CONAMA, 2002).

A sequência de morros ou de montanhas constituindo-se no divisor de águas denominada de linha de cumeada, também tinham sua área delimitada de APP a partir do terço superior em relação à base do pico mais baixo da cumeada. Para tanto, considera-se uma linha horizontal sequencial de 1000 m, salvo quando dois morros ou montanhas estiverem separados a menos de 500 m, neste caso, não é necessário considerar segmento de 1000 m para ser considerada como APP (CONAMA, 2002).

Com o Código Florestal de 2012, em seu artigo 4º, inciso IX, apresentou mudanças tanto a altura mínima para 100 m, quanto a inclinação média, passando para 25º, e o ponto a ser considerado a base para delimitação dos 2/3 da altura da elevação (BRASIL, 2012), dessa forma, novas interpretações a respeito destes ambientes foram consideradas a ponto de colocar em risco a sua preservação (ALMEIDA e DE PAULA, 2018). Em estudo realizado em Viçosa-MG, PERSIL (2014) conclui que as APPs nos topos de morro do município tiveram redução quando aplicado os critérios do Novo Código Florestal brasileiro, o que significou somente

neste tipo de APP uma perda de 25,5% das áreas anteriormente protegidas pela legislação anterior.

Se por um lado o Código Florestal de 2012 reduziu as áreas protegidas, por outro ele permitiu a manutenção da ocupação histórica e consolidada nas áreas de montanhas. Negar isto e impor as restrições então vigentes significaria retirar desses locais uma grande quantidade de agricultores, em especial pequenos agricultores familiares na região dos Mares de Morro, da Zona da Mata de Minas Gerais.

A região no entorno do Parque Nacional do Caparaó (PARNA Caparaó) que abriga o terceiro maior pico do Brasil, o Pico da Bandeira, tem seu lado mineiro situado na Zona da Mata, possui uma fitofisionomia singular (LEONI e SOUZA, 1999) e é uma das mais representativas áreas de preservação da Mata Atlântica cujas características são influenciadas pelas condições do solo, clima, e constitui relevante patrimônio geológico (GOBBO, 2016).

A ocupação da terra nos sete municípios pertencentes à zona de amortecimento do PARNA Caparaó em sua fase capixaba é predominantemente pastagens, seguido de lavouras de café (GOBBO, 2016), assim como na face mineira (OLIVEIRA, et. al, 2018).

Mesmo que não sejam integralmente preservados, a conservação das áreas de montanha é importante para o equilíbrio ambiental. O manejo e o uso de tecnologias adequadas nos agroecossistemas desenvolvidos nas áreas montanhosas são imprescindíveis para conservação do solo, da água e da biodiversidade, sobretudo nesses ambientes onde se verifica grande produção de alimentos que são direcionados para a redução da pobreza (FAO, 2012) e onde são produzidos bens e serviços básicos para mais de 50% da humanidade (LOPÉZ NETTO, 2013).

No caso do sudeste do Brasil onde existe uma expressiva produção de café de montanha, os sistemas agroflorestais se apresentam como alternativa de produção. A associação do café arábico (*Coffea arabica L.*) cultivado em regiões em elevadas altitudes associados com árvores, além de fornecer sombra, fornecem benefícios ambientais (CERDA, 2020).

Em cenário de mudanças climáticas, espera-se elevação da temperatura em 1,7° C e alteração dos padrões de precipitação na região. Com isto pode ocorrer declínio de 60 % da produção, impactando a renda e a vida de milhões de agricultores, que em sua maioria, tem na atividade seu meio de subsistência. Para mitigar os efeitos de tais mudanças, torna-se necessário buscar alternativas para um manejo adequado dos agroecossistemas tropicais e os sistemas agroflorestais (SAFs) podem ser uma proposta (GOMES et al., 2020).

Os sistemas agroflorestais diversificados contribuem para a conservação, traz uma maior responsabilidade social para a produção agrícola (GOULART et al., 2009) e apresentam várias definições, arranjos e manejos em diferentes regiões geográficas e ecológicas do mundo.

Para Nair (1982), SAF é o nome dado ao uso da terra e tecnologias desenvolvidas para manejá-la a partir do plantio de plantas lenhosas associadas ao cultivo de culturas agrícolas diversas e, ou animais, com diversas possibilidades de arranjos ecológicos e econômicos. Definição semelhante é apresentado por Farrell e Altieri (2012), que consideram esses como sistemas que utilizam espécies arbóreas associadas no espaço e, ou tempo, e consorciados com outras espécies agrícolas anuais e, também, animais. Ambas as definições são coerentes com a definição dada pela legislação brasileira, que considera o SAF como um sistema de uso e ocupação do solo em que plantas perenes lenhosas são manejadas associadas à outras plantas em uma mesma unidade de manejo, no espaço-tempo com alta diversidade de espécies (BRASIL, 2012).

Os SAFs têm origem em sistemas mais complexos e biodiversos que eram manejados antes da colonização pelos povos originários, que conseguiram obter ecossistemas sustentáveis e melhorar a qualidade dos solos, como verificado nas “terras pretas” com elevados teores de matéria orgânica encontradas na Amazônia (ALVES, 2001).

Outro tipo de SAFs complexos e de elevada biodiversidade são os que buscam seus fundamentos na própria floresta, sendo originalmente reconhecidos como Sistemas Agroflorestais Sucessionais (GOTSCH, 1996; DA SILVA VAZ, 2009; PENEIREIRO, 2003; HOFFMANN, 2013) e, mais recentemente, como Sistemas Agroflorestais Biodiversos (SILVA et al., 2010; HOFFMANN, 2013) ou mesmo Sistemas Agroflorestais Sintrópicos (PASINI, 2017; GUIMARÃES e MENDONÇA, 2018; REBELLO, 2018).

Os sistemas agroflorestais sintrópicos são manejados a partir de um conjunto de teorias e práticas que compõe os princípios da agricultura sintrópica desenvolvido por Ernst Gotsch. Esses são definidos como sistemas altamente diversificados, com foco na promoção da regeneração de ecossistemas, da recuperação de áreas degradadas, e com orientação para a independência de insumos externos e de irrigação, favorecendo assim serviços ecossistêmicos. O termo cunhado por Ernst Gotsch está associado a sistemas complexos, contrários a entropia, e que visam o balanço energético positivo com o aumento da quantidade de vida consolidada (ANDRADE, 2019).

O SAFs sintrópicos utilizados como proposta na restauração de ecossistemas degradados apresenta o potencial de contribuir com a conservação da biodiversidade, em movimento de enfrentamento dos impactos negativos das mudanças climáticas e da extinção de diversas espécies (STRASSBURG et al., 2019). Esses, bem como outros SAFs de elevada biodiversidade e complexidade, contribuem ainda para a consolidação de ambientes na propriedade rural que podem ser utilizados na recuperação e conservação de Reservas Legais

(MARTINS e RANIERI, 2014) e áreas de preservação permanente (VAZ DA SILVA, 2002; RIGHI e BERNARDES, 2015).

A preocupação com alternativas de manejo e uso da terra de áreas montanhosas em bases mais sustentáveis é relevante para regiões como a Zona da Mata Mineira, predominantemente localizada sob o domínio dos mares de morros e pertencente ao bioma Mata Atlântica, que é um dos 35 *hotspots* do planeta (WILLIAMS et al., 2011) em função de sua alta biodiversidade, grau de endemismo e perda significativa de sua vegetação original (MYERS et al., 2000). Neste contexto, práticas que buscam aliar desenvolvimento, tecnologia adaptada à realidade dos agricultores, geração de renda e conservação ambiental têm sido avaliadas na região.

Dentre as experiências na Zona da Mata Mineira, destacam-se o manejo da terra com o uso de sistemas agroflorestais, principalmente associados com a cultura do café, normalmente consorciadas com culturas de subsistência como milho, feijão e mandioca (CARDOSO et al., 2001; SOUZA et al., 2012). Diversas iniciativas têm sido conduzidas na região há mais de duas décadas, em parcerias que incluem agricultores e suas organizações, ONG's e a Universidade Federal de Viçosa. Entre 2002 e 2005 uma sistematização participativa destacou o papel dos sistemas agroflorestais na região, bem como sua contribuição na melhoria da qualidade do solo (SOUZA et al., 2012). Entretanto, na referida sistematização e em pesquisas posteriores não há referências sobre propostas de SAFs com orientação mais sintrópica.

Os sistemas agroflorestais apresentam-se como alternativa para a conservação e aumento da qualidade do solo (AGUIAR, 2008), principalmente em ambientes tropicais, onde os solos tendem a alta taxa de lixiviação de nutrientes (PRIMAVESI, 1981; CARDOSO et al., 2018). O solo pode ser considerado a base de sustentação dos sistemas agrícolas e a degradação de suas propriedades implica em riscos ambientais (REICHERT, 2003).

O debate sobre a qualidade do solo iniciou a efetivamente partir da década de 1990 (VEZZANI e MIELNICZUK, 2009). A qualidade do solo está associada à capacidade de o solo exercer ou não suas funções, que incluem a sustentação da produtividade de plantas e animais e a manutenção do ambiente equilibrado (DORAN, 1997). Espera-se que um solo com qualidade se apresente saudável dentro dos ecossistemas naturais e manejados, e que mantenha a qualidade ambiental, a produtividade e o bem-estar do ser humano (DORAN e PARKIN, 1994).

A qualidade do solo é produto de suas propriedades, atributos e benefícios ambientais resultantes do seu manejo. Doran e Parkin (1994) consideram os atributos do solo como sendo intermediários e permanentes, correspondendo, respectivamente, aos alteráveis com o manejo adotado, como a densidade do solo; e aos que pertencem à sua composição ou natureza, como

é o caso da densidade de partículas. Os classificados como intermediários, por serem sujeitos a alterações em função do manejo, são comumente utilizados na avaliação da qualidade do solo.

A qualidade física do solo está intimamente relacionada a estrutura, que responde conforme o manejo utilizado (COLLARES et al., 2006). Os indicadores do estado da estrutura do solo assumem papel importante para que ele possa desempenhar suas funções, sendo os principais a porosidade total do solo, a macro e microporosidade, a estabilidade de agregados, a distribuição do tamanho das partículas e a infiltração da água no solo (AGUIAR, 2008).

As plantas necessitam de solos com condições físicas favoráveis para o seu desenvolvimento adequado (COLLARES et al., 2006). Um impacto comum das práticas agrícolas convencionais na física do solo é a compactação, que interfere negativamente no desenvolvimento radicular das plantas causando redução da produtividade e impactos ao ambiente (LUCIANO et al., 2012).

Perdas em termos de qualidade química do solo, por sua vez, interferem no aporte de matéria orgânica, nos teores de P e N, na capacidade de troca catiônica e no pH do solo (DORAN e PARKIN, 1994), enquanto perdas na qualidade biológica são mais associadas com a vida do solo, afetando a biomassa microbiana, mineralização de N (DORAN e PARKIN, 1994), ocorrência de micorrizas, que são associações simbióticas entre fungos e raízes das plantas vasculares responsáveis por diversos benefícios, como promover maior absorção de água e P pelas plantas (ANTONIOLLI e KAMINSKI, 1992).

A matéria orgânica é um dos melhores indicadores de qualidade do solo, estando interligada à qualidade física, química e biológica do solo (REICHERT, 2003). A matéria orgânica além de ser fonte de nutrientes para o crescimento de plantas, promove e protege o ecossistema do solo, melhora sua estrutura, aumenta a retenção de água e nutrientes, é fonte de alimento para os microrganismos e contribui com o aporte de carbono orgânico no solo (GLIESSMAN, 2009), desempenhando ainda um importante papel na mitigação do efeito estufa (SILVA et al., 2000). Na proposta dos SAFs sintrópicos, a matéria orgânica desempenha papel central no manejo do solo, merecendo especial atenção em todas as etapas do processo produtivo.

Diante de todo o exposto, a pesquisa teve por objetivo geral sistematizar uma experiência com sistemas agroflorestais sintrópicos em área de montanha e avaliar a qualidade do solo neste sistema. Para isto, a dissertação foi organizada em dois capítulos. O primeiro capítulo teve como objetivo geral sistematizar a experiência de um sistema agroflorestal sintrópico em área de montanha de Minas Gerais. Especificamente objetivou i) compreender o contexto local e todo o histórico do uso e ocupação da propriedade bem como da transição agroecológica; ii)

identificar as espécies manejadas na propriedade nos diferentes sistemas sintrópicos conduzidos e suas funções para os agricultores; iii) identificar elementos orientadores para o uso da terra em regiões montanhosas. No segundo capítulo, o objetivo geral foi avaliar a qualidade do solo em sistema agroflorestal sintrópico. Especificamente objetivou comparar a qualidade dos solos sob diferentes tipos de uso e manejo em ambientes montanhosos.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, I. M. **Qualidade física do solo em sistemas agroflorestais**. 2008. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Departamento de Solos, Universidade Federal de Viçosa, MG, 2008.
- ALMEIDA, A. M.; DE PAULA, E. V. Les zones de préservation permanentes des sommets: les changements dans la législation brésilienne a leurs différentes interprétations Permanent preservation areas of hilltops: of the changes in the Brazilian law to different interpretations. **Revue Franco-Brésilienne de Géographe**, n. 37, 2018. <https://doi.org/10.4000/confins.15261>
- ALVES, R. N. B. **Características da Agricultura Indígena e sua influência na Produção Familiar da Amazônia**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2001. 20 p.
- ANDRADE, A. O que é Agricultura Sintrópica. **Agenda Gotsch**, 20 de jul. de 2019. Disponível em: <https://agendagotsch.com/pt/what-is-syntropic-farming/>. Acesso em: 20/08/2019.
- ANTONIOLLI, Z. I.; KAMINSKI, J. Micorrizas. **Ciência Rural**, Santa Maria, RS, v.21, n.3, p. 441-455, set./dec. 1992.
- BATES, R. L.; JACKSON, J. A. **Dictionary of Geological Terms: Third Edition**. 3ª Ed. New York: Anchor Books, 1984. 571 p.
- BRASIL. **Decreto nº 7.830 de 17 de outubro de 2012**. Dispõe sobre o Sistema de Cadastro Ambiental Rural, o Cadastro Ambiental Rural, estabelece normas de caráter geral aos Programas de Regularização Ambiental, de que trata a Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012, e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/decreto/d7830.htm. Acesso em: 20 mar. 2020.
- CARDOSO, I. M.; MUGGLER, C. C.; FÁVERO, C.; MENDONÇA, E. S.; OLIVEIRA, T. S.; LIMA, A. C. R. CASALINHO, H. D.; FERNANDES, R. B. A. **Ressignificar nossas percepções sobre o solo: atitude essencial para manejar agroecossistemas sustentáveis**. In: CARDOSO, I. M.; FÁVERO, C. Solos e Agroecologia. Brasília: Embrapa, 2018. 376 p.
- CARDOSO, I.M.; GUIJT, I.; FRANCO, F. S.; CARVALHO, P. S.; FERREIRA NETO, P. S. Continual learning for agroforestry system design: university, NGO and farmer partnership in Minas Gerais, Brazil. **Agricultural Systems**, v. 60, n. 3, p. 235-257, set. 2001.
- CERDA, R. et al. Coffee agroforestry systems capable of reducing disease-induced yield and economic losses while providing multiple ecosystem services. **Crop Protection**, v. 134, mar. 2020.
- COLLARES, L. G.; REINERT, J. R; REICHERT, J. M. Qualidade física do solo na produtividade da cultura do feijoeiro num argissolo. **Pesq. Agropec. Bras**, Brasília, v. 41, n.11, p. 1663-1674, nov. 2006.
- CONTI, J. B.; FURLAN, S. A. **Geocologia: o clima, os solos e a biota**. In: ROSS, J. L. S. Geografia do Brasil. 6. ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, p. 67-198, 2009.
- DORAN, J. W.; PARKIN, T. B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J. W.; COLEMAN, D. C.; BEZDICEK, D. F.; Stewart, B. A. **Defining soil quality for a sustainable environment**. Madison, Soil Science Society of American - SSSA. Special

- Publication, v. 35, p. 3-21, 1994.
- DORAN, J.W. Soil quality and sustainability. *In: XXVI CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO*, 26., 1997, Rio de Janeiro. **Anais do XXVI Congresso Brasileiro de Ciência do Solo**. Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1997. p. 20-26.
- FAO. **Mountain environments. International Mountain Day** – Sustainable Mountains Development, 2012. Disponível em: <http://www.fao.org/3/a-ar590e.pdf>. Acesso em: 20/03/2020.
- FARREL, J. G.; ALTIERI, M. A. **Sistemas Agroflorestais**. In: ALTIERI, M. A. Agroecologia: Bases científicas para uma agricultura sustentável. 3ª ed. São Paulo/Rio de Janeiro: Expressão Popular, ASPTA. 2012. 400 p.
- GERRARD, J. **Mountain Environments**. London. Belhaven Press, 1990. 317 p. ISBN 1-85293-049-7
- GOBBO, S. D. A. et al. Uso da Terra no entorno do PARNA - Caparaó: Preocupação com Incêndios Florestais. **Floresta e Ambiente**, v. 23, n. 3, p. 350-361, 2016.
- GOMES, L.C. et al. Agroforestry systems can mitigate the impacts of climate change on coffee production: A spatially explicit assessment in Brazil. **Agriculture Ecosystems & Environment**. v. 294, jun. 2020.
- GOTSCH, ERNST. **O renascer da agricultura**. Rio de Janeiro: AS-PTA, 2ª ed., 1996. 24 p.
- GOULART, F. F; VANDERMEER, J.; PERFECTO, I.; MATTA-MACHADO, R. P. Análise agroecológica de dois paradigmas modernos. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 4, n. 3, dez. 2009. p. 76-85.
- GUERRA, A. J. T. **Dicionário geológico-geomorfológico**. Rio de Janeiro: IBGE, 1993.
- GUIMARÃES, L. A. O. P.; MENDONÇA, G. C. Conceitos e Princípios práticos da agroflorestal sucessional biodiversa (agricultura sintrópica). In: 29ª Semana Agronômica do CCAAE – IFES – SEAGRO, 29, 2018. Espírito Santo. **Periódico 29ª Semana Agronômica do CCAAE**. Plantando hoje as riquezas do futuro. Alegre – ES/CCAE. UFES, 2018.
- HOFFMANN, M. R. M. **Sistemas Agroflorestais para Agricultura Familiar: análise econômica**. 2013. Dissertação (Mestrado em Agronegócios) – Universidade de Brasília, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, DF, 2013.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Noções Básicas de Cartografia**. n. 8. Rio de Janeiro: IBGE: Departamento de Cartografia - Manuais Técnicos em Geociências, 1999. 130 p.
- LEONI, L. S; SOUZA, V. C. **Espécies endêmicas ocorrentes no Parque Nacional do Caparaó**. Carangola, Minas Gerais: Boletim do Herbário Guido Pabst – PABSTIA., 1999. p. 1-14.
- LOPEZ NETTO, A. **Políticas Públicas para o desenvolvimento rural sustentável em ambientes de montanha no Brasil e na Argentina**. 2013. Tese (Doutorado em Ciência, Tecnologia e Inovação em Agropecuária) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, RJ, 2013.
- LOPEZ, A.; AQUINO, A. M.; ASSIS, R. L. **Agricultura de Montanha: uma prioridade latente na agenda da pesquisa brasileira**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica: Embrapa-Departamento de Pesquisa e Desenvolvimento, 2011. 64 p.

- LUCIANO, et al. **Atributos físicos relacionados à compactação de solos sob vegetação nativa em região de altitude no Sul do Brasil**. Rev. Bras. Ciênc. Solo, v.36, n.6. Viçosa, 2012.
- MARTINS, T. P.; RANIERI, V. E. L. **Sistemas agroflorestais com alternativa para as reservas legais**. Ambiente e Sociedade. v. 17, n. 3, p. 79-73, 2014. ISSN 1809-4422.
- MYERS, N.; MITTERMEIER, R. A.; MITTERMEIER, C. G.; FONSECA, G. A. B. DA; KENT, J. **Biodiversity hotspots for conservation priorities**. Nature, 403, p. 853-858, 2000.
- NAIR, P. K. R. **Soil productivity aspect of agroforestry**. Nairobi: International Council for Research in Agroforestry (ICRAF), 1982. 85 p.
- PASINI, F. S. **A Agricultura Sintrópica de Ernst Gotsch: história, fundamentos e seu nicho no universo da Agricultura Sustentável**. 2017. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Macaé, RJ, 2017.
- PENEIREIRO, F. M. **Sistemas agroflorestais dirigidos pela sucessão natural: um estudo de caso**. 1999. Dissertação (Mestrado em Ciências). Universidade do Estado de São Paulo – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, SP, 1999.
- PERSIL, V.H. **Delimitação de áreas de preservação permanente em topos de morro no município de Viçosa-MG utilizando sistema de informações geográficas**. 2014. Monografia (Bacharel em Engenharia Floresta), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2014.
- PRICE, L. W. **Mountains and Man: A study of process and environment**. 1ª ed. California: University of California Press, Berkeley, 1991. 506 p.
- PRIMAVESI, A. **Manejo Ecológico do Solo: agricultura em regiões tropicais**. 2ª ed. São Paulo: Editora Nobel, 1981. 544 p.
- REBELLO, J. F. S. **Princípios de Agricultura Sintrópica segundo Ernst Gotsch**. 1ª ed. Goiás: CEPEAS, 2018.
- REICHERT, J. M.; REINERT, D. J.; BRAIDA, J. A. **Qualidade dos solos e sustentabilidade de sistemas agrícolas**. Ciência e Ambiente, n. 27, 2003.
- RIGHI, C.; BERNARDES, M. S. **Cadernos da Disciplina Sistemas Agroflorestais**. Piracicaba, São Paulo: Universidade de São Paulo - Esalq, 2015. 108p. *E-book*.
- ROSS, J. L. S. **Os Fundamentos da Geografia da Natureza**. In. ROSS, J. L. S. Geografia do Brasil. 6. ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2009. p. 13-51.
- SILVA, C. A.; MACHADO, P.L.O de A. **Sequestro e emissão de carbono em ecossistemas agrícolas: estratégias para o aumento dos estoques de matéria orgânica em solos tropicais**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2020. 23 p.
- SILVA, J. O.; HOFFMANN, M. R. M.; VIEIRA, F. C. Recuperação de área degradada com sistemas agroflorestais biodiversos no bioma Cerrado – Um estudo de caso no Sítio Felicidade/DF. In: **Anais do VIII Simpósio Nacional de Recuperação de Áreas degradadas – SINRAD**. Vitória-ES, 2010. p. 2-10.
- SOUZA, H. N.; CARVALHO, A. F.; GJROUP, D. F. Learning by doing a participatory methodology for systematization of experiments with agroforestry systems, with an example of its application. **Agroforestry System**, v. 85, n.2, p. 247–262, 2012.
- STRASSBURG, B.B. *et al.* Global priority areas for ecosystem restoration. **Nature**, n. 586, p.

724-729, 2020.

VAZ DA SILVA, P. P. **Sistemas agroflorestais para recuperação de matas ciliares em Piracicaba, SP.** 2002. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, SP, 2002.

VAZ SILVA, P. P. **Viagem por Minas Gerais com Ernst Gotsch. Curso Internacional de Capacitação em Tecnologias Agroflorestais.** Minas Gerais: Embrapa, 2009. 24 p.

VEZZANI, F. M.; MIELNICZUK, J. Uma visão sobre qualidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33 n. 4, p. 743-755, jul/agos. 2009.

WILLIAMS K. J.; ROSAUER, A. F. D.F.; SILVA, N.; MITTERMEIER R; BRUCE C.; LARSEN F.W; MARGULES, C. Forests of east Australia: the 35th biodiversity hotspot. In: ZACHOS, F. E.; HABEL, J. C. **Biodiversity Hotspot**, cap. 16, 2011. p. 295-310.

CAPÍTULO 1

SISTEMATIZAÇÃO DA TRANSIÇÃO AGROECOLÓGICA COM SISTEMAS AGROFLORESTAIS SINTRÓPICOS EM AMBIENTE MONTANHOSO

1. INTRODUÇÃO

No território brasileiro, embora não ocorram processos tectônicos ativos, existem cadeias montanhosas geradas em diversas idades ao longo do Proterozoico. São os cinturões orogênicos do Atlântico, o de Brasília e o Paraguai-Araguaia. Como produto de um processo tectônico, um conjunto de soerguimentos e sucessivos desgastes erosivos resultou no surgimento das escarpas das serras do Mar e Mantiqueira (ROSS, 2009).

Ambientes de montanhas exibem características climáticas, florísticas, topográficas e pedológicas particulares (MARTILNELLI, 2007; CONTI e FURLAN, 2009; NETO et al., 2016), sendo responsáveis pelo sustento direto de aproximadamente 12% da população mundial (NAÇÕES UNIDAS, 2009).

As regiões de montanhas têm sido, muitas das vezes, negligenciadas em diversos países. Entretanto, desde sua menção na Agenda 21, no item Gerenciamento e Ecossistemas Frágeis: Desenvolvimento Sustentável das Montanhas (capítulo 13), essas áreas passaram a ter destaque nos debates relacionados à promoção e discussões sobre desenvolvimento sustentável (NAÇÕES UNIDAS, 1992; LOPEZ et.al, 2011). A razão para isto deve-se ao fato de serem consideradas áreas prioritárias para o abastecimento de água, energia, conservação da biodiversidade biológica, minerais, florestais, agrícolas, fonte de lazer e ambientes sensíveis às mudanças climáticas (NAÇÕES UNIDAS, 1992).

No atual cenário das mudanças ambientais globais, iniciativas conservacionistas nestes ambientes associadas às práticas adequadas de manejo, uso e ocupação do solo são indispensáveis para a conservação da natureza e minimização especial de perdas de biodiversidade (IPCC, 2019).

Ambientes de montanhas abrigam importantes biomas no Brasil, como a Mata Atlântica, considerada um dos 35 *hotspots* do planeta (WILLIAMS et al., 2011). Esse ecossistema é prioritário para a conservação em caráter mundial, pelo alto nível de biodiversidade, endemismo e perda significativa de sua vegetação original (MYERS et al., 2000; WILLIAMS et al., 2011; MARCHESE, 2015) que, em grande parte foi substituída por agroecossistemas, em especial por pastagens.

Tecnologias voltadas para sua recuperação e conservação ambiental têm sido

desafiadoras em qualquer situação, mas em especial quando associadas à agroecossistemas em regiões montanhosas (LOPEZ, et.al, 2011). Nestas áreas, em função de seus papéis já destacados, a conservação da biodiversidade é associada diretamente à qualidade de vida (ABRASCO, 2019; NAÇÕES UNIDAS, 2015), sendo necessário repensar alternativas de desenvolvimento sem que se pretenda, numa perspectiva antropocêntrica, dominar a natureza (ACOSTA, 2016).

As formas de dominação da natureza caminham na contramão da sustentabilidade, transforma paisagens de vegetação natural em monocultivos, e contribui para o desequilíbrio da natureza e surgimento de doenças (NICHOLLS e ALTIERI, 2018). A este desequilíbrio podem ser associadas situações como a recente pandemia do COVID-19, responsável pela contaminação de mais de 5 milhões de pessoas e a morte de outros 300 mil (GARDNER, 2020; OPAS, 2020).

Nas últimas décadas, a Agroecologia vem buscando estabelecer caminhos para a construção de uma agricultura mais sustentável, mobilizando diversos atores que buscam contribuir para a conservação da natureza e o não comprometimento da riqueza da agrobiodiversidade (ALTIERI, 2004; FEIDEN, 2005; GLIESSMAN, 2009; NODARI e GUERRA, 2015). Essa proposta assume três concepções, exercidas como teoria crítica, como prática social e como movimento social (ALTIERI, 2012).

A Agroecologia é centrada na “defesa social, da saúde ambiental, soberania e segurança alimentar e nutricional, economia solidária e ecológica, equidade entre gêneros e relações mais equilibradas entre o mundo rural e as cidades” (ALTIERI, 2012, p.7-8). Neste contexto, podemos associar a Agroecologia ao solo, bem natural que é a base dos agroecossistemas e, cujo manejo, afeta toda a rede ambiental por ele sustentada.

As práticas de manejo agroecológico visam promover solos e plantas mais saudáveis, desenvolvendo assim agroecossistemas mais sustentáveis (GLEISSMAN, 2009; ALTIERI, 2012; PRIMAVESI, 2014) e seres humanos mais sadios (PRIMAVESI, 2016). Os sistemas agroflorestais (SAFs) têm se destacado, dentre outras tecnologias, como uma estratégia na produção sustentável nos agroecossistemas tropicais, sendo considerado adequado como forma de manejo agroecológico, tanto pelo aumento da biodiversidade como pela melhoria na qualidade biológica, física e química dos solos (CARDOSO et al., 2001; FARREL e ALTIERI, 2012; WEZEL et al., 2014).

Desde 1993, iniciativas participativas com SAFs têm sido conduzidas na Zona da Mata de Minas Gerais, envolvendo o Centro de Tecnologias Alternativas da Zona da Mata (CTA-ZM) e Sindicatos de Trabalhadores Rurais, em parcerias com agricultores, estudantes e

pesquisadores e técnicos da Universidade Federal de Viçosa (UFV) na busca da promoção do desenvolvimento rural sustentável (CARDOSO et al., 2001; SOUZA et al., 2012).

Projetos utilizando SAFs desenvolvidos ao longo das últimas décadas na região têm sido um processo contínuo de aprendizagem e considerados eficazes como prática de uma agricultura regenerativa e capazes de contribuir com a sustentabilidade dos agroecossistemas (CARDOSO et al., 2001). Os SAFs possibilitam diferentes desenhos de diversidade ecológica e possibilidades utilizando-se da interação entre árvores e outras espécies, com diferentes portes, e ocupação diversa no espaço e/ou tempo (VANDERMEER e PERFECTO, 1995; ALTIERI, 2012). Dentre as formas de manejo ainda pouco experimentadas na região, o manejo sintrópico, também denominado de agricultura sintrópica (AS), vem ganhando a atenção de alguns agricultores, após seu expressivo reconhecimento no Brasil e no mundo.

Sistemas agroflorestais sintrópicos é um tipo de SAF que trabalha com processos e não insumos, onde o manejo se dá na condução da sucessão natural de espécies como forma de uso da terra para cultivos agrícolas, e na recuperação dos solos degradados (PENEIREIRO, 1999; PASINI, 2017; GUIMARÃES e MENDONÇA, 2018). Esta proposta começou a ser difundida no Brasil e no mundo a partir dos trabalhos iniciados na década de 1980 pelo suíço Ernst Gotsch, no sul da Bahia (GOTSCH, 1996; PENEIREIRO, 1999; VAZ, 2009; GUIMARÃES e MENDONÇA, 2018; REBELLO, 2018), tendo sido mais popularizada com a divulgação de vídeos em 2015 em sites de compartilhamentos da internet (GUIMARÃES e MENDONÇA, 2018).

Ainda que tenha ganhado expressão, poucos são os trabalhos de sistematização destas experiências envolvendo a agricultura sintrópica, e muito menos quando associadas aos ambientes de montanha. A sistematização destas experiências favorece a identificação e a compreensão de informações e tecnologias geradas no cotidiano de agricultores, podendo ser utilizadas para o aprimoramento contínuo das ações desenvolvidas e como referência para outros agricultores e vizinhos. Sistematizar o processo de aprendizagem dos atores envolvidos permite estimular a reflexão dos erros, das lições empíricas e do aprendizado coletivo (CHAVEZ-TAFUR, 2006; HOLLIDAY, 2006), com impactos que podem ser aproveitados em diferentes organizações.

O objetivo geral deste estudo foi sistematizar a experiência de um sistema agroflorestal sintrópico em área de montanha de Minas Gerais. Especificamente objetivou i) compreender o contexto local e todo o histórico do uso e ocupação da propriedade bem como da transição agroecológica; ii) identificar as espécies manejadas na propriedade nos diferentes sistemas sintrópicos conduzidos e suas funções para os agricultores; iii) identificar elementos

orientadores para o uso da terra em regiões montanhosas.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

O estudo foi realizado na Zona da Mata mineira, no município de Alto Caparaó (Figura 1). A Zona da Mata Mineira está inserida no domínio morfoclimático dos Mares de Morros, área de clima tropical e subtropical do Brasil (AB'SABER, 2012). Este domínio está associado a uma expansão populacional e econômica, consolidada a partir da exploração excessiva da natureza, iniciadas na colonização com a derrubada de florestas e perpetuando-se até os dias atuais com a ocupação e uso inadequado das terras, o que tem levado à devastação da Mata Atlântica (DEAN, 1996; TABARELLI et al., 2005; SOARES, 2012).

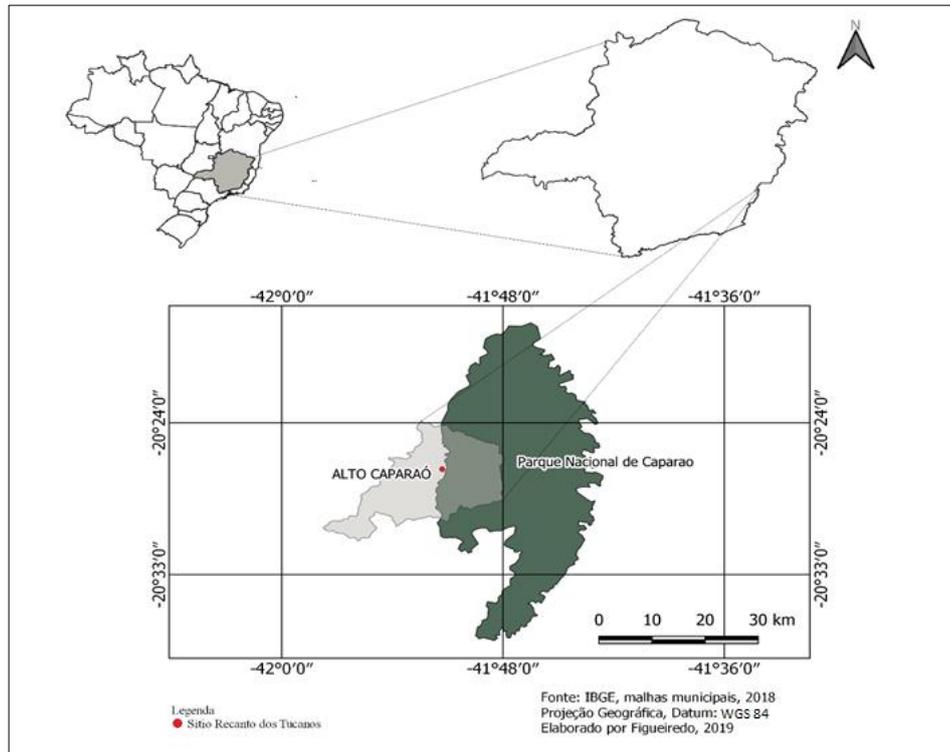
A área de estudo localiza-se a 2 km da entrada principal do Parque Nacional (PARNA) Caparaó, onde se localiza o Pico da Bandeira. O PARNA Caparaó configura uma cadeia de montanha que se eleva até cerca de 2800 m, formando pelo Maciço do Caparaó é uma Unidade de Conservação Federal localizada na divisa dos estados de Minas Gerais e Espírito Santo. Este Parque é responsável por proteger importantes bacias hidrográficas (ICMBio, 2020; ANA, 2020) e diversas espécies endêmicas e ameaçadas de extinção (ICMBio, 2020). A conservação dessas áreas protegidas e seu entorno é imprescindível para o equilíbrio natural de forma a permitir a manutenção e preservação da fauna e flora endêmica, bem como da paisagem.

A classe de solo predominante na região é a do Latossolos, caracterizado por serem solos profundos, altamente intemperizados, muito permeáveis, ácidos e de baixa fertilidade (KER, 1997).

A propriedade, denominada Sítio Recanto dos Tucanos, limita-se com o PARNA e encontra-se a mais de 1.300 m de altitude (Figura 2). O sítio possui 7 ha, reúne condições mais amenas de clima e o café era e continua sendo um dos principais produtos plantados em toda a região. Quatro hectares do sítio são de mata preservada, e o restante dedicados à produção de café, frutas, hortaliças e madeira.

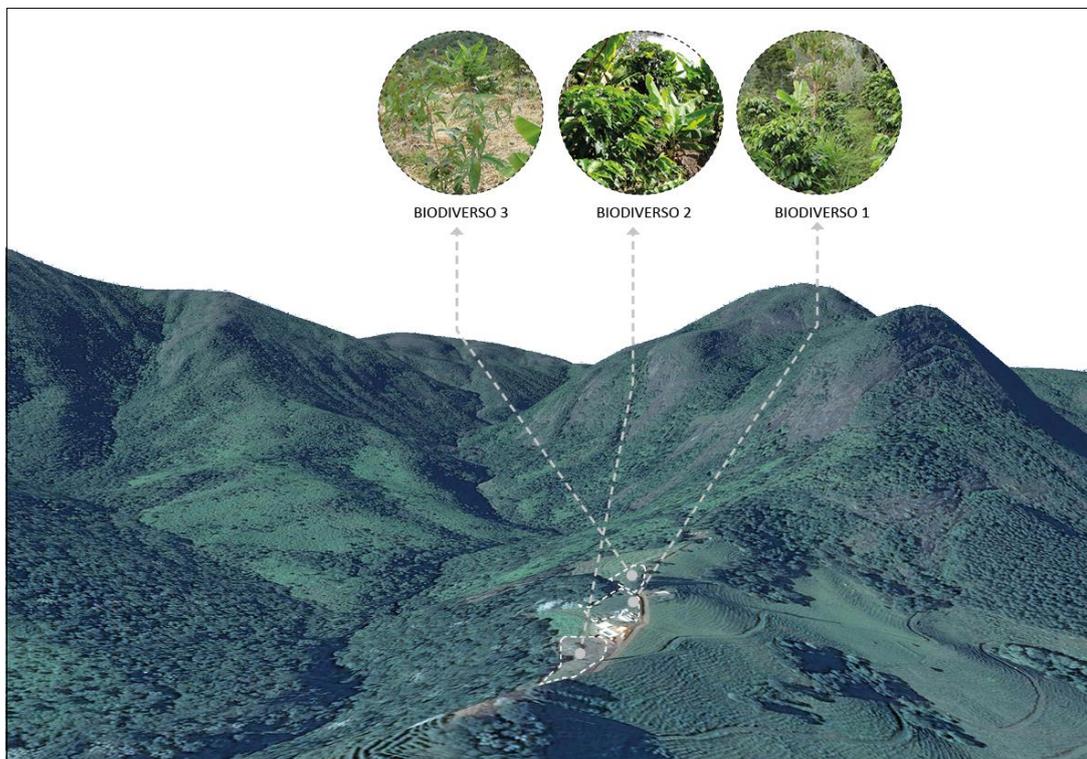
Nos últimos quatro anos, os 3 ha sob uso agrícola têm sido manejados seguindo princípios da agricultura sintrópica, com talhões sob diferentes estágios de adoção.

Figura 1 - Localização da propriedade rural estudada em Alto Caparaó/MG.



Fonte: A autora (2020).

Figura 2 – Vista panorâmica da unidade de produção onde o estudo foi realizado, denominada Sítio Recanto dos Tucanos.



Fonte: Vanessa Gambardella (2020).

2.2 Sistematização da experiência

As informações necessárias para a sistematização foram obtidas por meio de conversas informais seguidas de anotações e relatorias. Estas conversas foram realizadas durante o acompanhamento cotidiano das atividades em visitas realizadas na unidade produtiva. Tais visitas permitiram o contato com a realidade dos atores sociais envolvidos e possibilitaram obter informações muitas das vezes não percebidas com entrevistas ou aplicação de questionários. Durante as visitas utilizou-se a observação participante, o qual apresenta como metodologia que permite uma relação multilateral entre pesquisador e as pessoas inseridas dentro do seu ambiente, cujas práticas possam ser observadas, permitindo participar da rotina adotada dentro de determinado território e auxilia a compreender melhor as ações humanas e de ver o mundo social (MAY, 2001).

Ainda durante as visitas, a linha do tempo e a caminhada transversal, técnicas de pesquisa do Diagnóstico Rural Participativo – DRP (VERDEJO, 2010) foram utilizadas: com a linha do tempo obteve-se as informações sobre o histórico de uso e ocupação da terra e de implantação dos sistemas sintrópicos pela família e sobre as práticas agrícolas utilizadas na propriedade. Com a caminhada transversal, realizada com agricultor e técnicos envolvidos, aprofundou os diálogos sobre a experiência, registrou as imagens das áreas em SAFs e reconheceu, mesmo que parcialmente, o território onde a experiência está inserida e a forma como manejam os sistemas implementados.

As informações coletadas foram analisadas de forma qualitativa e quantitativa, sendo sistematizadas em forma de textos, tabelas, figuras, e registro fotográfico. Para socializar todo o processo de pesquisa e os aprendizados planejou-se realizar um Intercâmbio Agroecológico local. Em virtude da pandemia do COVID-19 o mesmo ainda não foi realizado, mas será, assim que for permitido.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Histórico do uso e ocupação da terra

A agricultura familiar é expressiva na Zona da Mata de Minas Gerais (RODRIGUES, 2019), sendo as culturas do café e milho, bem como as pastagens para criação do gado algumas das principais atividades agrícolas. Essas atividades predominaram durante o processo de evolução e ocupação do território na região, o que está refletido na unidade produtiva pesquisada. Para o maior aprofundamento e melhor compreensão da dinâmica acerca da

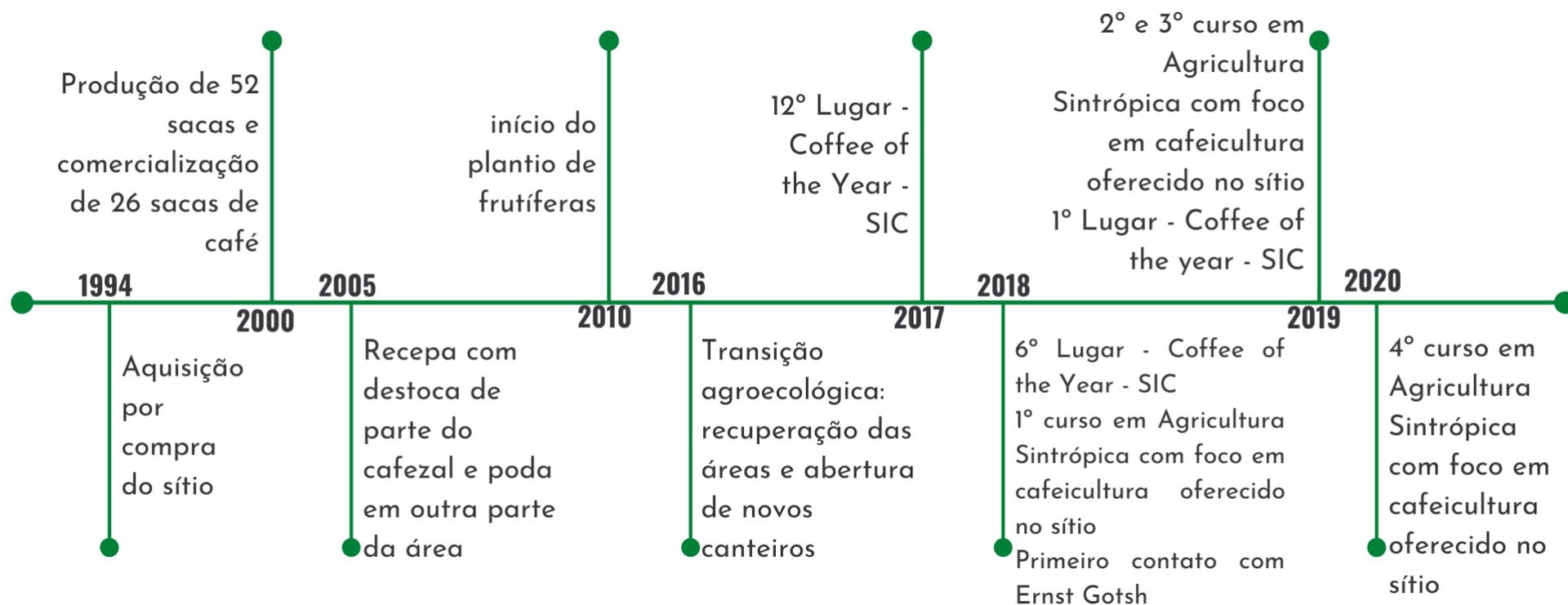
produção familiar na agricultura fez-se um recorte sobre o histórico da propriedade (FINATTO e SALAMONI, 2008; SANTOS, et al., 2014), iniciando em 1994 (Figura 3).

A partir da reconstrução da trajetória histórica da propriedade, foi possível identificar o início da transição agroecológica.

O sítio, comprado em 1994, possuía um cafezal com 6.000 plantas (*Coffea arabica*) que, como na maioria das propriedades rurais da região, era cultivado a pleno sol, isto é, sem qualquer outra espécie arbórea. O objetivo inicial do cultivo foi a produção, e não a qualidade do café. Nesta época, a produção era dividida entre o proprietário e um meeiro. No final do ano de 2000, a produção foi de 52 sacas e o meeiro vendeu toda suas 26 sacas logo após a colheita devido ao valor da saca, mas o proprietário guardou sua parte da produção para vender mais tarde. No início de 2001 o café perdeu valor, o que desmotivou o proprietário que foi obrigado a vender seu café pela metade do preço.

Nos anos seguintes o cultivo convencional foi mantido, mas o proprietário não obtinha lucro. Após essa série negativa, em 2005, o cafezal foi arrancado em 1/3 da área e, no restante da propriedade, as plantas de café foram recepadas, com retirada total de galhos e parte do tronco. Em 2010, decidiu-se redesenhar a área e *Brachiaria* foi plantada em toda a área. Nos 2/3 de café recepados, optou-se também pelo plantio, junto com a braquiária, de algumas frutíferas, incluindo algumas adaptadas ao clima tropical de altitude, nas entrelinhas das plantas de café recepadas.

Figura 3 - Linha do Tempo com destaques de momentos importantes na trajetória da transição agroecológica do sítio Recanto dos Tucanos



Fonte: A autora (2020).

Em 2010 foram então plantadas 300 mudas de pêsego (*Prunus persica*) para consumo *in natura* e para se fazer doces; 200 mudas de oliveiras (*Olea europæare L.*), destinadas à extração de azeite e consumo dos frutos em conserva ou *in natura*; e 50 mudas de abacateiros (*Persea americana*), para o consumo *in natura*. As frutíferas foram plantadas em berços com espaçamentos de 60 cm x 60 cm entre linhas e espaçamentos 6 x 6 m nas linhas. O termo berço é utilizado pela agricultura sintrópica em substituição ao termo cova, já que em cova coloca-se mortos e no berço, coloca-se crianças, que como sementes um dia serão adultos. Nesta mesma época também foram plantadas, em leiras, algumas mudas de cana-de-açúcar (*Saccharum offinarum*) para extração de caldo para consumo próprio.

Assim como o termo berço, outros termos são utilizados pelos agricultores em consonância com os princípios da Agricultura Sintrópica. Por exemplo, sementes são denominadas de genes; a prática da capina é denominada de colheita, pois produz material vegetal; os termos concorrência e competição, considerados complicados por muitos, são substituídos por cooperação; o aparecimento de organismos denominados pragas, passam a ser considerados como agentes de fiscalização do sistema; e a lida da roça é denominada de amor incondicional pelo sistema (ANDRADE, 2019).

Atualmente o uso de uma planta frutífera de clima temperado não é muito comum na região, mas como relata Sr. Willian, é que a região produzia muito pêsego no passado, em especial em áreas que hoje compõem o PARNA Caparaó. A cultura acabou sendo esquecida e quase não se via mais pessegueiros na região. Na infância ele aprendeu com os pais e avós a fazer doce de pêsego e isto o motivou a investir na cultura. Esta nostalgia hoje é fortalecida a cada tacho que o pai produz de pessegada cascão, que é comercializada e muito apreciada na região, e o plantio foi claramente orientado pelo desejo do agricultor de reviver a infância, como relatado por ele: “...*com esse clima fresco, eu queria um pomar bem bonito, com algumas frutíferas, principalmente o pêsego. A gente sempre fazia doce de pêsego quando eu era criança...*”.

Em 2016, a transição agroecológica da propriedade se iniciou por iniciativa do Willinha, filho mais velho dos proprietários. Após algumas tentativas de ser empreendedor na cidade de Juiz de Fora - MG, principalmente no setor mobiliário, e não tendo retorno financeiro satisfatório, este filho retornou ao município de Alto Caparaó, mas tendo em mente “*uma tal de Agricultura Sintrópica, uma nova forma de cultivo mais sustentável, com um sistema mais diversificado*”. Entretanto, ele apenas havia ouvido falar sobre esta forma de agricultura.

Ao retornar para Alto Caparaó e decidido a investir seu tempo e recursos no sítio, o filho começa a assistir vídeos disponibilizados na internet por diversos disseminadores da

Agricultura Sintrópica. O filho então iniciou o processo de recuperação dos cafeeiros, deixando as plantas rebrotarem. Também decidiu plantar 100 mudas de bananeira visando a produção de material orgânico para o manejo que pretendia implementar. A maior dificuldade enfrentada neste momento, foi a dúvida se tudo aquilo poderia dar certo, já que “*nunca tinha visto nada parecido em Alto Caparaó*”.

Como se trata de uma propriedade pequena, a decisão foi, desde o início, de investir no cultivo de cafés especiais. Dessa forma, na implantação dos sistemas os recursos de tempo e financeiros foram realizados com foco na melhoria da qualidade do café. Essa opção pelo cultivo de cafés especiais tem sido apontada como uma grande alternativa para que pequenos agricultores alcancem êxito na atividade e permaneçam na terra (SOUZA, 2006) e tem sido muito comum na região do Caparaó.

O termo café especial é utilizado internacionalmente para designar produtos de qualidade e que, por isto, conseguem agregar valor na comercialização. Esta qualidade do café traduz-se em grãos isentos de impurezas e defeitos, o que depende, dentre outros fatores, do clima regional, do manejo e da terra, que influenciam a posteriori a qualidade física e sensorial do produto final (SCA, 2020; BSCA, 2020).

No mesmo ano de 2016, logo no início da transição agroecológica da propriedade, foi colhida a primeira safra. A produção deste primeiro ano foi de apenas três sacas, o que correspondeu a 180 kg de café beneficiado, que foi comercializada em uma cafeteria no próprio município. Neste primeiro ano, o filho teve contato com alguns cafeicultores da região e com eles teve conhecimento do concurso Coffee of the Year, e decidiu que no ano seguinte levaria o seu produto para o certame, junto com outros agricultores do município.

No ano seguinte, a colheita foi toda direcionada ao referido concurso que é realizado por ocasião da Semana Internacional do Café (SIC) que ocorre em Belo Horizonte. Esta primeira participação no concurso rendeu ao café sintrópico de Alto do Caparaó o 12º lugar na competição dos cafés de qualidade. Esse é um concurso concorrido, onde agricultores de todo país submetem amostras de cafés produzidos em diferentes manejos. A avaliação se dá por meio de especialistas licenciados pelo Coffee Quality Institute (CQI), que inicialmente pré-selecionam 180 amostras. Estas amostras passam posteriormente por uma análise sensorial mais refinada de degustação às cegas, sendo classificadas as 15 melhores bebidas - 10 de café arábica (*Coffea arabica*) e cinco de café canéfora (*Coffea canephora*). Essas finalistas são submetidas ao voto popular após degustação às cegas para a definição da classificação final (SIC, 2019).

A intenção inicial da família ao enviar as amostras para este primeiro concurso em 2017 foi alcançar visibilidade para a propriedade e, em sendo bem classificado, agregar valor na

comercialização do café produzido. Entretanto o desempenho superou o esperado e, após o evento e a premiação, o café da propriedade passou a ser vendido, em média, por nove vezes mais que o valor do café convencional da região.

No ano seguinte, em outubro de 2018, o café da propriedade foi novamente premiado na SIC, agora obtendo o 6º lugar. Além do reconhecimento entre pares, os agricultores se orgulham da valorização do manejo sintrópico obtido com o prêmio. Em termos de valores, 20 kg de grãos da safra premiada foram leiloados em janeiro de 2019 por R\$ 8.000,00 para compradores canadenses, o que sai a R\$ 400,00 o quilo do café.

Esta premiação motivou ainda mais os agricultores a cuidarem da lavoura, sempre seguindo as orientações do manejo sintrópico. Esta dedicação mais uma vez foi reconhecida. Em novembro de 2019, amostras do café foram novamente submetidas a avaliação no concurso SIC, e desta vez, dentre as 500 amostras inscritas, o café produzido do Sítio dos Tucanos com manejo sintrópico foi agraciado com o 1º lugar, recebendo o título de melhor café na categoria Arábica.

Durante toda a trajetória que culminou com a última premiação, os agricultores sempre se preocuparam em difundir os conhecimentos adquiridos na propriedade e também vivenciados e aprendidos com outros experimentadores e na literatura, a partir da busca de materiais na internet e cursos em outras regiões do país.

Para esta difusão, após três anos do início da transição agroecológica, além da dedicação ao cultivo de cafés especiais, os agricultores têm buscado promover cursos no local para difundir o modelo de agricultura adotado, fazer mutirões, e praticar e fomentar trocas de experiências entre pessoas e grupos de diferentes localidades e realidades. Essa proposta de oferecimento de cursos também tem o foco de ampliar a geração de renda da propriedade e tornar o sítio ainda mais conhecido.

Até o momento foram realizados quatro cursos, todos com três dias de duração com atividades essencialmente práticas. Todos os cursos tiveram o agroflorestor (aquele que pratica a agrofloresta) Rômulo Araújo como mediador. Ele é um dos maiores disseminadores da agricultura sintrópica no Brasil, e é proprietário do Sítio Raiz, de Brasília-DF.

Durante o último curso realizado em janeiro de 2020, práticas de manejo foram conduzidas nas áreas onde o café já era cultivado na propriedade e foi oportunizado aos participantes vivenciarem a implantação de uma nova área onde o café havia sido retirado em 2010. Para a implantação do novo cafezal, mutirões foram realizados para preparo do solo e o plantio das novas mudas. Os mutirões é uma importante metodologia de compartilhamento de saberes, técnicas e práticas eficientes de tecnologias agroflorestais e para a construção de novos

saberes (CARDOSO, 2001; DEVIDE et al., 2013). Essa é a mesma percepção dos organizadores do curso, que teve a coordenação geral de Willinha, que é quem coordena praticamente todas as atividades relacionadas ao café no sítio. Além de outros afazeres gerais na propriedade, o proprietário é responsável pela produção de doce, uma pessegada que é apreciada na região, sendo comercializada em alguns pontos do município, e que também é uma outra fonte de renda dos agricultores.

A percepção tanto do pai quanto do filho é que desde o processo de transição, o sítio tem buscado o aprimoramento de suas práticas, e a experimentação é uma constante. Ambos têm a plena consciência de que hoje servem de inspiração para os vizinhos, demais agricultores do município e para visitantes de diferentes pontos do país. Também são conscientes da importância que a propriedade tem no entorno do PARNA Caparaó, sentindo-se corresponsáveis pela sua preservação. Durante uma das visitas ao sítio, a equipe testemunhou o trabalho do filho mais velho no combate a um incêndio florestal que atingiu o parque, encontrando rapidamente com ele quando se deslocava com um grupo de brigadistas e voluntários que há três dias combatia o fogo nas áreas íngremes do Parque.

As premiações recebidas diferenciam o Sítio Recanto dos Tucanos na região e inspiram outros a participarem de concursos. Nem todos serão premiados em concursos de café de qualidade e o preço alcançados por cafés premiados nunca serão alcançados por todos os cafés produzidos, mesmo que com qualidade. Entretanto, a experiência de concursos do sítio precisa ser reconhecida, pois demonstra a capacidade de resiliência do agricultor familiar e a efetividade de um manejo em bases sustentáveis e não dependente de insumos. A experiência mostra que a propriedade pode ser rentável e motivadora para o agricultor, e abrem outras possibilidades para comercialização do café.

A visão comercial e empreendedora do filho é destacável. Uma das suas iniciativas foi a produção de um site do sítio (www.sitiorecantodostucanos.com.br/), que disponibiliza na internet dados de localização da propriedade, princípios da agricultura sintrópica, principais produtos agrícolas produzidos e até uma loja virtual para o comércio eletrônico dos cafés premiados.

3.2 Sistemas Agroflorestais Sintrópicos

Em toda a propriedade o cafezal é mantido em sistemas que foram planejados desde a sua concepção e têm sido conduzidos pela orientação da agricultura sintrópica. No momento das visitas de campo, entre os meses de junho e agosto ano de 2019, havia três sistemas

agroflorestais (Tabela 1) sob este tipo de manejo que, neste trabalho foram denominadas de biodiverso 1 (BIO1), biodiverso 2 (BIO2) e biodiverso 3 (BIO3).

As áreas apresentavam na oportunidade 4 anos (BIO1), 3 anos (BIO2) e 2 meses (BIO3) de implantação. Nas áreas BIO 1 e BIO 2, o café arábica já estava plantado antes da transição para o manejo sintrópico, e as espécies implantadas ao longo da transição foram sendo dispostas dentro do espaço disponível. A área BIO 3 foi implantada durante os cursos promovidos entre 2018 e 2019, sendo a seleção de espécies efetuada conforme a disponibilidade na região e suas respectivas função de acordo com o entendimento dos agricultores. O preparo dos berços com tamanho de 60 x 60cm onde as mudas utilizadas nos SAFs foram plantadas, foram adubados com matéria orgânica oriunda de esterco de gado e de galinha, pó de rocha, e com aproximadamente 100 a 200 g de calcário em cada berço para correção da acidez do solo, misturado a terra retirada para abertura dos berços e depois colocada de volta no berço.

Tabela 1. Descrição dos sistemas agroflorestais sintrópicos do Sítio Recanto dos Tucanos

Tempo de adoção	4 anos	3 anos	2 meses
Coordenadas	20° 26' 37,95" S 41° 51' 04,68" O	20° 26' 35,81" S 41° 51' 03,57" O	20° 26' 39,84" S 41° 51' 01,14" O
Altitude (m)*	1335 m	1325 m	1350 m
Forma do Relevo	convexo	convexo	convexo

* Google Earth.

Figura 4 – Caminhada transversal na propriedade. A = Colheita de frutos do cafeeiro feitas durante a caminhada transversal; B = discussão sobre aspectos ligados ao manejo durante a caminhada transversal na propriedade; C = observação sobre o café produzido na propriedade ao final da caminhada transversal.



Fonte: A autora (2019).

Figura 5 – Caminhada transversal na propriedade com um grupo maior. D = Observação sobre a implantação de sistema agroflorestal com foco em café produzido na propriedade ao final da caminhada transversal; E = Parada para descanso durante a Caminhada transversal.



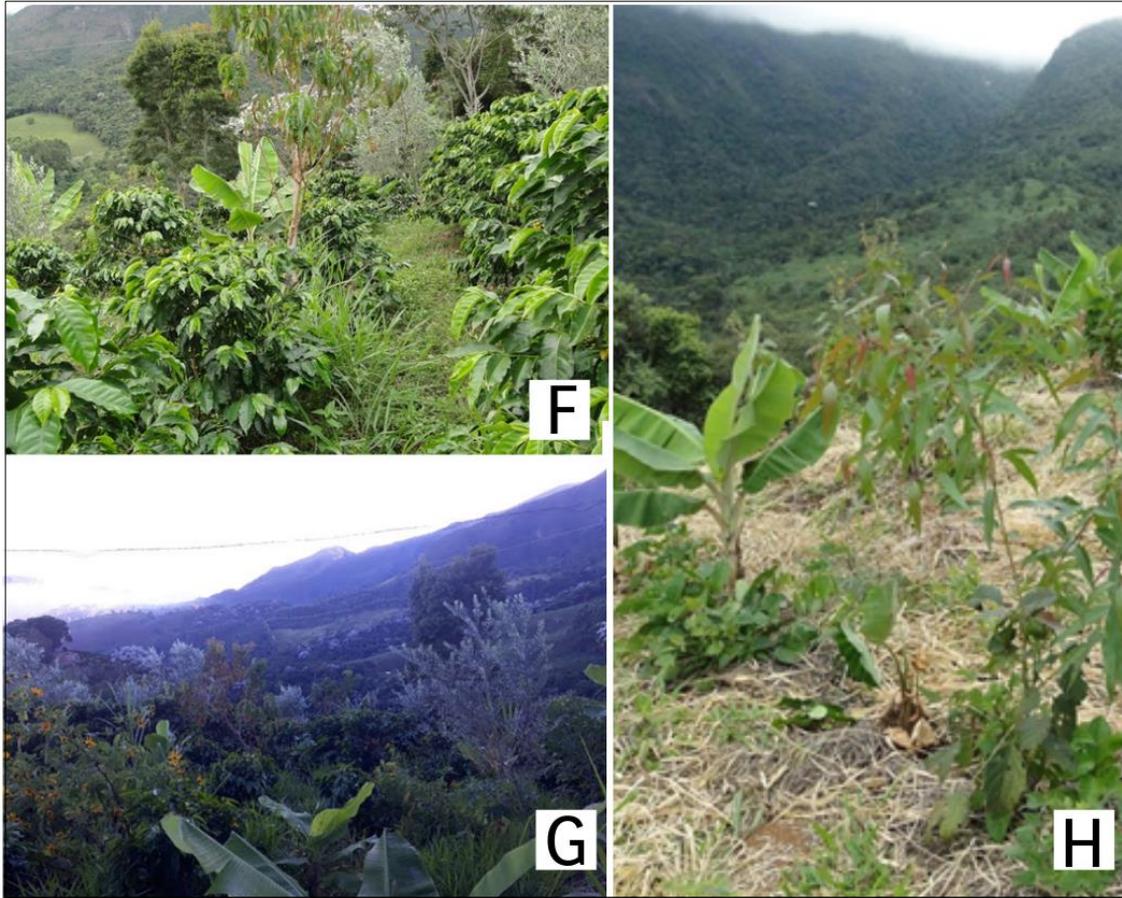
Fonte: A autora (2019).

As principais espécies utilizadas nos três SAFs sintrópicos e as funções atribuídas a elas pelos agricultores são apresentadas na Tabela 2 e ilustradas na Figura 6.

Foram identificadas 19 espécies, e pode-se observar que apresentam diferentes funções dentro dos sistemas agroflorestais. As principais funções são para maior aporte de matéria orgânica no solo. Assim como ocorre a queda de uma árvore em uma floresta estabelecida, e com ela, inicia-se diversos processos ao redor dessa clareira que se abre, as podas são realizadas frequentemente e utilizadas para a cobertura do solo para fornecer diversos benefícios como nutrientes, entrada de luz solar.

Dentre os princípios da agricultura sintrópica está a exigência de se observar a natureza, buscando perceber em que contexto a planta está originalmente inserida, e tentar reproduzir este sistema no agroecossistema para reduzir seu estresse (PENEIREIRO, 1999; REBELLO, 2018). Por exemplo, o café arábica é nativo da Etiópia, onde se adaptou a altitudes superiores a 1.000 m, em temperaturas variando entre 18°C e 22°C, entretanto atualmente é uma das espécies mais cultivadas no mundo, em condições nem sempre similares de onde ele se originou (SOUZA et al., 2004), a exemplo da propriedade do Recanto dos Tucanos que mantém um cultivo similar a uma altitude de aproximadamente 1300 m e inseriu árvores frutíferas para proporcionar o sombreado do café.

Figura 6 – Visão geral dos sistemas agroflorestais sintrópicos. F = Biodiverso 1 (BIO1); G = Biodiverso 2 (BIO2); Biodiverso 3 (BIO 3).



Fonte: A autora (2019).

Como o café é naturalmente de estrato baixo, as áreas biodiversas do sítio foram planejadas para abrigar espécies que proporcionassem diversos níveis de estratificação. Além disto, os agricultores, ao escolherem as espécies procuram associar o plantio de florestas produtivas e a recuperação de solos degradados, como preconizado pelos Sistemas Agroflorestais Sintrópicos. Com estes princípios, foram planejados arranjos de espécies com diferentes portes, combinando espécies anuais e perenes e em áreas que precisavam de práticas de recuperação.

Os agricultores também demonstraram conhecer as características de cada espécie em seu ambiente natural. As espécies maiores recebem a radiação solar e, frequentemente, apresentam as maiores copas (PENEIREIRO, 1999; REBELLO, 2018). Desta forma, eles consideraram no planejamento das espécies a serem consorciadas, os diferentes níveis de estratificação para possibilitar o recebimento da energia solar por todas as plantas de acordo com suas necessidades. Assim incidência solar varia em intensidade de acordo com a espécie,

o que promove maior conforto térmico e melhor desenvolvimento dessas espécies.

Toda a estratificação na propriedade seguiu, em boa medida as orientações propostas por Ernest e relatadas por Rebello (2018). Essas orientações indicam a estratificação em quatro níveis, considerando a altura e a porcentagem de sombra das espécies. Nesta proposta de estratificação tem-se as espécies consideradas emergentes, altas, médias e baixas, que permitem, respectivamente, a passagem de 20%, 40%, 60% e 80% de luz. A partir desta orientação, as frutíferas consorciadas com o café nas áreas BIO 1 e BIO 2 (Tabela 2) são podadas imitando o processo que ocorreria na floresta quando as espécies de estrato mais alto perdem as folhas, permitindo assim a entrada de luz e o seu desenvolvimento. Os resíduos vegetais, tais como as folhas, galhos e troncos, são utilizados como aporte de matéria orgânica visando aumentar a fertilidade natural da área.

Segundo os agricultores, as espécies arbóreas manejadas na propriedade cumprem diversos papéis nos agroecossistemas. O sistema radicular, segundo eles, assume um dos papéis mais importantes neste processo. Eles têm o entendimento que cada espécie apresenta tamanho distinto de comprimento e volume de raízes e a combinação de diferentes espécies possibilita maior absorção de nutrientes que seriam perdidos em processos de lixiviação no perfil ao longo do tempo. Essa ideia é coerente com a indicação de que a utilização de várias espécies consorciadas aumenta a diversidade do sistema radicular (FARREL e ALTIERI, 2012; PASINI, 2017; REBELLO, 2018; GUIMARÃES e MENDONÇA, 2018), que exploram o solo de forma diferente. Além disto, a maioria das espécies se associam às micorrízicas que aumentam a absorção de nutrientes e água em camadas diferentes do solo (FARREL e ALTIERI, 2012). Como as micorrizas são microrganismos, estas não são percebidas pelos agricultores. Entretanto a importância das raízes na qualidade física do solo é percebida por eles. Segundo os agricultores, as raízes contribuem para a incorporação da matéria orgânica em profundidade e agem mecanicamente ao se aprofundarem no solo, o que descompacta o solo e facilita a infiltração de água, e com isto evita a erosão.

A estrutura do solo pode ser melhorada com o aumento do teor de matéria orgânica e a ação descompactadora das raízes em subsuperfície, bem como pelo favorecimento que essas estruturas dão à atividade microbiana, todos esses fatores contribuem com o desenvolvimento de agregados mais estáveis (FARREL e ALTIERI, 2012) e a qualidade do solo. Preocupados com a presença de diferentes sistemas radiculares e abundância, os agricultores buscam introduzir a maior quantidade de espécies nas áreas de produção, além de favorecer a produção de biomassa.

Como se localizam em uma área declivosa, os agricultores também são preocupados em

manter o solo coberto para reduzir o impacto da água da chuva e ainda manter o solo úmido por mais tempo. A bananeira e braquiária são componentes presentes em todas as áreas do cultivo sintrópico do café (Tabela 2). Segundo os agricultores, a bananeira é uma excelente produtora de biomassa, sendo frequentemente podada para adubar as linhas de árvores. Na entrelinha do cafezal, a braquiária é roçada periodicamente, sendo distribuída como cobertura na área total.

Nas áreas BIO 1 e BIO 2 foram ainda utilizadas espécies de ciclos curtos, como as hortaliças (alface, rúcula, couve, salsinha, cebolinha) para o consumo da família e, posteriormente, espécies com ciclos mais longos, como a mandioca e o milho, nas entrelinhas. Essas duas culturas acabam aparecendo também em BIO 3 e estão presentes em todos os sistemas.

Um dos maiores desafios da transição no sítio para os agricultores foi a implantação de espécies adubadeiras, produção de biomassa e cobertura do solo nas áreas BIO 1 e BIO 2. Os primeiros plantios de frutíferas demonstrou uma certa competição por luminosidade entre as plantas, e aprendizados foram incorporados que permitem hoje conduzir melhor a poda e o espaçamento entre os indivíduos arbóreos.

Esta dificuldade inicial de produção em quantidade de material orgânico é um dos principais desafios para a implantação de sistemas sintrópicos (PENEIREIRO, 1999; PASINI, 2017; REBELLO, 2018). Para isto é necessário escolher espécies de crescimento rápido e resistentes as podas.

Tabela 2. Principais espécies identificadas nos Sistemas Agroflorestais Sintrópicos do Sítio Recanto dos Tucanos e sua função segundo a percepção dos agricultores

Nome científico	Nome comum	Característica	BIO 1	BIO 2	BIO 3	Principais Funções das plantas nos sistemas
<i>Coffea arábica</i>	Café	arbórea/arbustiva	X	X	X	Frutos
<i>Musa sp</i>	Bananeira	herbácea	X	X	X	MO
<i>Brachiaria</i> (Trin.) Griseb.	Brachiaria	herbácea	X	X	X	MO
<i>Araucaria angustifolia</i>	Araucária	arbórea			X	Frutos ¹ ; MO ²
<i>Canavalia ensiformis</i>	Feijão-de-porco	arbustiva			X	Grãos; fixação de N ³ ; MO
<i>Panicum maximum</i>	Mombaça	herbácea			X	MO
<i>Eucalyptus</i>	Eucalipto	arbórea			X	MO, madeira
<i>Euterpe edulis</i>	Juçara	arbórea			X	Frutos; MO ¹ ; fauna ⁴
<i>Pyrus communis 'Williams'</i>	Pera	arbórea			X	Frutos
<i>Physalis peruviana</i>	Physalis	herbácea			X	Frutos
<i>Olea europeae L.</i>	Oliveira	arbórea	X	X		Azeite; folhas para chá
<i>Panicum maximum</i>	Mombaça	herbácea	X	X		MO
<i>Persea americana</i>	Abacate	arbórea	X	X		Frutos; óleo
<i>Smallanthus sonchifolius</i>	Batata Yacon	herbácea			X	Tubérculos
<i>Zea mays</i>	Milho	herbácea	X	X	X	Grãos
<i>Manihot esculenta</i>	Mandioca	arbustiva	X	X	X	Tubérculos
<i>Prunus persica</i>	Pêssego	arbórea	X	X		Frutos
<i>Saccharum officinarum</i>	Cana-de-açúcar	herbácea	X	X		Produção de caldo de cana
<i>Thitonia diversifolia</i>	Margaridão	herbácea		X		MO; fixação de N

¹Frutos: para a produção de frutos; ²MO: produção de material vegetal para a incorporação de matéria orgânica ao sistema; como adubos verdes; ³Fixação de N: plantas destinadas à fixação biológica de nitrogênio; ⁴Fauna: alimento para a fauna.

Os agricultores têm a consciência da importância da cobertura do solo e da recomendação do uso de resíduos vegetais nesta proteção (ALVARENGA, et al., 1996; REDIN et al., 2016). Também sabem que esta prática é fundamental em sistemas agroflorestais mais sustentáveis como indicado por diferentes autores (PRIMAVESI, 1981; FARREL e ALTIERI, 2012; REBELLO, 2018; GUIMARÃES e MENDONÇA, 2018). Eles sabem também da importância da serapilheira como estabilizador térmico do solo e fonte de base para o aumento da diversidade de microrganismos (PRIMAVESI, 1981; PASINI, 2017; REBELLO, 2018; GUIMARÃES e MENDONÇA, 2018).

A presença da araucária chama atenção na propriedade. Essa espécie, ameaçada de extinção, também conhecida como pinheiro-brasileiro, é nativa da Mata Atlântica, mas no Planalto das Araucárias, no Sul do país e não nos Mares de Morros (BRASIL, 2018). A araucária foi introduzida intencionalmente no sítio, no último mutirão para implantação do BIO 3, por se adaptar ao clima montanhoso e para produção de frutos e matéria orgânica. Alguns indivíduos adultos têm alturas que impressionam e que se destacam na região. Atualmente ela é introduzida nos sistemas, principalmente, para comercialização do pinhão, nome designado às suas sementes. Estudo relacionando ao efeito sobre o sistema cafeeiro-araucária em sistemas agroflorestais na região do sul de Minas Gerais encontrou efeitos positivos nos atributos físicos, acúmulo de matéria orgânica no solo e maior formação de micorrizas no cafeeiro (MELLONI, et al., 2018).

O feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*) é considerado uma planta alimentícia não convencional – PANC. Estes nomes são atribuídos às plantas que não são comumente comercializadas ou consumidas. Neste caso, existem algumas restrições, pois algumas partes e modos de preparo são considerados tóxicos. Por isso, as principais partes de interesse alimentício são as vagens imaturas e as sementes imaturas de vagens já mais desenvolvidas (KINUPP e LORENZI, 2014). No entanto, os agricultores fazem referência à sua importância como adubo verde para o solo. Essa cultura é bastante utilizada no sudeste e sul do Brasil como adubação verde por possuírem crescimento rápido, não serem muito exigentes quanto a fertilidade do solo e por se adaptarem tanto em solos argilosos quanto arenosos (PANIAGUA, et al., 1994; LOPES, 1998; PADOVAN, et al., 2011). O feijão de porco é uma leguminosa, o que é sabido pelos agricultores, capaz de fixar N. Devido a esta e outras características é reconhecido pela sua capacidade de melhorar a qualidade do solo.

Assim como as leguminosas, as gramíneas fornecem nutrientes aos solos quando utilizadas como aporte de biomassa e ainda aportam matéria seca para cobertura do solo (LOPES, 1998). Dessa forma, como já indicado a braquiária é presente em todos os sistemas.

Especificamente no caso da área BIO3, o capim mombaça foi introduzido nas entrelinhas. Os agricultores indicam que, capim mombaça propicia maior cobertura do solo e a maior produção de material vegetal que será roçado e servirá de adubo para o sistema, em relação a braquiária.

O eucalipto foi uma das espécies escolhida e introduzida na implantação da área BIO 3 com o objetivo de produzir matéria orgânica e madeira, além do conforto térmico que os agricultores esperam irá proporcionar aos cafeeiros. São poucos os indivíduos de eucalipto na área, e os agricultores comentam que têm a percepção dos danos que a espécie pode causar no caso de monocultivo. Mesmo assim eles concordam que a espécie pode contribuir em agroflorestas sucessionais por serem geradores de matéria orgânica (REBELLO, 2018) e por adaptarem a solos degradados e possuir rápido crescimento (PASINI, 2017).

Na área BIO 3 também foram implantados consórcios complexos incluindo espécies como a palmeira juçara, araucária, pêra, banana, feijão-de-porco, physalis e o eucalipto. Essas são espécies de diferentes estratos e diferentes hábitos de crescimentos. Essa diversidade foi intencional e o comentário dos agricultores é que promove o equilíbrio biológico.

Além dos arranjos estratificados, uma das premissas utilizadas pelos agricultores na área BIO 3 foi o plantio em altas densidades, para aumentar a eficiência fotossintéticas do sistema, conforme indicado também por REBELLO (2018). Neste sentido, enquanto o solo é coberto por gramíneas, o cafezal ocupa o estrato mais baixo; as pereiras compõem o estrato médio; o eucalipto e a juçara o estrato alto, e a araucária o estrato emergente.

A juçara é uma palmeira nativa e ameaçada de extinção da Mata Atlântica e pode atingir 20 m de altura (BRASIL, 2018). Os agricultores identificam diversos benefícios da espécie no sistema implantado. Além da comercialização e beneficiamento do seu fruto para produção de polpa, tipo açaí, que gera renda para a propriedade, esta palmeira contribui especialmente com a restauração de florestas nativas tropicais por ser alimento preferencial de algumas aves. As árvores transformam-se então em poleiros que concentram aves que se alimentam de seus frutos e de outros do entorno e dispersam as sementes para outras áreas, transformando-se assim em importantes componentes no reflorestamento de áreas adjacentes (PIJL, 1982). Este é o caso dos tucanos (*Ramphastos spp.*), aves frugívoras presentes comuns na região, e frequentemente observados nas palmeiras na sua frutificação e por isto dão nome ao sítio.

Enquanto as espécies arbóreas do BIO 3 crescem, outros cultivos de ciclos curtos têm sido cultivados nas entrelinhas e linhas do cafezal. Este é o caso das culturas da batata yacon, milho e mandioca, produtos que os agricultores consideram relevantes para o próprio consumo na alimentação da família. Essas plantas são cultivadas ao longo do ano de forma estratificada e considerando o tempo de colheita de cada um.

O pêssego, além da função comercial, embeleza o sítio em época da florada, com pequenas e delicadas flores rosadas. Segundo os agricultores, as condições atmosféricas influenciam em sua florada, que por sua vez, refletem na produção. Quanto mais as temperaturas permanecem frias, mais florados os pessegueiros e maior a probabilidade de uma boa colheita.

A introdução da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*) nos sistemas também remonta as memórias da infância do pai e a vontade de poder ter sempre a mão como fazer o caldo de cano, algo apreciado por toda a família. Essa vontade motivou os agricultores a investir em um pequeno engenho elétrico de moer cana, que sempre está disponível a todos os visitantes do local.

A presença de oliveiras (*Olea europeae* L.) é outra característica peculiar da propriedade. Juntamente com a araucária, pessegueiros e pereiras indicam algo diferenciado dos agricultores, se comparados com os demais da região. Além da preocupação com a diversificação que é presente nas áreas, nota-se a sensibilidade para com espécies de clima temperado, uma percepção que aparentemente foi perdida na região, ao se avaliar o que predomina na paisagem – café, pastagem eucalipto. Especificamente no caso das oliveiras, cuja introdução remonta também ao início da transição nas áreas BIO1 e BIO2, percebe-se novamente a opção pela experimentação que vislumbrava ainda em 2010 a produção de óleo de oliva. Ou seja, os agricultores começaram a vislumbrar tal oportunidade quando pouco se falava na cultura no país. O cultivo comercial de oliveiras no Brasil começa em 2008 (SOUTO, 2017), embora existam relatos que a cultura e o azeite já eram produzidos em Airuoca, no sul de Minas Gerais, por volta do ano de 1853, ainda no Brasil Império (WEISS, 2019). O certo é que as primeiras produções de azeite brasileiro são recentes e realizadas em unidades de pesquisa da EPAMIG, sendo coincidentes com o início das plantações comerciais em 2008 (OLIVEIRA et al., 2010). Portanto, logo antes de se verificar alguma expansão da cultura, os agricultores já visualizaram um potencial a ser explorado na espécie. Mas até o momento não se produziu na propriedade o óleo, pois isto depende da aquisição de equipamentos e treinamento especializado dos agricultores.

O plantio do margaridão foi realizado no início da transição agroecológica do BIO 2, com o propósito de contribuir com o sistema como adubação verde. Esta espécie é comumente utilizada em sistemas agroflorestais para melhorar a qualidade do solo, sobretudo a qualidade química, exercendo a função de ciclar nutrientes e conservar carbono no início do sistema (CARDOSO et al., 2013). Os agricultores têm plena percepção da relevância da diversificação nos sistemas agroflorestais. Eles conhecem os benefícios associados à ciclagem de nutrientes

no solo, aos efeitos sobre o microclima e a manutenção da umidade do solo, e na melhoria da qualidade do solo como um todo. Impressiona o quanto o filho do proprietário é autodidata e está em constante busca de informações e trocas de experiências. As experiências por eles vivenciadas ao longo dos anos, permitiu à família empoderar-se de conceitos que estão bem estabelecidos na literatura científica (DUARTE et al., 2007; FARREL e ALTIERI, 2012).

Para além dos ganhos dentro da propriedade, há que se destacar os efeitos da diversificação e estratificação vegetal adotada na paisagem e no contexto do entorno de um PARNA. A região da Zona da Mata mineira é formada por um mosaico de fragmentos florestais, que sofrem com a falta de conectividade que permita o adequado fluxo gênico de flora e, em especial, da fauna. Experiências como a do Sítio Recanto dos Tucanos deve ser motivadora, pois alia capacidade de geração de renda e conservação ambiental. A presença de mais propriedades como a do presente estudo contribuirá para a conexão de fragmentos isolados ou mesmo de grandes maciços presentes nas unidades de conservação da Mata Atlântica brasileira, em especial pela alta diversidade de espécies em termos de indivíduos e estratos e não uso de agrotóxicos.

CONCLUSÕES

A transição agroecológica no manejo sintrópico na propriedade apresenta potencial para promover a conservação ambiental no entorno de Unidades de Conservação, para proporcionar condições adequadas para a manutenção e bem-estar de agricultores familiares e para aumentar a renda familiar.

Os anos de experiência com agrofloresta sintrópica tornaram os agricultores conhecedores das técnicas de manejo e dos benefícios do sistema e permitiram aos mesmos identificar os impactos do manejo adotado no aumento da biodiversidade, na cobertura do solo, no favorecimento da conservação da água e na proteção dos solos em região de montanha.

Em apenas quatro anos, a adoção do manejo agroflorestal sintrópico foi capaz de incrementar o valor agregado do principal produto da propriedade e aumentar a fonte de renda da família.

REFERÊNCIAS

- AB’SABER, A. N. **Domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. 7ª ed. São Paulo: Ateliê Editorial, 2012. 160p.
- ABRASCO - Associação Brasileira de Saúde Coletiva. **Dossiê ABRASCO: um alerta sobre os impactos dos agrotóxicos na saúde**. 1ª ed. Rio de Janeiro: EPSJV; São Paulo: Expressão Popular, 2015. 624p.
- ACOSTA, A. **O Bem Viver: uma oportunidade para imaginar outros mundos**. 1ª ed. São Paulo: Editora Elefante. 2016. 264 p.
- ALTIERI, M. A. **Agroecologia: Bases científicas para uma agricultura sustentável**. 3ª ed. São Paulo/Rio de Janeiro: Expressão Popular, ASPTA. 2012. 400 p.
- ALTIERI, Miguel A. Linking ecologists and traditional farmers in the search for sustainable agriculture. **Frontiers in Ecology and the Environment**, v. 2, n. 1, p. 35–42, 2004.
- ANA. Agência Nacional de Águas. **As 12 Regiões Hidrográficas Brasileiras**. Disponível em: <https://www.ana.gov.br/as-12-regioes-hidrograficas-brasileiras>. Acesso em: 12 mar. 2020.
- BRASIL. **Lei nº 23.207, de 27 de dezembro de 2018**. Institui o Polo Agroecológico e de Produção Orgânica na região da Zona da Mata. Minas Gerais: 27 de dez. 2018. Disponível em: <https://www.almg.gov.br/consulte/legislacao/completa/completa.html?tipo=LEI&num=23207&comp=&ano=2018>. Acesso em: 20 jun. 2020.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Lista oficial traz 472 espécies da flora brasileiras ameaçadas de extinção**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 30 dez. 2018. Disponível em: <https://www.mma.gov.br/informma/item/5076-lista-oficial-traz-472-especiesda-florabrasileira-ameacadas-de-extincao>. Acesso em: 20 mai. 2020.
- BSCA – BRAZIL SPECIALTY COFFEE ASSOCIATION. **Cafés especiais são destaque em Minas Gerais**. Varginha, 12 nov. 2019. Disponível em: <https://bsca.com.br/index/home>. Acesso em: 12 nov. 2019.
- CALDEIRA, P. Y.C; CHAVES, R. B. **Sistemas Agroflorestais em espaços protegidos. Sistemas agroflorestais em espaços protegidos**. 1ª ed. São Paulo: Secretaria de Estado do Meio Ambiente, Coordenadoria de Biodiversidade e Recursos Naturais, 2011. 36 p.
- CARDOSO, I. M.; CARVALHO, A. F.; BONFIM, V. R.; SOUZA, H. N.; GJORUP, D. Experimentação Participativa com Sistemas Agroflorestais por Agricultores Familiares: Histórico. In: 2º Congresso Brasileiro de Extensão Universitária. **Anais 2º Congresso Brasileiro de Extensão Universitária**. Belo Horizonte, 2004.
- CARDOSO, I.M.; GUIJT, I.; FRANCO, F. S.; CARVALHO, P. S.; FERREIRA NETO, P. S. Continual learning for agroforestry system design: university, NGO and farmer partnership in Minas Gerais, Brazil. **Agricultural Systems**, Barking, v. 60, p. 235-257, 2001.
- CARDOSO, J; H.; INSAURRIAGA, I. C.; GRINBERG, P. S.; BERGMANN, N. T. **Sistemas Agroflorestais e Conversão Agroecológica: o Desafio do Redesenho dos Sistemas de Produção**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2013. 29p.
- CHAVEZ-TAFUR, J. **Aprender com a prática: uma metodologia para sistematização de experiências**. Brasil: AS-PTA, 2007.
- DEAN, W. **A ferro e fogo: a história e a devastação da Mata Atlântica brasileira**. 1ªed.

- São Paulo: Companhia das Letras, 1996. 484 p.
- DEVIDE, A. C. P. et al. **“Mutirão agroflorestal”**: Herramienta de red de agroforestería del Vale do Paraíba. Brasil, 2013.
- DIEZ HURTADO, A. **Guía Metodológico para la Sistematización de Experiencias del Secretariado Rural**. 1ª ed. Lima: Secretariado Rural do Peru, 2001. 62 p.
- DUARTE, E. M.; CARDOSO, I. M.; SOUZA, H. N. Sistemas agroflorestais, o manejo do solo e a conservação da biodiversidade na Mata Atlântica. **Revista Brasileira de Agroecologia**. v. 2, n. 2, out. 2007.
- FARREL, J. G.; ALTIERI, M. A. Sistemas Agroflorestais. In: ALTIERI, M. A. **Agroecologia: Bases científicas para uma agricultura sustentável**. 3ª ed. São Paulo/Rio de Janeiro: Expressão Popular, ASPTA. 2012. 400 p.
- FEIDEN, A. **Agroecologia: Introdução e Conceitos**. In: AQUINO, A. M.; ASSIS, R. L. **Agroecologia: Princípios e técnicas para uma agricultura sustentável**, 2005. 517p.
- GARDNER, L. **Mapping COVID-19, 2020**, 21 maio 2020. Disponível em: <https://systems.jhu.edu/research/public-health/ncov/>. Acesso em: 21 mai. 2020.
- GLIESSMAN, S. R. **Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável**. 4ª ed. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, UFRGS, 2009.
- HOLLIDAY, O. J. **Para sistematizar experiências**. 2º ed. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2006. 128 p.
- ICMBio. **Parque Nacional do Caparaó**. Disponível em: <https://www.icmbio.gov.br/parnacaparao/4-parque-nacional-do-caparao.html>. Acesso em: 10 set. 2019.
- IPCC. The intergovernmental panel on climate change. **Climate Change and Land: An IPCC Special Report on Climate Change, Desertification, Land Degradation, Sustainable Land Management, Food Security, and Greenhouse Gas Fluxes in Terrestrial Ecosystems**. 2019. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/srccl/>. Acesso em: 10 set. 2019.
- JUNQUEIRA, A. C.; SCHLINDWEIN, M. N.; CANUTO, J.C.; NOBRE, H. G.; SOUZA, T. J. M. Sistemas agroflorestais e mudanças na qualidade do solo em assentamento de reforma agrária. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Dois Vizinhos, Paraná, v. 8. n. 1. p. 102-115, out. 2013.
- KINUPP, V. F.; LORENZI, H. **Plantas Alimentícias Não Convencionais: guia de identificação, aspectos nutricionais e receitas ilustradas**. 1ª ed. São Paulo: Instituto Plantarum de estudos de Flora, 2014. 768 p.
- KRENAK, A. **Ideias para adiar o fim do mundo**. 1ª ed. São Paulo: Companhia das Letras, 2019. 64 p.
- LOPES, O. M. N. Feijão-de-porco: **Leguminosa para adubação verde e cobertura de solo**. Recomendações Básicas. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental. p. 1-4. 1998.
- LOPEZ, A.; AQUINO, A. M.; ASSIS, R. L. **Agricultura de Montanha: uma prioridade latente na agenda da pesquisa brasileira**. 1ªed. Brasília, DF: Embrapa Informações Tecnológica, 2011. 64 p.
- MARCHESE, C. Biodiversity hotspots: A shortcut for a more complicated concept. **Global Ecology and Conservation**, Netherlands, v. 3, p. 297-309, jan. 2015.

- MAY, T. observação participante: perspectiva e prática. In.: SOARES, C. A. S. N; CORTES, S. M. V. **Pesquisa Social: Teoria, método e criatividade**. 3ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. p. 171-202.
- MELLONI, R. *et al.* Sistemas agroflorestais cafeeiro-araucária e seu efeito na microbiota do solo e seus processos. **Ciência Florestal**, Santa Maria, RS. v. 28, n. 2, p. 784-795, abr./jun 2018.
- MYERS, N.; MITTERMEIER, R. A.; MITTERMEIER, C. G.; FONSECA, G. A. B. DA; KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, p. 853-858, 2000.
- NAÇÃO UNIDAS. **Transformando Nosso Mundo: A Agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável**, 1ª ed. Organização das Nações Unidas, 2015. 49 p.
- NAÇÕES UNIDAS. **Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, Agenda 21**. Rio de Janeiro, 1992.
- NAIR, P. K. R. **Soil productivity aspect of agroforestry**. Nairobi: International Council for Research in Agroforestry (ICRAF), 1982. 85 p.
- NICHOLLS, C. I.; ALTIERI, M. A. Pathways for the amplification of agroecology. **Agroecology and Sustainable Food Systems**, v. 42, n. 10, p. 1170-1193, agos. 2018.
- OLIVEIRA, A.F.; VIEIRA NETO, J.; GONÇALVES, E.D.; VILLA, F.; SILVA, L.F.O. Parâmetros físico-químicos dos primeiros azeites de oliva brasileiros extraídos em Maria da Fé, Minas Gerais. **Scientia Agraria**, v.11, p. 255-261, out. 2010.
- OPAS. **Organização Pan-Americana da Saúde. Folha informativa – COVID-19 (doenças causadas pelo novo coronavírus)**. 21 mai. 2020. Disponível em: <https://www.paho.org/pt/covid19>. Acesso em: 21/05/2020.
- PADOVAN, M. P.; MOTTA, I. S.; CARNEIRO, L. F.; MOITINHO, M. R.; FERNANDES, S. S. L. Acúmulo de fitomassa e nutrientes e estágio mais adequado de manejo do feijão-de-porco para fins de adubação verde. **Revista Brasileira de Agroecologia**.v. 6, n. 3, p. 182-190, agos. 2011.
- PANIAGUA, A.; DASS, D.L.; MAZZARINO, M.J.; SOTO, M.L.; SZOTT, L.; DÍAZROMEU, R.; FERNÁNDEZ, C.; JIMÉNEZ, M. Cambios en fracciones orgánicas e inorgánicas de fósforo en suelos con el uso de sistemas agroforestales. **Agroforestería en las Américas**, v. 1, n. 2, p. 14 –19, 1994.
- PASINI, F. S. **A Agricultura Sintrópica de Ernst Gotsch: história, fundamentos e seu nicho no universo da Agricultura Sustentável**. 2017. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Macaé, RJ, 2017.
- PIJL, V. L. **Principles of dispersal in higher plants**. 3 ed. Berlin: Springer Verlag, 1982. 215 p.
- PRIMAVESI, A. **Manejo Ecológico do Solo: agricultura em regiões tropicais**. 2ª ed. São Paulo: Editora Nobel, 1981. 544 p.
- PRIMAVESI, A. **Manual do solo vivo: solo sadio, planta sadia, ser humano sadio**. 2ª ed. São Paulo: Expressão Popular, 2016. 206 p.
- PRIMAVESI, O; ARZABE, C; SANTOS, M. **Mudanças climáticas: visão tropical integrada das causas, dos impactos e de possíveis soluções para ambientes rurais ou urbanos**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2007. 200 p.

- REBELLO, J. F. S. **Princípios de Agricultura Sintrópica segundo Ernst Gotsch**. 1ª ed. Goiás: CEPEAS, 2018.
- REDIN, M.; GIACOMINI, J.; FERREIRA, P. A. A.; ECKHARDT, D. P. Plantas de cobertura de solo e agricultura sustentável: espécies, matéria seca e ciclagem de carbono e nitrogênio. In: TIECHER, T. **Manejo e conservação do solo e da água em pequenas propriedades rurais no sul do Brasil: práticas alternativas de manejo visando a conservação do solo e da água**. Porto Alegre – UFRGS, 2016. 186 p.
- RODRIGUES, G. M. O Pronaf na Zona da Mata Mineira: efeitos nos PIBs total e setorial dos municípios. **Rev. Econ. Sociol. Rural**. Brasília, v.57 n. 1, jan./mar. 2019.
- SANTOS, C. F.; SIQUEIRA E. S.; ARÁUJO, I. T.; MAIA, Z. M. G. Agroecology as a means of sustainability for family bases agriculture. **Ambiente & Sociedade**. São Paulo, v. 17, n. 2. p. 33-52, abr./jun. 2014.
- SCA. **Specialty Coffee Association**. 21 mai. 2020. Disponível em: <https://sca.coffee>. Acessado em: 21 mai. 2020.
- SOARES, J. M. **Cartografia e ocupação do território: a Zona da Mata mineira no século XVIII e primeira metade do XIX**. Belo Horizonte: Arquivos do Museu de História Natural e Jardim Botânico.: Cartografia Histórica – Tomo II, UFMG, v. 20 n. 2, 2012.
- SOUTO, I. **Minas entra na rota da produção de azeite**. Disponível em: https://www.em.com.br/app/noticia/agropecuario/2017/05/29/interna_agropecuario,872461/azeitonas-de-minas-uai.shtml. Acesso em: 12 jul. 2020.
- SOUZA, F. F.; SANTOS, J. C. F.; COSTA, J. N. M.; SANTOS, M. M. **Características das principais variedades de café cultivadas em Rondônia**. Porto Velho: Embrapa Rondônia, 2004 26p.
- SOUZA, H. N.; CARVALHO, A. F.; GJROUP, D. F. Learning by doing a participatory methodology for systematization of experiments with agroforestry systems, with an example of its application. **Agroforestry System**, v. 85, n.2, p. 247–262, 2012.
- SOUZA, M. C. M. **Cafés sustentáveis e denominação de origem: a certificação de qualidade na diferenciação de cafés orgânicos, sombreados e solidários**. 2006. Tese (Doutorado em Ciência Ambiental) - Universidade de São Paulo. São Paulo, 2006.
- TABARELLI, M.; *et al.* Desafios e oportunidades para a conservação da biodiversidade na Mata Atlântica brasileira. **Megadiversidade**, v. 1, nº1, jul. 2005.
- VANDERMEER, J.; PERFECTO, I. **Breakfast of biodiversity: the truth about rainforest destruction**. 1ª ed. Oakland: Food First Books, 1995. 206 p.
- VERDEJO, M. E. **Diagnóstico Rural Participativo – Guia Prático**. Brasília: Ministério de Desenvolvimento Agrário. Secretaria da Agricultura Familiar, 2010. 62 p.
- WEISS, N. **Descoberta histórica: o cultivo de oliveiras em Aiuruoca/MG acontece desde o Brasil Império**. 12 de mai. 2020. Disponível em: <https://www.olibi.com.br/cultivo-de-oliveiras-em-aiuruoca-mg/>. Acesso em: 12 mai. 2020.
- WEZEL, A. *et al.* Agroecological practices for sustainable agriculture: principles, a review. **Agronomy for sustainable development**, Paris, v. 34, n. 1, p. 1-20, set. 2014.
- WILLIAMS K. J.; ROSAUER, A. F. D.F.; SILVA, N.; MITTERMEIER R.; BRUCE C.; LARSEN F.W; MARGULES, C. Forests of east Australia: the 35th biodiversity hotspot. In: ZACHOS, F. E.; HABEL, J. C. **Biodiversity Hotspot**, cap. 16, 2011. p. 295-310.

ZACHOS, F.E; HABEL, J.C. **Biodiversity Hotspots: Distribution and Protection of Conservation Priority Areas**. 1^a ed. London: Springer Publishers, 2011. 566 p.

CAPÍTULO 2

QUALIDADE DOS SOLOS EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS SINTRÓPICOS COM CAFÉ EM ÁREA MONTANHOSA

1. INTRODUÇÃO

O modelo mundial, hegemônico e político-ideológico da agricultura industrial baseado na apropriação da natureza é insustentável (CARSON, 2010) e necessita urgentemente de alternativas mais adequadas e que proporcionem impactos positivos sociais, ambientais, culturais e econômicos. Uma dessas alternativas é o manejo agroecológico dos bens naturais, com enfoque na promoção de solos e plantas mais saudáveis, desenvolvendo assim, agroecossistemas mais sustentáveis (GLEISSMAN, 2009; ALTIERI, 2012; PRIMAVESI, 2014).

Uma das bases do manejo agroecológico é o solo, devido aos inúmeros benefícios proporcionados por ele. O manejo do solo com o uso de tecnologias inadequadas preconizadas pela agricultura industrial têm provocado a erosão, compactação, escoamento da água pluvial, e contaminação de solos e colocam em risco a sustentabilidade dos sistemas agrícolas, com impactos em toda a sociedade (DUARTE et al., 2007; MOTA e VALLADARES, 2011; PRIMAVESI, 2014).

A perda de solo anual devido ao manejo inadequado do solo afeta mais de 10 milhões de hectares de terras agrícolas no mundo (PRIMAVESI, 2014) e tem causado desertificação em várias partes. Isto reflete diretamente na produção agrícola e na saúde humana (ABRASCO, 2019) e de não humanos. Solos degradados apresentam diversos prejuízos como perda de biodiversidade, contaminação de cursos d'água, captam menos carbono da atmosfera, interferindo negativamente nas mudanças climáticas, agravam as enchentes por favorecer o selamento da terra, além dos processos erosivos, um dos principais problemas para a manutenção da capacidade produtiva do solo (FAO e ITPS, 2015).

O processo de formação do solo requer longos períodos e práticas conservacionistas contribuem para que não ocorram perdas por erosão, um dos principais problemas em solos tropicais. As relações entre solo e paisagem são intrínsecas e as perdas de solo por processos erosivos impactam diretamente a agricultura em regiões montanhosas (YOUNG, 1997).

A agricultura de montanha, onde grande parte são dedicadas as produções de café, são afetadas pelos processos erosivos e perdas de solo. O café (*Coffea* spp.) é a bebida mais popular e consumida no mundo (SELVAMURUGAN et al., 2010), além da principal commodity

produzida no Brasil, e a maior parte produzida em sistemas de monocultura a pleno sol, o que promove a redução da fertilidade, a matéria orgânica e produtividade do solo (NOTARO et al., 2014).

Propostas tecnológicas para o uso do solo em bases mais sustentáveis têm sido utilizadas por agricultores desejosos de manter uma relação mais harmoniosa com a terra. Isto ainda é mais importante em áreas montanhosas, onde o uso responsável do solo é condição *sine qua non* para sua conservação. Devido esta importância, uma das metas dos 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) proposto em 2018 pela Organização das Nações Unidas como ação para suprir os desafios ambientais, políticos e econômicos mais urgentes, refere-se a "até 2030, assegurar a conservação dos ecossistemas de montanha, incluindo sua biodiversidade, para melhorar a sua capacidade de proporcionar benefícios essenciais, que são essenciais para o desenvolvimento sustentável".

Dentre as tecnologias disponíveis para o manejo mais sustentável do solo em áreas montanhosas, os Sistemas Agroflorestais (SAFs) têm sido apontados. São sistemas capazes de fornecer diversos benefícios ecossistêmicos e reduzir perdas na produção devido a ocorrência de doenças, como apontam estudos realizados com 61 propriedades que cultivam café em sistemas agroflorestais na Costa Rica sob altitudes que variam entre 600 a 1200 m (CERDA, et al., 2020). Os SAFs são especialmente importantes para áreas de montanha em solos tropicais por possuir a capacidade de reduzir de seis a trinta vezes a erosão quando comparada com monocultivos (YOUNG, 1997).

Sistemas agroflorestais ainda apresentam potencial a ser explorado na mitigação dos impactos das mudanças climáticas sobre a cultura cafeeira. Dados recentes indicam a efetividade das árvores dos SAFs com cafezais de reduzirem a temperatura e tornarem o microclima mais favorável à cultura em um cenário previsto de incremento das temperaturas (GOMES et al., 2020).

Há diversos desenhos e formas de manejo, dentre eles o que tem sido denominado de Agricultura Sintrópica, ou mesmo Agrofloresta Sucessional (PENEIREIRO, 1999), Sistemas Agroflorestais Sintrópicos (GOTSCH, 1996; VAZ, 2009; PASINI, 2017; REBELLO, 2018) ou Agrofloresta Sucessional Biodiversa (GUIMARÃES e MENDONÇA, 2018).

A sintropia, ao contrário da entropia, vai do simples para o complexo (VAZ, 2009; PASINI, 2017; REBELLO, 2018; GUIMARÃES e MENDONÇA, 2018), buscando maximizar o potencial dos sistemas a partir da sucessão natural das plantas e beneficiando as diferentes formas de vida (REBELLO, 2018). A Agricultura Sintrópica é uma proposta de SAFs que tem como princípio a alta diversidade e interações entre espécies vegetais, considerando sua

estratificação e sucessão natural (GOTSCH, 1996; VAZ, 2009; PASINI, 2017; REBELLO, 2018; GUIMARÃES e MENDONÇA, 2018). O objetivo é, como em um ambiente em sucessão natural, promover a ciclagem de nutrientes, a cobertura do solo, a produção de matéria orgânica para alimentar a vida do solo e melhorar a qualidade do solo. Disto resulta o potencial dos SAFs em permitir o uso sustentável dos solos (GOTSCH, 1996; PASINI, 2017; VAZ, 2009; REBELLO, 2018).

No processo de sucessão das espécies na Agricultura Sintrópica, o sistema é enriquecido com novas espécies buscando torná-lo mais complexo e diverso. Com a biodiversidade, interações entre plantas de diferentes ciclos, portes e funções são aproveitadas (FEIDEN, 2009; ALVES et al., 2015) com benefícios para todo o sistema. A biodiversidade proporcionada por esses sistemas ainda é mais relevante em áreas de remanescentes florestais importantes, como é o caso da Zona da Mata mineira onde Unidades de Conservação ficam muito isoladas na paisagem e dependem de áreas de vegetação alta e diversa para que existam corredores que garantam o fluxo gênico (GOULART et al., 2009; PERFECTO et al., 2009)

Um dos focos dos sistemas sintrópicos é trabalhar com os processos biogeoquímicos associados à vida do solo (GUIMARÃES e MENDONÇA, 2018), buscando-se assim minimizar o uso de insumos externos e industriais, comumente utilizados nos sistemas agrícolas convencionais. A elevada capacidade de produção de biomassa e conseqüente grande aporte de matéria orgânica nesses sistemas melhora as qualidades físico-químicas do solo, evitando a perda de nutrientes por lixiviação e erosão, e propicia condições mais favoráveis para a atividade dos microrganismos (REBELLO, 2018).

Estudos conduzidos em sistemas agroflorestais têm indicado melhor qualidade física e biológica do solo (CARVALHO et al., 2004; NICHOLLS e ALTIERI, 2018), entretanto, há poucas pesquisas sobre os efeitos específicos do manejo sintrópico na qualidade do solo. Um solo apresenta qualidade quando apresenta capacidade de funcionar continuamente como um ecossistema para sustentar a produtividade agrícola e biológica, manter a qualidade ambiental e promover a saúde humana, das plantas e animais (DORAN, 1997). A qualidade do solo é muito influenciada pelo uso e manejo adotado (DORAN e PARKIN, 1994; ARAUJO et al., 2012) e deve ser constantemente avaliada para auxiliar nas práticas de cultivo que garantam produtividade e sustentabilidade dos agroecossistemas (STEFANOSKI et al., 2013).

Diante do exposto, o objetivo deste estudo foi avaliar o potencial da agricultura sintrópica na melhoria da qualidade de solos cultivados sob sistemas agroflorestais com café de montanha. Especificamente objetivou comparar a qualidade dos solos sob diferentes tipos de uso e manejo em ambientes montanhosos.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

O trabalho foi conduzido no sítio Recanto dos Tucanos, conforme descrito no capítulo 1.

2.2 Seleção das áreas

Na propriedade foram selecionadas três áreas para o estudo, duas sob sistemas agroflorestais sintrópicos de produção de café (Biodiverso 1 – BIO1, com 3 anos de implantação e Biodiverso 2 - BIO 2, com 4 anos de implantação) e uma de área de mata nativa (MATA). Em duas propriedades vizinhas, foram selecionadas outras duas áreas, uma de pastagem (PAS) e outra de café em cultivo convencional (CONV) a pleno sol (Figura 2). Todas as áreas apresentam solos, declividades e posição na paisagem semelhantes, além de ocuparem na paisagem pedoformas convexas (Tabela 1).

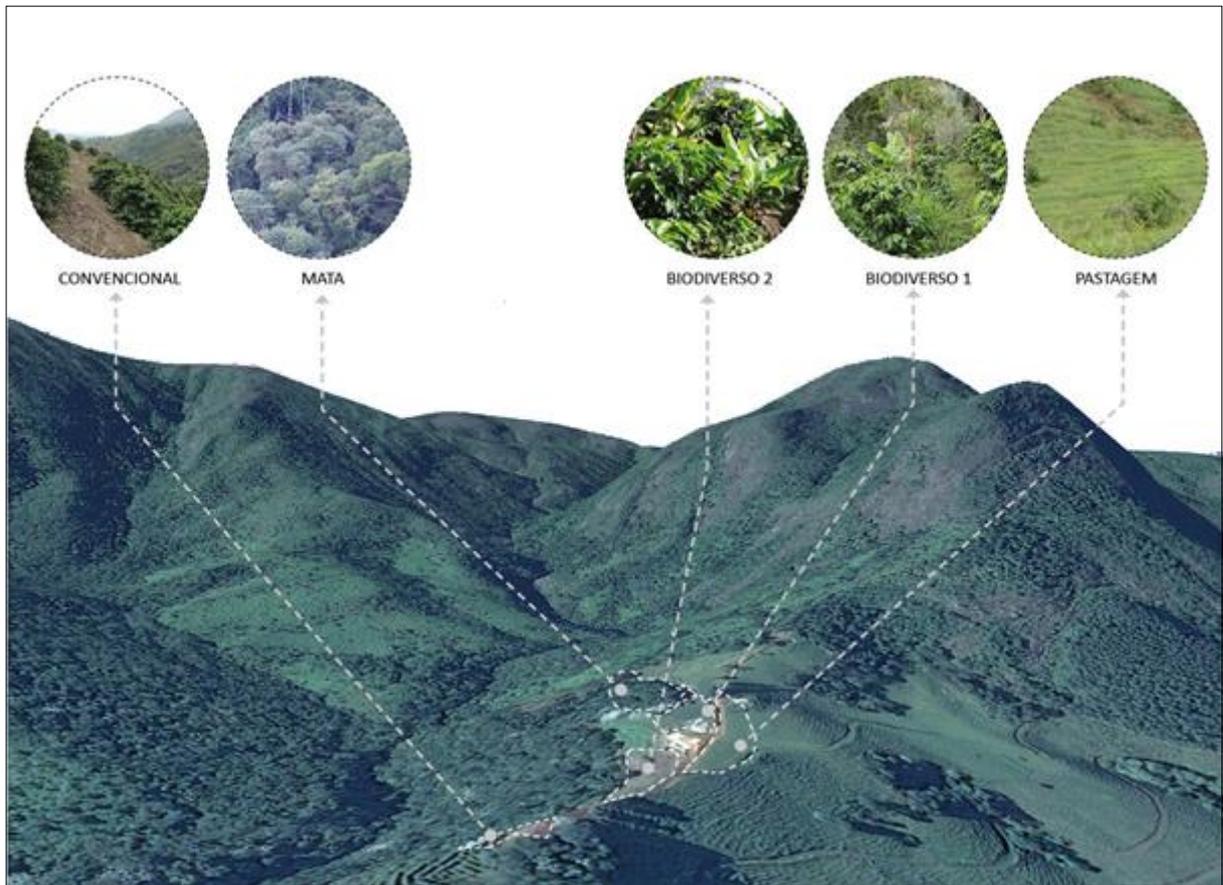
Tabela 1 - Caracterização das áreas estudadas em Alto Caparaó, Zona da Mata Mineira.

USOS	Tempo de uso da área (anos)	Coordenadas ¹		Altitude(m) ¹
BIO 1	3	20° 26' 37,95" S	41° 51' 04,68" O	1335 m
BIO 2	4	20° 26' 35,81" S	41° 51'03,57" O	1325 m
MATA	-	20° 26' 38,14" S	41° 51'01,39" O	1338 m
CONV	≅ 20	20° 26' 31,63" S	41° 51'06,08" O	1315 m
PAST	≅ 15	20° 26' 36,92" S	41° 51' 05,00" O	1327 m

¹Estimada pelo Google Earth; BIO 1: Biodiverso 1; BIO 2: Biodiverso 2; BIO 3: Biodiverso 3; CONV: Convencional; PAST: Pastagem.

Os diferentes usos do solo (BIO 1, BIO 2, PAS, CONV e MATA) foram considerados tratamentos e, em cada tratamento foram delimitadas aleatoriamente cinco subáreas para a coleta de amostras. Nas áreas BIO 1 e BIO 2 as seguintes espécies foram identificadas: cafeeiro, bananeira, Brachiaria, oliveira, capim mombaça, abacate, milho, mandioca, pessegueiro e cana-de-açúcar, além de algumas espécies de ciclos curtos, como alface, rúcula, couve, salsinha e cebolinha.

Figura 2 - Vista panorâmica das áreas selecionadas no sítio Recanto dos Tucanos em Alto Caparaó.



Fonte: Vanessa Gambardella (2020).

2.3 Coleta de amostras

Amostras representativas de solo deformadas e indeformadas foram coletadas em pontos distribuídos ao longo nas subáreas de cada tratamento, seguindo critérios definidos em Santos et al. (2013). Em cada subárea foi coletada uma amostra indeformada com o auxílio de cilindros metálicos (altura e diâmetro aproximados de 5 cm) no centro da camada de 0 a 10 cm de profundidade. Nas mesmas subáreas e na profundidade de 0 a 10 cm foram coletadas 10 amostras simples que, após a homogeneização, compuseram uma amostra composta representativa.

As amostras indeformadas foram destinadas à avaliação da densidade do solo; macro, micro e porosidade total; resistência mecânica do solo à penetração e condutividade hidráulica em meio saturado. Nas amostras deformadas foram avaliadas a análise química de rotina, argila dispersa em água (ADA), granulometria e densidade de partículas.

Especificamente para a avaliação do carbono orgânico total, foram coletadas novas amostras indeformadas nas profundidades de 0 a 10 cm, 10 a 20 cm, 20 a 30 cm e 30 a 40 cm. E para a análise de estabilidade de agregados, um bloco de solo foi coletado em cada subárea na profundidade de 0 a 10 cm.

As amostras de solo foram encaminhadas para os laboratórios do Departamento de Solos da UFV para as análises correspondentes.

2.4 Metodologias analíticas

Todas as análises do solo foram efetuadas segundo Embrapa (2017), salvo quando indicado. A composição textural das amostras de solo foi avaliada pelo método da pipeta, sob agitação lenta (50 rpm por 16 h) e com (textura) ou sem (ADA) o uso de dispersante químico (NaOH). A fração areia foi separada por tamisamento. As densidades do solo (D_s) e de partículas (D_p), foram realizadas pelo método do anel volumétrico e do balão volumétrico, respectivamente. A porosidade total do solo (P_t) foi calculada pela equação $P_t = 1 - D_s/D_p$. A microporosidade (M_i) foi determinada após amostras indeformadas serem saturadas e mantidas em equilíbrio a -6 kPa em mesa de tensão. A macroporosidade (M_a) foi estimada pela diferença $M_a = P_t - M_i$. A condutividade hidráulica do solo em meio saturado (K_0) foi mensurada com o uso de permeâmetro de carga constante.

A estabilidade de agregados foi avaliada em meio úmido e a partir da separação de uma subamostra do bloco em classes de tamanho: <0,105 mm, 0,105 a 0,250 mm, 0,250 a 0,50 mm, 0,50 a 1,00 mm, 1,00 a 2,00 mm e > 2 mm. A partir dos dados obtidos foram calculados os índices Diâmetro Médio Geométrico (DMG) e Diâmetro Médio Ponderado (DMP).

O teor de carbono orgânico foi estimado por oxidação da matéria orgânica por via úmida (Yeomans e Bremner, 1988). Com os dados de D_s foi calculado o estoque de carbono até 40 cm de profundidade, segundo a fórmula proposta por Fidalgo et al (2007): $C_t = C \cdot D_s \cdot E / 100$, em que: C_t = teor de carbono do horizonte (kg m^{-2}), C = conteúdo de carbono orgânico (g kg^{-1}), D_s = densidade do solo (g cm^{-3}) e E = espessura do horizonte (cm). A amostra deformada para a análise de carbono foi tomada em toda a extensão da camada, enquanto a amostra indeformada para a determinação da D_s foi obtida com o anel volumétrico no centro da camada indicada.

O acúmulo de carbono orgânico total (COT) nos diferentes tratamentos também foi avaliado de forma mais pormenorizada em quatro camadas de 10 cm a partir da superfície, de forma a também permitir o cálculo do estoque desse carbono. Para isto nova análise de COT foi efetuada nas camadas e, com os dados de densidade de solo, foram calculados os estoques.

O estoque de carbono total, ou seja, aquele acumulando nos primeiros 40 cm do solo foi obtido pelo somatório dos estoques de cada uma das camadas de 10 cm.

As análises químicas das amostras de solo foram realizadas no Laboratório de Análise de Rotina Química do Solo do DPS-UFV, onde foram avaliados: pH em água (1:2,5); Ca^{2+} , Mg^{2+} e Al^{3+} trocáveis; acidez potencial (H+Al); P e K disponíveis; soma de bases trocáveis (SB); capacidade de troca catiônica efetiva (t) e a pH 7,0 (T); saturação de bases (V) e saturação por Al^{3+} (m).

Ainda no campo foi avaliada a resistência mecânica do solo à penetração (RP). Para isto, usou-se o equipamento SoloTrack, operado com resolução de leitura de 1 cm. Em cada subárea foram efetuadas 16 avaliações. Para melhor caracterização da RP, a umidade do solo foi registrada de 10 em 10 cm de profundidade com uma sonda TDR, modelo ProCheck. Nas mesmas profundidades, a temperatura também foi registrada com termômetro de solo. A resistência mecânica do solo à penetração também foi avaliada em laboratório, nas amostras indeformadas coletadas em cada subárea. Nesta avaliação, utilizou-se um penetrômetro de bancada da Tecnal, modelo TE-096, operado a uma velocidade de avanço de 0,02 mm/s em percurso de 4,8 cm; taxa de leitura de 10 amostras por segundo, 24 bits de resolução, Antes desta avaliação, as amostras foram mantidas em mesa de tensão até equilíbrio em potencial equivalente à capacidade de campo (-10 kPa).

3. Análises estatísticas

Os dados obtidos foram submetidos à Análise de Variância e os possíveis efeitos de tratamentos (uso do solo) nas variáveis avaliadas foram comparados quanto às médias pelo Teste post-hoc de Tukey ($p < 0,10$) utilizando o software R Versão 1.3.959 (Core Team, 2009-2020).

A análise de componentes principais (PCA) utilizada no presente estudo (Figura 5) considerou 23 variáveis avaliadas: carbono orgânico total (COT), estoque de carbono total (EST), estoque de carbono total (EST_C) e umidade (UM) em cada uma das profundidades 0 a 10, 10 a 20, 20 a 30, 30 a 40 cm. Também fizeram parte do PCA os índices diâmetro médio ponderado (DMP) e diâmetro médio geométrico (DMG), condutividade hidráulico (K_o), porosidade total (PT), macroporosidade (MAC), microporosidade (MIC), densidade do solo (Ds_{0-10}) e resistência média (RPMED) e máxima (RPMAX) do solo à penetração medida em laboratório. Todas essas últimas variáveis foram produzidas a partir das amostras coletadas com anéis volumétricos no centro da camada de 0 a 10 cm de profundidade.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Atributos físicos do solo

Todos os tratamentos encontram-se em solos de mesma classe textural e foram classificados como argilosos (SANTOS et al. 2013), com teores de argila variando entre 48% e 54% (Tabela 2). O pressuposto é que solos com a mesma textura, declividade e posição na paisagem são geneticamente semelhantes já que tais atributos não alteram com o manejo. Portanto, se os solos são geneticamente semelhantes as diferenças encontradas nos atributos podem ser atribuídas aos usos e manejos adotados. Ao contrário, a densidade do solo é um atributo muito afetado pelo manejo (DORAN e PARKIN, 1994).

Todos os valores de densidade do solo (Ds) foram relativamente baixos, variando de 0,59 a 0,97 g cm⁻³. Segundo Klein (2014) a densidade dos solos varia de 0,9 a 1,8 g cm⁻³. A baixa densidade do solo indica a adoção de manejo menos intensivo e indícios de boa qualidade física do solo (STEFANOSKI et al., 2013).

O solo da MATA apresentou os menores valores de Ds (0,59 g cm⁻³) e o da pastagem os maiores valores. O valor de densidade do solo da mata indica ser esse um material muito poroso, como confirmado na determinação da porosidade total (PT) que indica que $\frac{3}{4}$ do volume do solo são poros (Tabela 2). A Ds e a porosidade estão diretamente relacionadas com a qualidade física dos solos, e baixos valores de Ds e altos valores de PT são associados ao melhor desempenho das funções do solo e facilidades para o desenvolvimento radicular e infiltração da água no perfil (CINTRA e MIELNICZUK, 1983). Mesmo o maior valor obtido na pastagem (0,97 g cm⁻³) não indica compactação. Em geral, nas pastagens a presença de grande quantidade de raízes da gramínea favorece a porosidade do solo.

Os baixos valores de densidade possivelmente se devem à elevada altitude, com temperaturas mais amenas que reduzem a decomposição do material orgânico no solo. A matéria orgânica adicionada ou mantida no solo diminui a densidade do solo (LEAL FILHO et al., 2013). O material orgânico possui baixa densidade em relação aos minerais, o que leva à redução da densidade do solo (PRIMAVESI, 1981). Como ocorre nas áreas pesquisadas, a ser visto posteriormente, BIO 1, BIO 2 e MATA possuem maiores teores de MO e menores valores de Ds.

Os valores de porosidade total foram todos elevados e maiores do que os normalmente

verificados para solos agrícolas. Ainda assim verificaram-se diferenças entre tratamentos, de forma coerente e inversa ao observado para Ds. Desta forma, a mata apresentou a maior porosidade e a área de pastagem a menor, possivelmente devido ao efeito do pisoteio do gado nos valores de Ds e PT. Entretanto, mesmo nas pastagens os valores de Ds e PT não indicam degradação do solo.

Tabela 2 – Análises físicas e classificação textural de solos sob diferentes usos da terra na profundidade de 0-10 cm.

Sistema	Areia		Silte	Argila	Ds	PT	ADA	GF	K ₀	Classificação Textural
	Grossa	Fina								
-----%		-----%		g cm ⁻³	-----%		cm h ⁻¹			
BIO 1	9,6	17,7	19,5	53,2	0,82 b	66 b	5,3	90	28,7 a	Argiloso
BIO 2	11,3	13,6	12,7	53,5	0,79 b	67 b	5,2	93	27,9 a	Argiloso
MATA	9,3	19,7	18,8	52,1	0,59 c	59 c	3,1	94	29,9 a	Argiloso
CONV	6,9	23,4	12,3	48,4	0,88 ab	63 bc	8,1	83	20,7 ab	Argiloso
PAST	10,4	20,4	17	52,2	0,97 a	97 a	8,1	84	4,7b	Argiloso

Densidade do solo (Ds), Condutividade hidráulica (K₀), densidade de partícula (D_p), Argila dispersa em água (ADA), Grau de Floculação (GF), Porosidade Total (PT); BIO 1: Biodiverso 1; BIO 2: Biodiverso 2; BIO 3: Biodiverso 3; CONV: Convencional; PAST: Pastagem. Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,10).

Os baixos teores de ADA ocorrem porque os solos possuem altos graus de floculação (GF) (Tabela 2). Houve muita variabilidade dos dados, o que não permitiu identificar diferenças entre tratamentos para essas duas variáveis. Os altos teores de matéria orgânica nesses solos de altitude são responsáveis pela baixa dispersão de argilas no solo, uma vez que há correlação entre grau de floculação e teores de matéria orgânica, já que esta tem efeito cimentante deste constituinte do solo (KLEIN, 2014).

Os resultados de condutividade hidráulica em meio saturado (K₀) indicaram semelhanças entre as áreas BIO 1 e BIO 2 e a área de mata. Em outro oposto, a área de pastagem é a de menor condutividade hidráulica, coerente com os maiores valores de Ds.

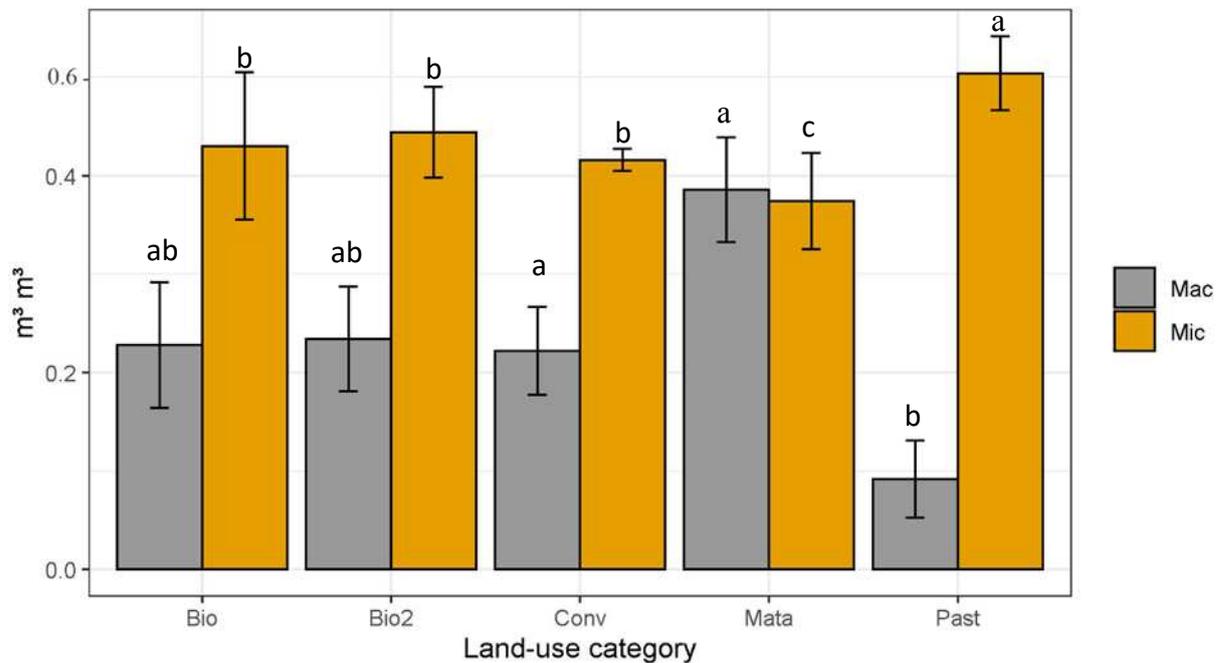
As diferenças notadas entre tratamentos na porosidade do solo são também percebidas quando se avalia a macro e a microporosidade (Figura 3). Como esperado os maiores efeitos dos tratamentos foram sobre a macroporosidade, cujos poros maiores são menos estáveis e mais propensos a alterações com o uso e manejo do solo. Na área de pastagem, como era de se esperar, a macroporosidade foi menor (0,10 m³/m) indicando que houve perda de macroporos,

em relação a mata, que apresentou a maior macroporosidade entre as áreas avaliadas (0,40 m³/m³). Os cafezais, sejam eles manejados pelo sistema sintrópico ou mesmo pelo sistema convencional, não se diferiram da mata quanto a macroporosidade.

O maior valor de microporosidade foi encontrado no solo da pastagem (Figura 3), indicando que houve transformação de parte dos macroporos em microporos. Ainda que a área de mata tenha apresentado o menor valor de microporosidade dentre os tratamentos avaliados, nota-se um melhor equilíbrio dentre macro e microporos nesta área. Ganhos de microporos sugerem algum grau de compactação do solo, o que foi verificado em todas as áreas manejadas, tendo como referência a mata. Aumento de microporosidade é associado com maior retenção de água e menor infiltração de água, o que levar a situações de encharcamento e mesmo incremento no escoamento superficial e erosão.

A redução da macroposidade do solo reduz a infiltração de água, a quantidade de ar e a possibilidade de penetração radicular (PRIMAVESI, 1981), reduzindo a percolação de água no perfil do solo, influenciando, inclusive, na recarga de aquíferos, uma vez que macroporosidade relaciona-se diretamente com a infiltração e condutividade hidráulica (RIBEIRO et al., 2006). Os dados obtidos de K_0 (Tabela 2) reforçam esta relação, e suportam o efeito da redução da macroporosidade na área de pastagem sobre perdas na condutividade hidráulica. Quando se verifica maior volume de macroporos, a água tende a percolar mais facilmente e rapidamente pelo perfil, sem provocar perdas de água e solo na superfície (PRIMAVESI, 1981).

Figura 3 – Macro e Microporosidade do solo de sistemas agroflorestais sintrópicos de produção de café (BIO 1 e BIO 2), em área de mata nativa (MATA), de pastagem (PAST) e em cafezal em cultivo convencional (CONV) a pleno sol. Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,10$).

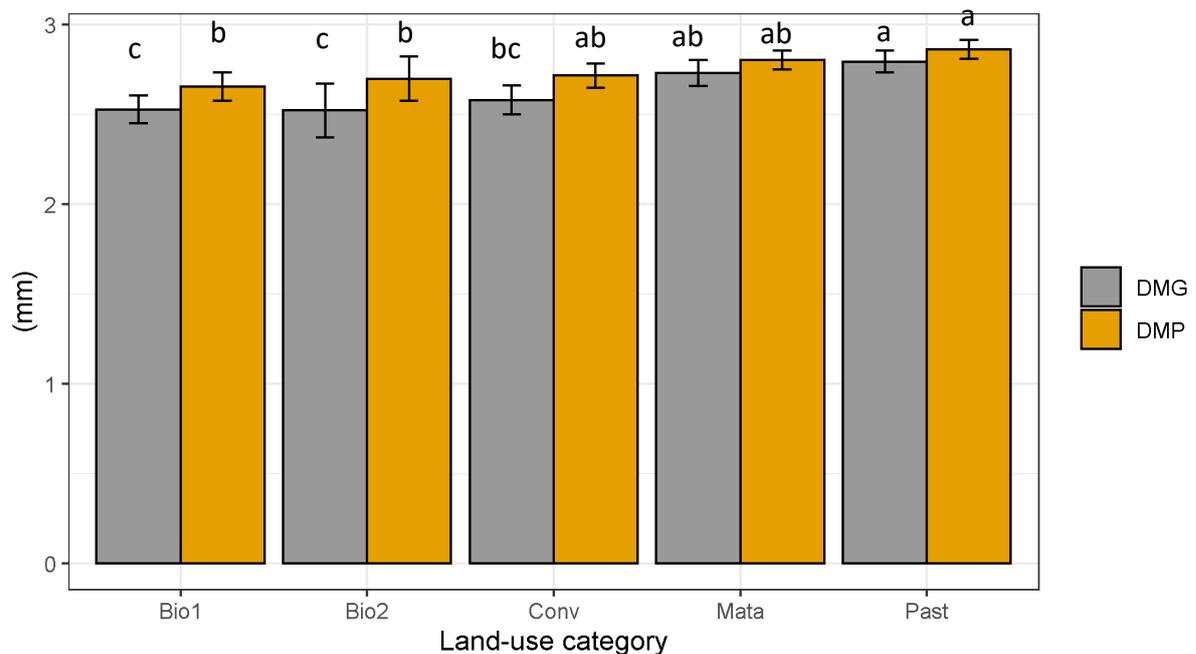


A agregação do solo indicadas pelos índices DMP e DMG revelaram diferenças entre os tratamentos avaliados (Figura 4). As áreas apresentaram valores próximos de 3 mm, o que é o ponto central da maior classe de agregados considerada na análise (2 a 4 mm), demonstrando predominância de agregados grandes nestas áreas. Quanto maiores e mais estáveis forem os agregados, maior o espaço entre as partículas e maior a taxa de infiltração (KLEIN, 2014). Isto indica que a maior parte dos agregados se mantém presente nos diferentes usos e manejos dos solos em condições que não levam à sua degradação e perda de tamanho. Esses valores são coerentes com os baixos valores de densidade do solo e maior acúmulo de matéria orgânica nesses solos de montanha. Os valores obtidos para as variáveis DMP e DMG se assemelham com os encontrados em um sistema agroflorestal sucessional manejado sobre um Latossolo, quando comparado à cultura de cana-de-açúcar e mata (PELEGRINI et al., 2006).

Estudo desenvolvido por Tavares et al. (2018) comparado sistemas agroflorestais e manejo convencional tanto para a estação seca quanto para chuvosa no bioma mata atlântica não observaram mudanças nos valores de DMP entre as áreas. Os maiores valores de DMP e DMG associados à área de pastagem podem ser associados ao efeito das raízes dessas plantas. As gramíneas apresentam abundante e vigoroso sistema radicular que age favorecendo a

manutenção e geração de agregados maiores “tanto pela liberação de exsudados como entrelaçando pequenos torrões” (SALTON e TOMAZI, 2014).

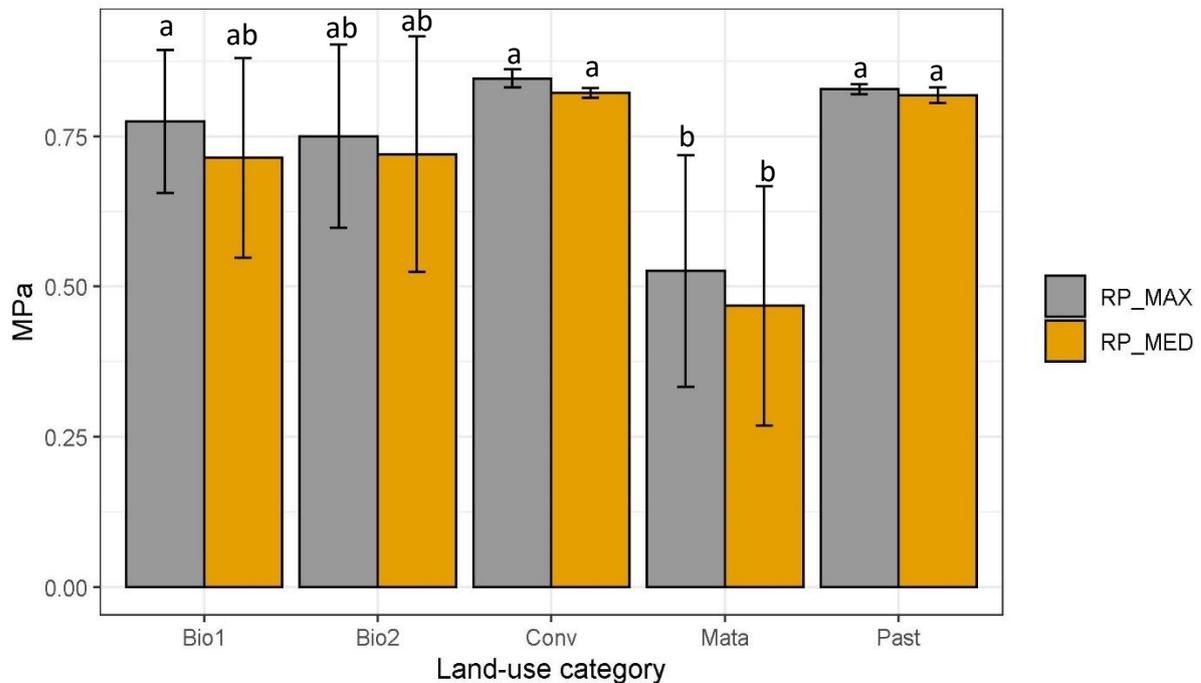
Figura 4 – Diâmetro Médio Ponderado (DMP) e Diâmetro Médio Geométrico (DMG) de sistemas agroflorestais sintrópicos de produção de café (BIO 1 e BIO 2), em área de mata nativa (MATA), de pastagem (PAST) e em cafezal em cultivo convencional (CONV) a pleno sol. Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,10$).



A resistência mecânica do solo à penetração (RP) foi avaliada em laboratório (Figura 5) e campo (Figura 6). Em laboratório (Figura 5) é coerente com os baixos valores de densidade do solo de todos os tratamentos. Os valores obtidos indicam que o solo não está compactado e que não podem ser considerados restritivos ao crescimento de raízes considerando o valor de resistência crítica para a penetração de raízes (TAYLOR et al., 1966; NESMITH, 1987).

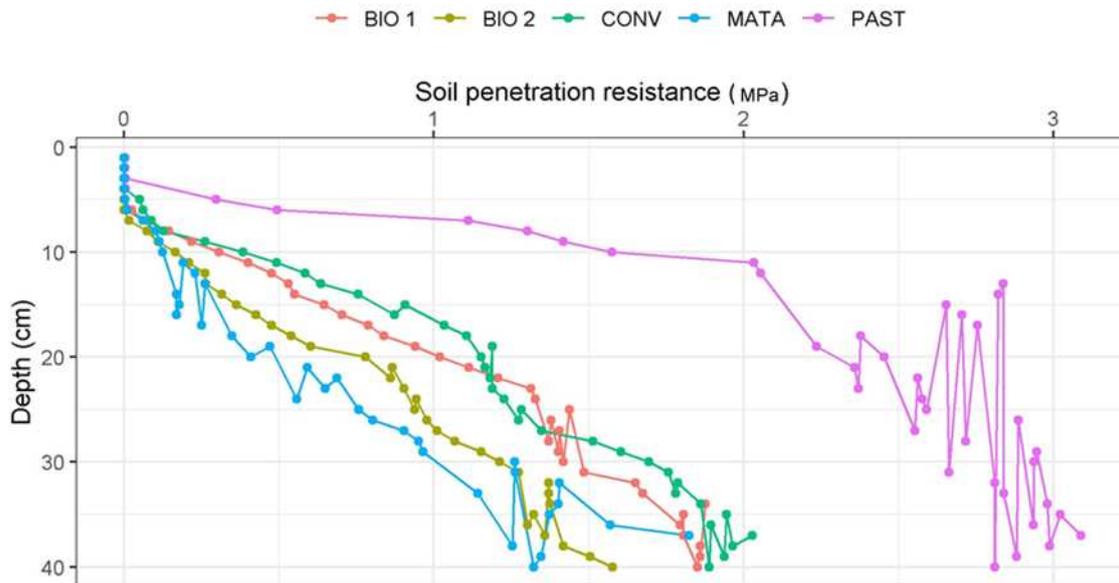
Os maiores valores máximos e médios obtidos na avaliação de laboratório (Figura 5) foram encontrados na área de pastagem e no cafezal em cultivo convencional. Os menores valores dessas mesmas variáveis foram obtidos na mata, onde o solo conservado possui densidade e maior porosidade, portanto com uma resistência menor à penetração, como observado nos 10 primeiros cm do solo (Tabela 2 e Figuras 3 e 4). De qualquer forma, não há restrições físicas nos primeiros 10 cm de solo de todos os tratamentos, mesmo nas áreas de pastagens e convencionais.

Figura 5 – Resistência mecânica (RP) do solo à penetração de sistemas agroflorestais sintrópicos de produção de café (BIO 1 e BIO 2), em área de mata nativa (MATA), de pastagem (PAST) e em cafezal em cultivo convencional (CONV) a pleno sol realizado em laboratório. Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,10$).



Em profundidades maiores, valores mais elevados de RP indica compactação. Na avaliação em campo (Figura 6), a RP da pastagem é bem maior do que nas demais áreas desde os primeiros centímetros e, há grande variação de dados a partir dos 20 cm de profundidade, o que pode ser atribuído ao esforço de reação que o solo oferece na introdução do equipamento no solo, que pode causar grande variação de leitura devido a compactação do solo (KLEIN, 2014). O solo quando compactado reduz a porosidade, a permeabilidade da água (SILVA et al., 2000), e em regiões montanhosas, onde o relevo é mais acidentado, pode provocar erosões (YOUNG, 1997).

Figura 6 – Resistência do solo à penetração de sistemas agroflorestais sintrópicos de produção de café (BIO 1 e BIO 2), em área de mata nativa (MATA), de pastagem (PAST) e em cafezal em cultivo convencional (CONV) a pleno sol realizada em campo.



Embora alguns autores sugerem limitações de crescimento do sistema radicular em valores de RP maiores do que 1,1 MPa (CINTRA E MIELNICZUK, 1983), outros indicam que os valores impeditivos são iguais ou superiores a 2,0 a 2,5 MPa, dependendo do tipo de solo e a espécie cultivada (TAYLOR et al., 1966). Considerando tal limite, as áreas cultivadas com cafezais, independentemente da forma de manejo, não há restrições ao desenvolvimento das plantas. No caso do solo da mata, com os menores valores de RP ao longo de praticamente todo o perfil avaliado não há restrições ao desenvolvimento de raízes mesmo considerando valores de 1,1 MPa.

A área de pastagem apresenta valores de RP superiores a 2,0 Mpa já a 10 cm de profundidade, o que restringe o crescimento de raízes a partir dessa profundidade. Com restrição aparente, os resultados indicam que se deve ter cautela com as pastagens, já que o pisoteio do gado é um dos principais fatores da compactação de solos no mundo. O pastejo animal tende a compactar o solo, com efeito que pode alcançar o dobro do verificado em áreas não pastoreadas (DIAS e THOMAS, 2011) e os danos causados pela compactação são a longo prazo e pode reduzir a produtividade de terras agrícolas por aproximadamente 12 anos (FAO e ITPS, 2015).

Existe uma grande expectativa de que o manejo adotado nos sistemas sintrópicos possam contribuir com o enfrentamento da compactação do solo, que na maior parte das vezes

se reflete em maiores valores de resistência do solo à penetração como observado nos menores valores apresentados de RP realizados no campo e em laboratório referente aos sistemas agroflorestais, comparado as áreas de manejo convencional e pastagem. Isto se deve ao efeito das plantas de cobertura do solo, presença marcante na agricultura sintrópica. A diversidade e ciclos curtos e constantes dessas plantas podem promover a descompactação mecânica nos primeiros centímetros do solo, como observado por Debiasi et al., (2010).

3.2 Atributos químicos do solo

As análises químicas de rotina (Tabela 3) indicam semelhanças entre as áreas de SAFs Sintrópicos BIO 1 e BIO 2. Ambas apresentam teores de nutrientes aproximados, havendo maior diferença apenas nos teores de matéria orgânica na área BIO 2. Nesta área este teor é muito expressivo ($> 15,0 \text{ dag kg}^{-1}$), indicando o acúmulo e proteção da matéria orgânica nos primeiros 10 cm de solo. Mesmo na área BIO 1, os teores de matéria orgânica podem ser considerados excelentes, superando o mínimo para a classe muito bom ($> 7,0 \text{ dag kg}^{-1}$), que é a melhor classificação segundo a 5ª Aproximação (ALVAREZ et al., 1999).

Para se ter uma ideia dos expressivos teores alcançados nas áreas de SAFs sintrópicos, um material de solo é denominado horizonte O quando os valores de carbono orgânico (CO) superam os 8% (EMBRAPA, 2018). Neste sentido, todas as áreas apresentaram altos valores de matéria orgânica no solo, 9,4 e 15,8 dag kg^{-1} no BIO 1 e BIO 2, respectivamente, quando comparadas aos valores de CONV (7,7 dag kg^{-1}) e PAST (dag kg^{-1}), e isto pode ser uma das justificativas para os baixos valores de densidade do solo verificados nos diferentes tratamentos (Tabela 2). A manutenção da matéria orgânica nessas áreas pode ser explicada, além do manejo, pela elevada altitude, com temperaturas mais amenas, o que reduz a atividade decompositora dos microrganismos, permitindo assim seu maior acúmulo.

Os ganhos de matéria orgânica nas áreas manejadas de maneira sintrópica são associadas à grande quantidade de aporte de resíduos vegetais depositados sobre o solo ao longo dos anos, a partir das podas e capinas seletivas realizadas no sistema. A constante renovação de culturas ao longo do ano proporciona também o *turnover* de raízes, que contribui para o aumento da matéria orgânica do solo. Todo esse ganho orgânico favorece a atividade microbiológica e a ciclagem de nutrientes. Maior teor de matéria orgânica na superfície é associado à manutenção e retenção de nutrientes no sistema em posição de fácil aquisição pelas plantas e que permitem produzir ainda mais material orgânico (MACHADO, 2001).

As análises químicas da área de mata revelam valor de pH 5,66 e teor de nutrientes (Tabela 3) normalmente não observado em áreas preservadas na região. O mais comum é a

verificação de solos com menores teores de indicadores químicos e com riqueza mais associada à ciclagem da matéria orgânica. No solo do cafezal convencional (CON) apresenta baixo valor de pH (4,94), no entanto, contradiz a prática corriqueira da calagem nessas áreas.

As áreas MATA, BIO 1 e BIO 2 são as de maiores teores de Ca, Mg, além de soma de bases e valor V%; e são os menores teores de Al e de valor m%, indicando similaridade e melhor fertilidade do que as duas outras áreas avaliadas.

A CTC é responsável pela retenção de K, Ca, Mg, além dos nutrientes que são cátions metálicos como cobre, ferro, manganês e zinco (FREITAS et al., 2017). A maior CTC (Capacidade de Troca Catiônica) foi observada nas áreas de BIO1 (16,48 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$) e BIO 2 (21,01 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$), e representa uma característica físico-química fundamental para manutenção da fertilidade do solo, onde grande parte das cargas dos solos dependem da matéria orgânica. Nestas mesmas áreas foram encontrados os maiores teores de MO quando comparados a CONV e PAST. A manutenção de maiores teores de matéria orgânica no solo é importante em solos tropicais, ela é responsável pelo aumento de CTC, ou seja, melhora a capacidade do solo de reter nutrientes (ROQUIM, 2010), sendo fundamental para a qualidade do solo.

Tabela 3. Características químicas do solo de sistemas agroflorestais sintrópicos de produção de café (BIO 1 e BIO 2), em área de mata nativa (MATA), de pastagem (PAST) e em cafezal em cultivo convencional (CONV) a pleno sol na profundidade de 0-10 cm

USOS	pH	P	K	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+AL	SB	t	CTC	V	m	MO	P-Rem
	H ₂ O	-- mg/dm ³ --		-----cmol _c /dm ³ -----							---%---	dag/kg ¹	mg/L ¹	
BIO 1	5,45	3,6	103	4,25	0,97	0,19	11	5,48	5,67	16,48	33,3	3,4	9,4	8,8
BIO 2	5,13	2,6	162	4,91	1,98	0,19	13,7	7,31	7,5	21,01	34,8	2,5	15,8	15,2
MATA	5,66	5	121	7,31	1,54	0	10,7	9,16	9,16	19,86	46,1	0	10,8	7,8
CONV	4,94	4,7	57	2,41	0,61	0,58	12,3	3,17	3,75	15,47	20,5	15,5	7,7	7,7
PAST	5,55	2	147	2,93	0,79	0,29	10,7	4,1	4,39	14,8	27,7	6,6	4,2	8,9

pH em água, relação 1:2,5; P e K por Mehlich-1; Ca²⁺, Mg²⁺ e Al³⁺ por KCL -1 mol/L; H+Al com Acetato de Cálcio 0,5 mol/L - pH 7,0; SB: Soma de Bases; t: Capacidade de Troca Catiônica Efetiva; CTC: Capacidade de Troca Catiônica a pH 7,0; V(%): Índice de Saturação por Bases; m (%): Índice de Saturação por Alumínio; MO: Matéria Orgânica = C.Org x 1,724 - Walkey-Black; P-Rem = Fósforo remanescente.

Neste sentido, a proposta sintrópica, com o uso de SAFs sucessionais, que prioriza o manejo da matéria orgânica do solo, consegue recuperar áreas comprometidas pelo manejo inadequado do solo e são considerados indicadores da capacidade produtiva e de serviços ambientais do sistema (HIDALGO, 2011),

Os SAFS têm sido associados a iniciativas exitosas de recuperação de solos degradados (FÁVERO et al., 2008). A diversidade de plantas, em especial de árvores, proporciona ainda outros benefícios e ganhos para o solo.

A esses sistemas são reportados ganhos na melhoria da qualidade física, química e em condições mais favoráveis à atividade dos microrganismos, todos associados ao maior aporte de matéria orgânica (PEZARICO et al., 2013). Estudos realizados por Notaro et al. (2014) comparando diferentes manejos em solos cultivados com café em grande altitude apontaram sistemas diversificados como os agroflorestais e sistemas biodinâmicos com elevados valores de nutrientes quando comparados a cultivo convencional de café.

No que se refere aos valores de COT (Figura 3), em todos os tratamentos nota-se uma redução desses teores com a profundidade, o que é esperado, já que nas camadas mais profundas do solo tendem a redução da atividade microbiana responsáveis pelo fracionamento e decomposição da matéria orgânica, há menor acúmulo de resíduos de plantas e raízes (MIELCNICZUK et al., 2003). Os maiores teores de COT foram encontrados nas áreas BIO 1, BIO 2 e MATA nas duas primeiras camadas avaliadas (0 – 10 cm e 10 – 20 cm). Nessas mesmas profundidades, a área de café convencional foi a de menor teor de COT. O solo da pastagem somente apresentou maiores teores na camada mais superficial. E nenhuma diferença entre tratamentos foi verificada na camada de 30 a 40 cm de profundidade.

Em relação aos estoques de carbono, diferenças entre tratamentos foram verificados apenas nas profundidades de 0 a 10 cm e de 20 a 30 cm (Figura 4). Na camada mais superficial, a mata apresentou o menor estoque de carbono devido ao baixo valor de densidade do solo encontrado nos solos da área ($0,59 \text{ g/cm}^3$, Tabela 2). Este é um valor extremamente baixo, que revela o tão poroso e preservado é este solo na sua superfície. Já o cafezal convencional ($39,14 \text{ t ha}^{-1}$) e pastagem ($47,31 \text{ t ha}^{-1}$) apresentam estoques de carbono maiores do que a mata, graças a maior densidade do solo. A densidade do solo aumenta a massa considerando o mesmo volume e, com isto, há um incremento aparentemente um maior acúmulo de carbono.

Na profundidade de 20 a 30 cm, as áreas MATA e BIO2 são as que apresentam maior estoque de carbono, de certa forma coerente com os seus maiores valores de COT (Figura 3).

Figura 3 - Carbono orgânico total no solo de sistemas agroflorestais sintrópicos de produção de café (BIO 1 e BIO 2), em área de mata nativa (MATA), de pastagem (PAST) e em cafezal em cultivo convencional (CONV) a pleno sol. Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,10$).

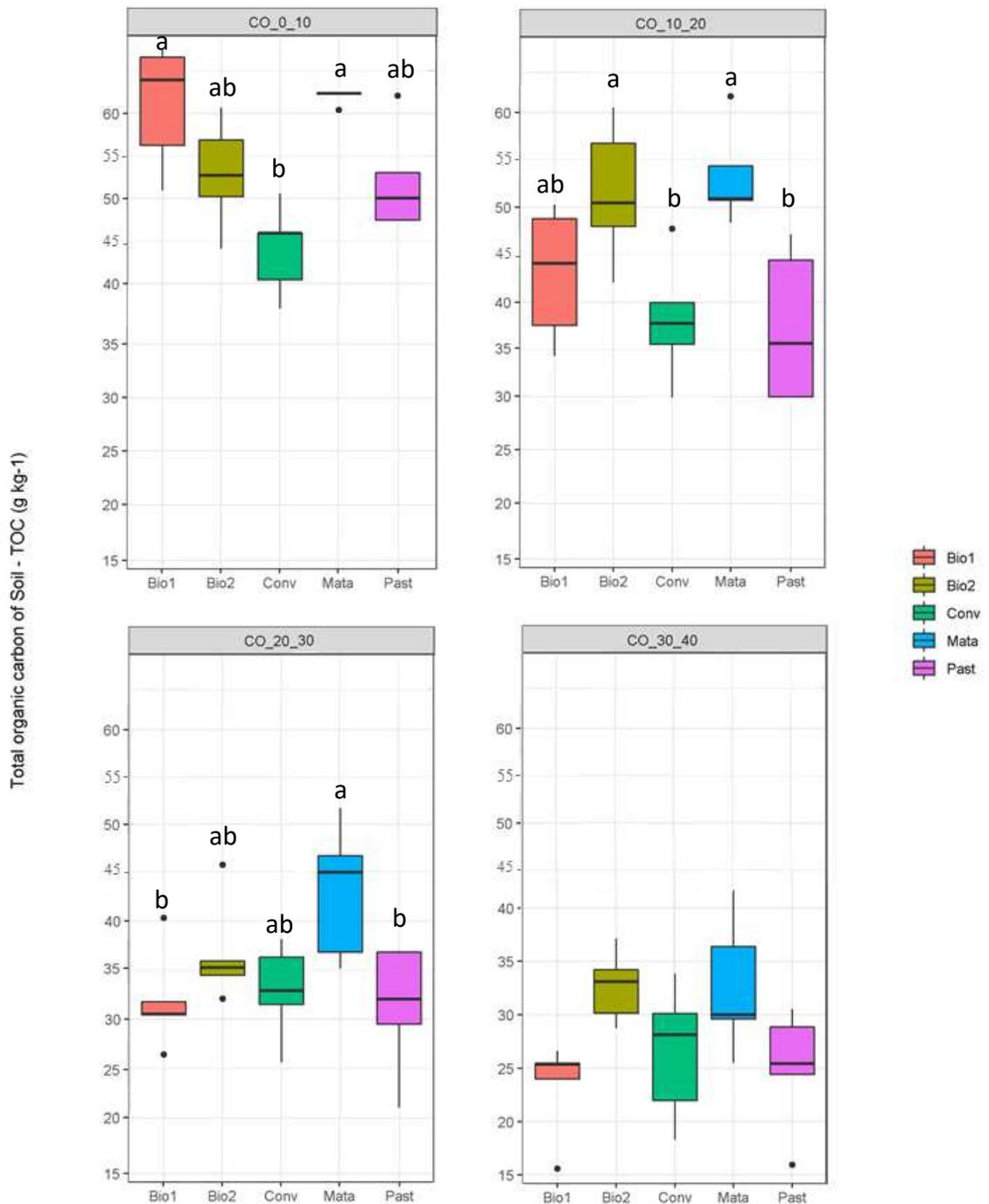
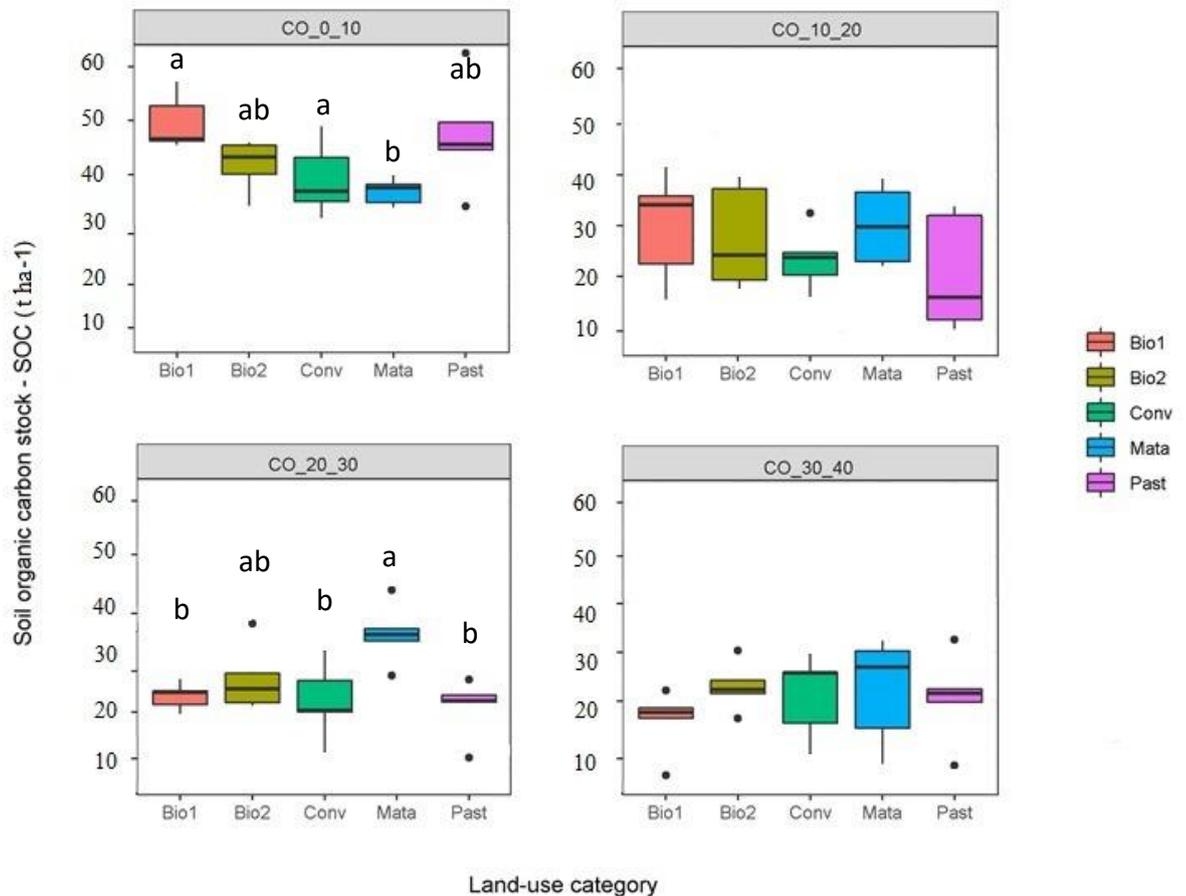


Figura 4 – Estoques de carbono no solo de sistemas agroflorestais sintrópicos de produção de café (BIO 1 e BIO 2), em área de mata nativa (MATA), de pastagem (PAST) e em cafezal em cultivo convencional (CONV) a pleno sol. Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,10$).



Os resultados do estoque de carbono total indicaram não haver diferenças entre tratamentos, com todas as áreas avaliadas com estoque de mais de 100 t/ha em cada uma das quatro camadas de 10 cm avaliadas: 123,5 t/ha (BIO 1), 124,8 t/ha (BIO 2), 129,9 (MATA), 110,4 t/ha (CONV) e 122,2 t/ha (PAST).

Ao contrário do que se esperava, não houve incremento do estoque de carbono nos SAFs sintrópicos. Os sistemas avaliados são recentes, o mais velho (BIO 2) foi implantada há 4 anos, portanto ainda insuficientes para os efeitos do componente arbóreo se manifestarem no estoque de C em 40 cm. O papel das árvores no acúmulo de COT é conhecido (LAPEYRE et al., 2004) e o acúmulo e manutenção da cobertura do solo contribui para maiores insumos de matéria orgânica e aumentam o COT (POEPLAU e DON, 2015). Assim, espera-se que no futuro, com mais tempo de manejo sintrópico, com elevada diversificação e podas e desramas frequentes

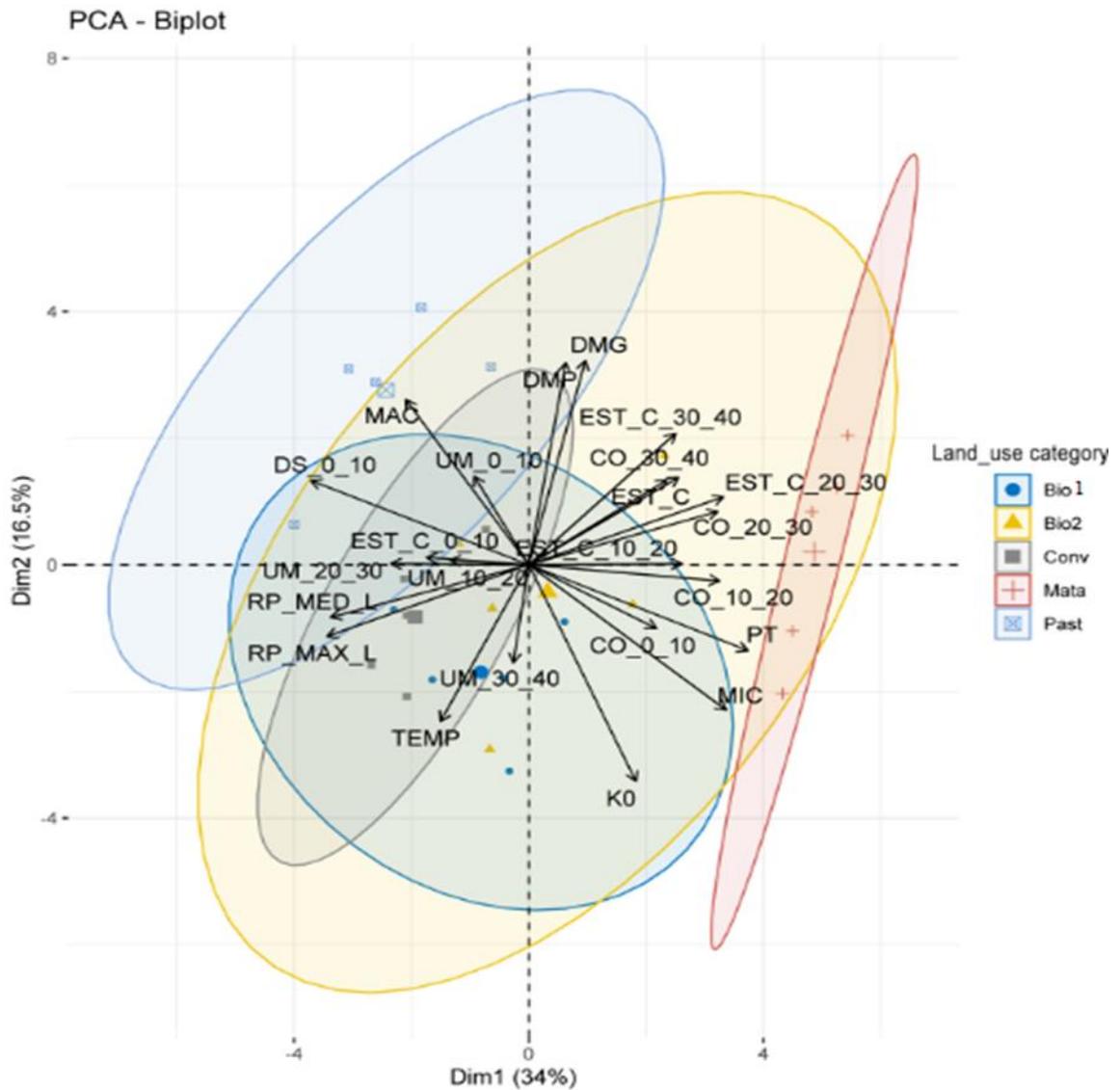
com deposição do material sobre o solo, haja aumento do estoque de C.

Como a presença de árvores em SAFs é associada, nos sistemas sintrópico, com elevada diversificação e podas e desramas frequentes com deposição do material sobre o solo, maiores ganhos ocorrem na qualidade do solo como observamos no aumento da matéria orgânica dos BIO 1 e BIO 2, e na manutenção da fertilidade e de estoque de C nas camadas superficiais em níveis semelhantes à vegetação nativa como observado por Ribeiro et al., 2019.

3.3. Análise de componentes principais

Os resultados obtidos (Figura 5) indicam que os componentes principais CP1 e CP2 foram capazes de explicar pouco mais de 50% da variabilidade total dos dados. Em CP1, as variáveis mais importantes foram K_0 , MIC, PT, COT de 0 a 10 cm (CO_0_10) e de 10 a 20 cm (CO_10_20) e estoque de carbono (EST_C_10_20). Dentre elas, K_0 , MIC, PT por possuírem maiores comprimentos dos vetores, é possível verificar sua maior contribuição. Assim como a correlação entre carbono orgânico (CO_0_10) e a porosidade total (PT), por formarem ângulos agudos entre as variáveis. Estas variáveis estão mais associadas com os tratamentos BIO 1, BIO e MATA, o que pode estar indicando o efeito do manejo sintrópico na melhoria do aporte de matéria orgânica, que influencia positivamente na melhoria da qualidade de infiltração da água no solo e sua porosidade.

Figura 5 – Análise de Componentes Principais



No componente CP2, as variáveis que apresentaram contribuições similares foram MAC, DS_0_10, dentre estoque de carbono total de 0 a 10 cm (EST_0_10) e umidade de 0 a 10 cm (UM_0_10). Isto foi verificado devido as variáveis apresentarem maior comprimento nos vetores. A associação desta vez foi com as áreas de PAST, CONV, BIO 1 e BIO 2.

A PCA revela ainda uma relação entre as variáveis carbono orgânico total e estoque de carbono e as áreas MATA e BIO 1, essa última a de mais tempo de adoção do sistema sintrópico. A área BIO 2 é a que mais se aproxima da MATA, que neste trabalho é a referência de qualidade.

CONCLUSÕES

Ainda que recente a adoção do manejo sintrópico, os indicadores de qualidade do solo assemelham-se aos verificados na área de mata.

A semelhança entre os indicadores de qualidade de solo sob manejo agroflorestal sintrópico e mata deve aumentar nos próximos anos, o que é importante particularmente, em áreas no entorno de Unidades de Conservação.

As áreas de SAFs sintrópicos (BIO 1 e BIO 2) apresentaram maiores teores de matéria orgânica, maior estoque de carbono, além de melhores indicadores químicos de fertilidade. Nessas mesmas áreas verificaram-se melhor qualidade física do solo quando comparados às áreas sob manejo convencional a pleno sol e pastagem.

REFERÊNCIAS

- ABRASCO - Associação Brasileira de Saúde Coletiva. **Dossiê ABRASCO: um alerta sobre os impactos dos agrotóxicos na saúde**. Rio de Janeiro: EPSJV; São Paulo: Expressão Popular, 2015. 624p.
- ALTIERI, M. A. **Agroecologia: Bases científicas para uma agricultura sustentável**. 3ª ed. São Paulo/Rio de Janeiro: Expressão Popular, ASPTA. 2012. 400 p.
- ALTIERI, M. A. Un método agroecológico rápido para la evaluación de la sostenibilidad de cadetales. **Manejo Integrado de Plagas y Agroecología**, Costa Rica, n.64, p. 17-24, 2002.
- ALVARENGA, R.C.; COSTA, L.M.; MOURA FILHO, W.; REGAZZI, A.J. Crescimento de raízes de leguminosas em camadas de solo compactadas artificialmente. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.20, p.319-326, 1996.
- ALVAREZ V., *et al.* Interpretação dos resultados das análises de solos. In: RIBEIRO, A.C., GUIMARÃES, P.T.G., ALVAREZ V., V.H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. 5a. Aproximação**. Viçosa: CFSEMG, 1999. p.25-32.
- ALVES, F. V.; LAURA, V. A.; ALMEIDA, R. G. **Sistemas agroflorestas: Agropecuária sustentável**. Brasília, DF: Embrapa, 2015. 208 p.
- ANDERSON, T.H. & DOMSCH, K.H. The metabolic quotient for CO₂ (qCO₂) as a specific activity parameter to assess the effects of environmental conditions, such as pH, on the microbial biomass of forest soils. **Soil Biology and Biochemistry**, California, v. 25. n. 3. p. 393-395, mar. 1993.
- ARAUJO, E. A.; KER, J. C.; NEVE S, J. C. L; LANI, J. L. Qualidade do solo: conceitos, indicadores e avaliação. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, Guarapuava-PR, v.5, n.1, p. 187-206, jan./abr. 2012.
- BARRETO, A. C.; FREIRE, M. B. G. S.; NACIF, P. G. S.; ARAUJO, Q. R.; FREIRE, F. J.; INÁCIO, E. S. B. Fracionamento químico e físico do carbono orgânico total em um solo de mata submetido a diferentes usos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 32, n. 4, p. 1471-1478, 2008.
- BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Características químicas do solo afetadas por métodos de preparo e sistemas de cultura. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Campinas, v.21, p.105 – 112, 1997.
- BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: Santos, G. A.; Silva, L. S.; Canellas, L. P.; Camargo, F. A. O. **Fundamentos da matéria orgânica do solo**. 2. ed. Porto Alegre: Metrópole, 2008. p. 7-16.
- CAMARGO, O.A.; ALLEONI, L.R.F. **Compactação do solo e o desenvolvimento das plantas**. Piracicaba: Esalq, 1997. 132p.
- CARSON, R. **Primavera Silenciosa**. 1ª ed. São Paulo: Gaia, 2010. 327 p.
- CARVALHO, R.; GOEDERT, W. J.; ARMANDO, M. S. Atributos físicos da qualidade de um solo sob sistema agroflorestal. **Pesq. Agropec. Bras**, Brasília, v. 39, n.11, p. 1153-1155, nov. 2004.
- CERDA, R. et al. Coffee agroforestry systems capable of reducing disease-induced yield and economic losses while providing multiple ecosystem services. **Rev. Crop Protection**. v. 134, mar. 2020. 14 p.
- CHALLENGER, A. Conceptos generales acerca de los ecosistemas templados de montaña de

- México e su estado de conservación. In: SÁNCHEZ, O.; VEGA, E; PETERS, E.; MONROY-VILCHIS O. **Conservación de ecosistemas templados de montaña en México**. México: INE, 2003. 316p.
- CINTRA, F.L.D; MIELNICZUK, J. Potencial de algumas espécies para a recuperação de solos com propriedades físicas degradadas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v. 7, p. 197-201, 1983.
- CONTI, J. B.; FURLAN, S. A. Geocologia: o clima, os solos e a biota. In. ROSS, J. L. S. **Geografia do Brasil**. 6 ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, p. 67-198, 2009.
- COSTA, H. S. *et al.* rfe. **Revista Fitos**, Rio de Janeiro, p. 42-48, 2019.
- DALAI, R. C.; MAYER, R. J. **Long-term trends in fertility of soils under continuous cultivation and cereal cropping in southern Queensland. II. Total organic carbon and its rate of loss from the soil profile**. Austrian Journal of Soil Research, 24(2), p. 281-292, 1986. doi: 10.1071/SR9860281
- DEBIASI, H *et al.* Produtividade de soja e milho após coberturas de inverno e descompactação mecânica do solo. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v. 45, n.6, p. 603-612, 2010
- DIAS, W. A.; T. E. L. Avaliação dos efeitos do pastoreio sobre a erosão em margens de canal fluvial em Sistema de faxinal. **Sociedade e Natureza**, Uberlândia, v. 23, n. 1, p. 23-35, 2011.
- DONAGEMMA, G. K.; VIANA, J. H. M. Argila Dispersa em Água e Grau de Flocculação. In: TEXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. **Manual de Métodos de Análise do solo**. 3. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2017. 573 p.
- DORAN, J. W.; PARKIN, T. B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J. W.; COLEMAN, D. C.; BEZDICEK, D. F.; Stewart, B. A. **Defining soil quality for a sustainable environment**. Madison, Soil Science Society of American - SSSA. Special Publication, v. 35, p. 3-21, 1994.
- DUARTE, E. M. G; CARDOSO, I. M.; SOUZA, H. N.; GOMES, L. C.; POLIZEL, R. H. P. Sistemas agrofloretais, o manejo do solo e a conservação da biodiversidade na Mata Atlântica. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 2, n. 2, 2007.
- DUBOIS, J. C. L. Sistemas agrofloretais na Amazônia: avaliação dos principais avanços e dificuldades em uma trajetória de duas décadas. In: PORRO, R. **Alternativa agroflorestal na Amazônia em transformação**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, cap. 6, p. 171-218, 2009.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: Embrapa, 2018. 356 p.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de métodos de análise de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2017.
- ESRI - Environmental Systems Research Institute. **ArcGIS Explorer**, 2018. Disponível em: <<http://www.esri.com/software/arcgis/explorer-desktop/download>>. Acesso em 26 jun. 2019.
- FAO; ITPS. **Status os the World's Soil Resources (SWSR) – Main Report**. Food and Agriculture Organization of the United Nations e Intergovernmental Technical Panel on Soils, Italy, 2015. 650 p.

- FAVERO, C.; LOVO, I. C.; MENDONÇA, E. S. Recuperação de área degradada com sistema agroflorestal no vale do rio doce, minas gerais. **Revista Árvore**, Viçosa – MG, v. 32, p. 861-868, 2008.
- FEIDEN, A. **Métodos alternativos para biocontrole na agricultura**. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2009.
- FERREIRA, M. M. C. Multivariate QSAR. **J. Braz. Chem. Soc.**, São Paulo, v.13, n.6, p.742-753, 2002.
- FREITAS, L. *et al.* Estoque de carbono de latossolos em sistemas de manejo natural e alterado. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 28, n. 1, p. 228-239, 2018.
- FREITAS, L. *et al.* Indicadores da qualidade química e física do solo sob diferentes sistemas de manejo. **Revista Unimar Ciências**. Marília, SP, v. 26, p. 08-25, 2017.
- GALVANI, F.; GAERTNER, E. **Adequação da metodologia Kjeldahl para determinação de Nitrogênio Total e Proteína Bruta**. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2006.
- GERDEMANN, J. W.; NICOLSON, T. H. Spores of mycorrhizal endogone species extracted from soil by wet sieving and decanting. **Transaction Britannic Mycological Society**, v.46, n. 1, p.235-244, 1963.
- GIOVANNETTI, M.; MOSSE, B. An evaluation of techniques for measuring vesicular arbuscular mycorrhizal infection in roots. **New Phytologist**, v.84, n. 3, p. 489-500, 1980.
- GOMES, L.C.; et al. Agroforestry systems can mitigate the impacts of climate change on coffee production: A spatially explicit assessment in Brazil. **Agriculture, Ecosystems & Environment**. v. 294, jun. 2020.
- GOTELLI, N.; ELLISON, A. **Princípios de estatística em ecologia**. Artmed Editora S.A, 2011. 510p.
- GOTSCH, ERNST. **O renascer da agricultura**. Rio de Janeiro: AS-PTA, 1996. 2ª ed, 24 p.
- GOULART, F. F; VANDERMEER, J.; PERFECTO, I.; MATTA-MACHADO, R. P. Análise agroecológica de dois paradigmas modernos. **Revista Brasileira de Agroecologia**, 2009. p. 76-85.
- GUIMARÃES, L. A. O. P.; MENDONÇA, G. C. Conceitos e Princípios práticos da agroflorestal sucessional biodiversa (agricultura sintrópica). *In*: SILVA, C. A. P. et al. **Plantando hoje as riquezas do futuro**. 1ª ed. Alegre – ES: CCAE. UFES, 2018, p. 108-123.
- HIDALGO C, P. Determinación de las reservas totales de carbono en un Sistema agroflorestal de la Selva Alta de Tingo María. **Rev. Aporte Santiaguino**. Lima, v. 4, n. 1. p. 87-92, jul. 2011.
- ISERMEYER, H. Eine einfache methode zur bestimmung der bodenatmung und der karbonate im boden. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, p. 26-38, set. 1952.
- JENKINSON, D.S; POWLSON, D.S. The effects of biocidal treatments on metabolism in soil – V: A method for measuring soil biomass. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v.8, n. 3, p. 209-213, 1976.
- KER, J. C. Latossolos do Brasil: uma revisão. **Geonomos**. v. 5, n. 1. p. 17-40, 1997.
- KLAIN, V. A. **Física do Solo**. 3ª ed. Passo Fundo: Ed. Universidade de Passo Fundo, 2014. 263 p.

- KUMAR, P. *et al.* Estimation of accumulated soil organic carbon in tropical forest using geospatial strategy. **The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science**. v. 19, p. 109-123, 2016.
- LAPEYRE, T.; ALEGRE, J. ARÉVALO, L. Determinación de las reservas de carbono de la biomassa aérea, en diferentes sistemas de uso la tierra en San Martín, Perú. **Ecología Aplicada**. v.3 n.1-2, p. 35-44. out. 2004.
- LARSON, W. E.; PIERCE, F. J. The Dynamics of soil quality as a measure of sustainable management. *In*: DORAN, J. W.; COLEMAN, D. C.; BEZDICEK, D. F.; STEWART, B. A. **Defining soil quality for a sustainable environment**. Madison: SSSA, p. 37-51, 1994.
- MACHADO, P. L. O A. **Manejo da matéria orgânica de solos tropicais**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2001. 20 p.
- MARTINELLI, G. Mountain biodiversity in Brazil. **Revista Brasileira de Botânica**. São Paulo, v. 30, n.4, p.587-597, 2007.
- MENDONÇA, E.S.; MATOS, E.S. **Matéria orgânica do solo: métodos de análises**. 2. ed. Viçosa, MG: UFV- GEFERT, 2017. 221 p.
- MIELNICZUK, J. **Matéria orgânica e a sustentabilidade de sistemas agrícolas**. *In*: Santos, G. A.; Silva, L. S.; Canellas, L. P.; Camargo, F. A. O. **Fundamentos da matéria orgânica do solo**. 2. ed. Porto Alegre: Metrópole, p. 1-4, 2008.
- MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; VEZZANI, F. M. Manejo de solo e culturas e sua relação com os estoques de carbono e nitrogênio do solo. *In*: CURI et al. **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v. 3, cap. 5, p. 209-248, 2003.
- MOTA, L. H. S. O.; VALLADARES, G. S. Vulnerabilidade à degradação dos solos da Bacia do Acaraú, Ceará. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 01, p. 39-50, 2011.
- MUYZER, G.; WALL, E.C.; UITTERLINDEN, A.G. Profiling of complex microbial populations by denaturing gradient gel electrophoresis analysis of polymerase chain reaction – amplified genes coding for 16S rRNA. **Applied and Environmental Microbiology**, Washington, v. 59, n. 3, p. 695-700, 1993.
- NAIR, P. K. R. Agroforestry Systems Inventory. **Agroforestry Systems**, v. 5, n. 3, 1987. 301p.
- NESMITH, D. S. Soil compaction in double cropped wheat and soybean on Ultisol. **Soil Science Society of American Journal**, v. 51, p. 183-186, 1987.
- NETO, R. M. Geossistemas em ambientes montanhosos: a revelação da paisagem na serra do caparaó (MG/ES). **Revista RA'EGA - O Espaço Geográfico em Análise**. Curitiba, v.38, p. 269-290, dez/2016.
- NODARI, R. O.; GUERRA, M. P. A agroecologia: estratégias de pesquisa e valores. **Revista Estudos Avançados**, São Paulo, v. 29, n 83, p. 183-207, 2015.
- NOTARO, K. A. *et al.* Agroforestry systems, nutrientes in litter and microbial activity in soils cultivated with coffee at high altitude. **Science Agrochimicals**. v. 71, n. 2, p.87-95, mar./abr. 2014.
- PASINI, F. S. **A Agricultura Sintrópica de Ernst Gotsch: história, fundamentos e seu nicho no universo da Agricultura Sustentável**. 2017. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Macaé, RJ, 2017.
- PELEGRINI, J. B. R. *et al.* **Qualidade física do solo de um sistema agroflorestal sucessional**

- comparado à cultura de cana-de-açúcar**, Jaguariúna, SP: Embrapa Meio Ambiente. 2006.
- PENEIREIRO, F. M. **Sistemas agroflorestais dirigidos pela sucessão natural: um estudo de caso**. 1999. Dissertação (Mestrado em Ciências). Universidade do Estado de São Paulo – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, SP, 1999.
- PERFECTO, I.; VANDERMEER, J.; WRIGHT. **Nature’s Matrix: Linking Agriculture, Conservation and Food Sovereignty**. 1ª ed. Editora Eartscan Publications, 242 p.
- PEZARICO, C. R., VITORINO, A. C. T., MERCANTE, F. M., DANIEL, O. Indicadores de qualidade do solo em sistemas agroflorestais. **Rev. Ciência Agrária**, v.56, n.1, p. 40-47, 2013.
- PHILLIPS, J.M.; HAYMAN, D.S. Improved procedures for clearing and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. **Transaction of the British Mycological Society**, v. 55, p. 158-161, 1970.
- PINTO, L.F.G; CRESTANA, S. Características edafoclimáticas e informações socioeconômicas no diagnóstico de agroecossistemas da região de São Carlos, SP. **Pesq. agropec. bras.**, v.36, n.11, p.1325-1329, 2001.
- POEPLAU, C; DON, A. Carbon sequestration in agricultural soils via cultivation of cover crops – A meta-analysis. **Rev. Agriculture, Ecosystems & Environment**. v. 200, p 33-41, 2015.
- REBELLO, J. F. S. **Princípios de Agricultura Sintrópica segundo Ernst Gotsch**. 1ª ed. Goiás: CEPEAS, 2018.
- REEVES, D. W. The role of soil organic matter in maintaining soil quality in continuous cropping systems. **Soil & Tillage Research**, p.131-167, 1997.
- REICHERT, J. M; SUZUKI, L. E. A. S; REINERT. Compactação do solo em sistemas agropecuários e florestas: identificação, efeitos, limites críticos e mitigação. *In*: CERETTA, C. A; SILVA, L. S; REICHERT, J. M. **Tópicos em ciências do solo**. Viçosa-MG: Suprema Gráfica e Editora Ltda. Cap. 2, p.50-119, 2007.
- RESENDE, M.; CURTI, N.; REZENDE, S. B.; CORRÊA, G.F.; KER, J. C. **Pedologia: base para distinção de ambientes**. Lavras: Editora UFLA, 6. ed., 2014.
- RIBEIRO, J. M. *et al*. Fertilidade do solo e estoque de carbono e nitrogênio sob sistemas agroflorestais no Cerrado Mineiro. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 29, n.2, p. 913-923, 2019.
- RIBEIRO, K. D., MENEZES, S. M., MESQUITA, M. G. B. F.; SAMPAIO, F. M. T. Propriedades físicas do solo, influenciadas pela distribuição propriedades físicas do solo, influenciadas pela distribuição de poros, de seis classes de solos da região de lavras-mg. **Ciência. Agrotec.**, Lavras, v. 31., n. 4, p. 1167-1175, 2007.
- RONQUIM, C. C. **Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, v. 8, 2010 26 p.
- ROSS, J. L. S. Os Fundamentos da Geografia da Natureza. *In*. ROSS, J. L. S. **Geografia do Brasil**. 6 ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2009, p. 13-51.
- SALTON, J.C.; TOMAZI, M. **Sistema radicular de plantas e qualidade do solo**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste. Comunicado técnico. n. 198. 2014. 6 p.
- SANTOS, R. D. *et al*. **Manual de descrição e coleta do solo no campo**. 6 ed. Viçosa, MG:

- Suprema, 2013. 100 p.
- SIQUEIRA, L. O.; MOREIRA, F. M S.; GRISI, B. M.; HUNGRIA, M.; ARAUJO, R. S. **Microrganismos e processos biológicos solo**. Embrapa - SPI, Brasília-DF, 1994.
- SOUZA, V. C.; SILVA, R. A.; CARDOSO, G. D.; BARRETO, A. F. Estudos sobre fungos micorrízicos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v. 10, n. 3, 2006.
- STEFANOSKI, D.C.; SANTOS, G. G.; MARCHÃO, R. L.; PETTER, F. A.; PACHECO, L. P. Uso e manejo do solo e seus impactos sobre a qualidade física. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n.12, p. 1301-1309, 2013.
- STOLF, R.; FERNANDES, J.; FURLANI, U. L. **Recomendações para o uso do penetrômetro de impacto modelo IAA/PLANALSUCAR-STOLF**. Série Penetrômetro de Impacto. Boletim Técnico, 1. p. 1-9., 1983.
- TAVARES, P. D. *et al.* Soil quality under agroforestry systems and traditional agriculture in the atlantic forest biome. **Rev. Caatinga**, Mossoró, RN, v. 31, n. 4, p. 954- 962, out/dez. 2018.
- TAYLOR, H.M.; ROBERSON, G.M.; PARKER, J.J. Soil strength-root penetration relations for medium-to-coarse-textured soil materials. **Soil Science**, v. 102, n.1, p. 18-22, jul. 1966.
- VANCE, G.F.; STEVENSON, F.J.; SIKORA, F.J. Environmental chemistry of aluminum-organic complexes. *In*: SPOSITO, G. **The enviromental chemistry of aluminum**. 2.ed. Flórida: Lewis Publishers, 1996. p. 169-220.
- VAZ, P. **Viagem por Minas Gerais com Ernst Gotsch**. Curso Internacional de Capacitação em Tecnologias Agroflorestais, Embrapa, 2009. 24p.
- VEZZANI, F. M.; MIELNICZUK, J. Uma visão sobre qualidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, p. 743-755, 2009.
- VEZZANI, F.M.; MIELNICZUK, J. Agregação e estoque de carbono em Argissolo submetido a diferentes práticas de manejo agrícola. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.35, p. 213-223, 2011.
- WEZEL, A.; *et al.* **Agroecology as a Science, a movement and a practice: a review**. Agronomy for Sustainable Development, 2009. 13 p.
- YEOMANS, J. C.; BREMMER, J. M. A rapid and precise method for routine dertermination of organic carbon in soil. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 19, p. 1467-1476, nov. 1988.
- YOUNG, A. The effectiveness of contour hedgerows for soil and water conservation. **Agroforestry Forum**, v. 8, n.4, p. 2-4, dez. 1997.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos apontam contribuições positivas dos sistemas agroflorestais sintrópicos quando comparados aos sistemas convencionais de cultivo para conservação da água e do solo, qualidade ambiental, e para a qualidade de vida das agricultoras e agricultores de regiões montanhosas.

A transição para o manejo agroflorestal sintrópico com foco na produção de café demonstrou estar associado ao aumento da biodiversidade de espécies na propriedade, além de melhorar a qualidade do café, e fomentar a permanência da família na propriedade. Os resultados demonstram que o cultivo de cafés especiais se apresenta com diferenciais ambientais e econômicos favoráveis à agricultura familiar de regiões montanhosas.

Os resultados apontam que as agroflorestas representadas pelas áreas BIO 1 e BIO 2, e a vegetação nativa representada pela MATA, possuem maiores teores de matéria orgânica e menores valores de densidade do solo em relação à pastagem e cultivo a pleno sol, contribuindo para os maiores teores de COT, principalmente nas primeiras camadas de 0 a 10 cm e 10 a 20 cm. Tais resultados demonstram o potencial dos sistemas agroflorestais sintrópicos com pouco tempo de adoção como prática de manejo conservacionista destes ambientes. Esta proposta confere maior aporte de biomassa, promove a cobertura do solo pelas podas e capinas seletivas, e é associada ao melhor desempenho das funções do solo, dentre as quais destaca-se o aumento do estoque de carbono, contribuindo para a mitigação das mudanças climáticas.

Os maiores efeitos dos sistemas agroflorestais sintrópicos nos atributos físicos do solo foram no aumento da macroporosidade em relação à pastagem. Este atributo é de grande importância, pois influencia diretamente no armazenamento de água, no desenvolvimento radicular das plantas, uma vez que reduz a quantidade de água e ar, e, conseqüentemente, interfere na produtividade agrícola.

Os resultados apontam que a adoção do manejo agroflorestal sintrópico com aproximadamente quatro anos de adoção não foi suficiente para evidenciar a influência do componente arbóreo na qualidade física do solo no que diz respeito a estabilidade de agregados na camada superficial. Para esta variável, as gramíneas da área de pastagem favorecem mais a formação de agregados, tendo em vista a natureza de seu sistema radicular.

Os sistemas agroflorestais e mata também foram responsáveis pelos menores valores máximos e médios de resistência mecânica do solo à penetração, principalmente a partir dos 20 cm de profundidade.

Diante dos resultados nota-se o potencial de sistemas agroflorestais sintrópicos para a

qualidade de vida dos proprietários, para ganhos de qualidade na produção do café e para melhorias na qualidade física e química do solo. No caso específico de áreas de montanha e no entorno de unidades de conservação, esses ganhos ainda se somam aos benefícios em termos de biodiversidade e conexão de fragmentos.

A transição agroecológica foi percebida pela família de agricultores como um ponto de inflexão nas suas vidas. Ela marca o antes e o depois de um novo começo e é o propulsor de motivação para futuros empreendimentos na propriedade. Do café de qualidade associado com produção de produtos diversos, a propriedade ganha novos caminhos para constituir-se em local de cursos e de troca de experiências, ponto de parada e hospedagem no ecoturismo rural, cafeteria para visitantes, turistas e apreciadores de café e grife com a marca da propriedade. A mesma transição agroecológica transformou a família em referência na região pela produção de café de alta qualidade com uma “tal sintropia”, baseada em princípios sustentáveis e executada em área muito pequena.

ANEXOS

ANEXO A - Representação gráfica do sistema agroflorestal sintrópico biodiverso 1 (BIO 1)



Fonte: Vanessa Gambardella (2020).

ANEXO B - Representação gráfica do sistema agroflorestal sintrópico biodiverso 2 (BIO 2)



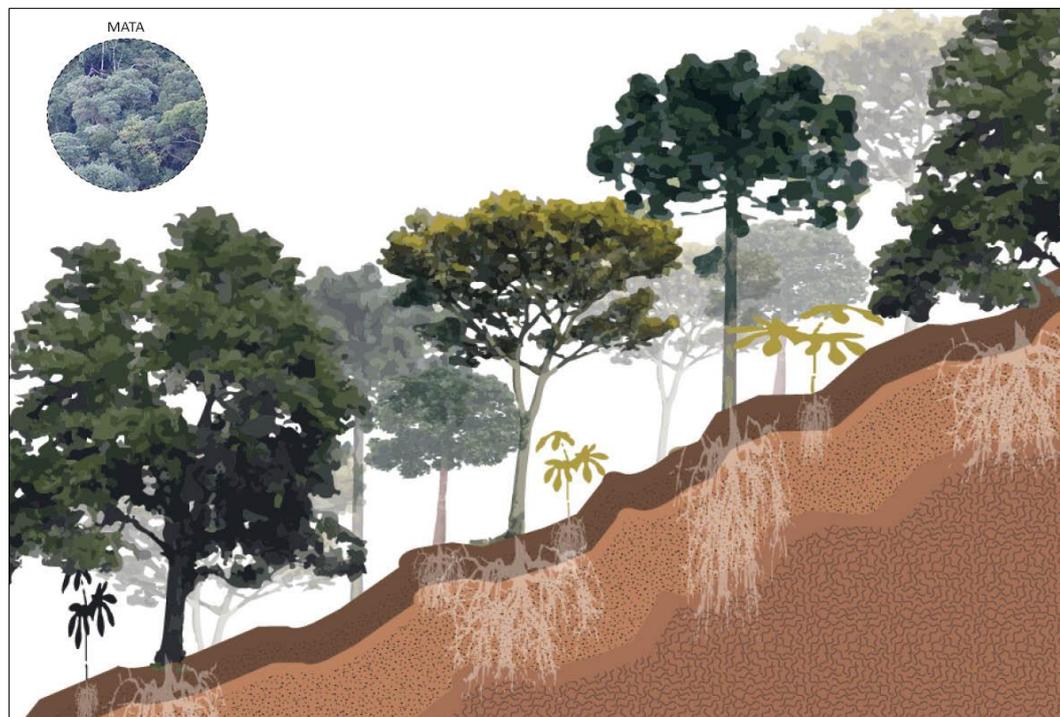
Fonte: Vanessa Gambardella (2020).

ANEXO C - Representação gráfica do sistema agroflorestal sintrópico biodiverso 3 (BIO 3)



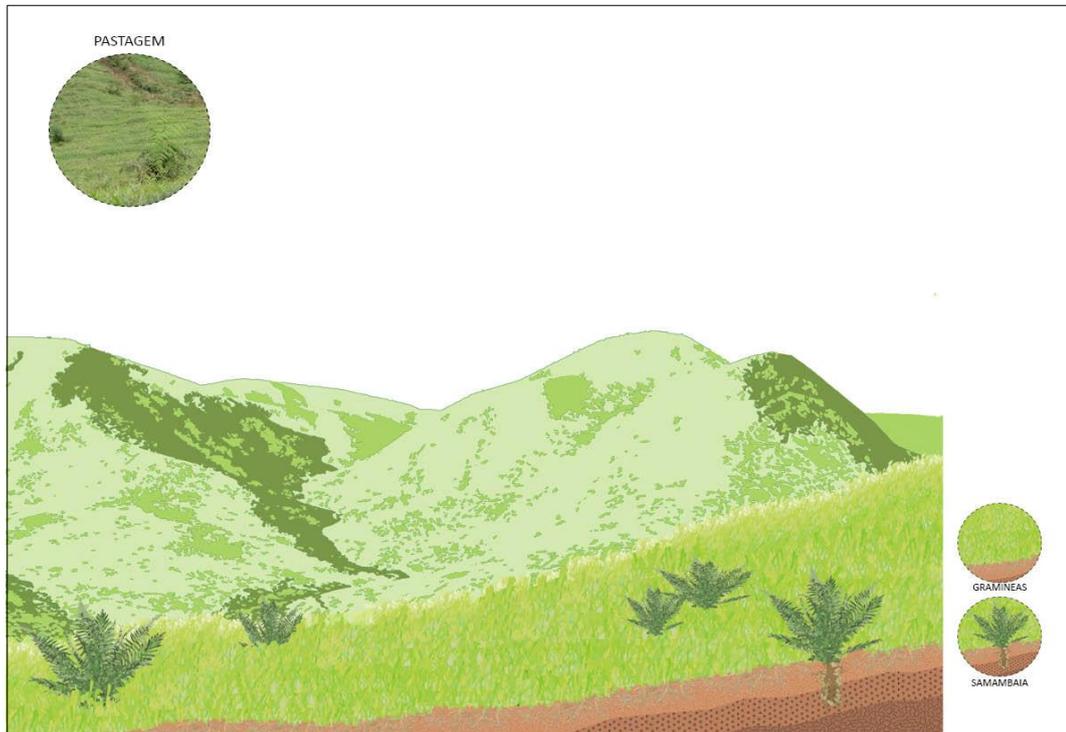
Fonte: Vanessa Gambardella (2020).

ANEXO D - Representação gráfica da área de pastagem (PAST)



Fonte: Vanessa Gambardella (2020).

ANEXO E - Representação gráfica da área da vegetação nativa (MATA)



Fonte: Vanessa Gambardella (2020).

ANEXO F - Representação gráfica da área de cultivo de café convencional a pleno sol (CONV)



Fonte: Vanessa Gambardella (2020).