

LEANDRO RODRIGUES DA CUNHA CORREA

**REDESENHO AGROECOLÓGICO DE PASTAGENS: EFEITO NA QUALIDADE
DO SOLO E NA MACROFAUNA EDÁFICA**

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 Alves Fernandes
Coorientadores: Irene Maria Cardoso
Frederico Falcão Salles

**VIÇOSA - MINAS GERAIS
2023**

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

T

C824r
2023

Correa, Leandro Rodrigues da Cunha, 1989-

Redesenho agroecológico de pastagens: efeito na qualidade do solo e na macrofauna edáfica / Leandro Rodrigues da Cunha Correa. – Viçosa, MG, 2023.

1 dissertação eletrônica (67 f.): il. (algumas color.).

Orientador: Raphael Bragança Alves Fernandes.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Solos, 2023.

Inclui bibliografia.

DOI: <https://doi.org/10.47328/ufvbbt.2023.628>

Modo de acesso: World Wide Web.

1. Agroecologia. 2. Sistemas agrossilvipastoris.
3. Pastagens - Manejo. 4. Solos - Manejo. I. Fernandes, Raphael Bragança Alves, 1969-. II. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Solos. Programa de Pós-Graduação em Agroecologia. III. Título.

CDD 22. ed. 630.277

Bibliotecário(a) responsável: Euzébio Luiz
Pinto CRB-6/3317


LEANDRO RODRIGUES DA CUNHA CORREA

**REDESENHO AGROECOLÓGICO DE PASTAGENS: EFEITO NA QUALIDADE
DO SOLO E NA MACROFAUNA EDÁFICA**


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: 28 de junho de 2023

Assentimento:

Documento assinado digitalmente
 LEANDRO RODRIGUES DA CUNHA CORREA
Data: 15/10/2023 23:44:50-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Leandro Rodrigues da Cunha Correa
Autor

Documento assinado digitalmente
 RAPHAEL BRAGANÇA ALVES FERNANDES
Data: 17/10/2023 17:59:19-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Raphael Bragança Alves Fernandes
Orientador

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à professora Irene pela parceria na elaboração do projeto e estímulo para me aventurar pela temática da biologia do solo. Durante a execução da pesquisa agradeço a ela pelos valiosos ensinamentos e aconselhamentos. Agradeço também ao professor Raphael que topou executar o projeto construído no semestre anterior na disciplina SOL 647. Agradeço a ele pelo estímulo em cursar a disciplina de Biologia do Solo na UFSM e por todos os ensinamentos, aconselhamentos e por sua paciência impecável com algumas limitações minhas que vieram à tona no decorrer do processo. Agradeço ao Fred pela coorientação e pelos conhecimentos compartilhados. Agradeço ao amigo e parceiro de projeto Lucão Bigardi, grande referência como pessoa e como profissional. Agradeço pelos ensinamentos, boa companhia e diversos aconselhamentos em campo e no laboratório. Foi realmente uma satisfação conhecê-lo melhor e trabalhar junto contigo.

Somos gratos ao agricultor Denil, dona Maria Eliete e sua família pela cessão da área e participação nas atividades do projeto. Ao Departamento de Solos e ao Programa de Pós-graduação em Agroecologia da UFV, pelo suporte ao projeto. Ao apoio logístico proporcionado pelo Centro de Tecnologias Alternativas da Zona da Mata (CTA-ZM) e Sindicato dos Trabalhadores(as) na Agricultura Familiar de Divino-MG (SINTRAF-Divino). Ao Programa Interinstitucional FOREFRONT (Programa Internacional de Pesquisa, uma parceria UFV - Universidade de Wageningen - Universidade Nacional Autônoma - Colegio de La Frontera Sur). Agradecemos também a CAPES pela concessão das bolsas e à UFV pelo apoio.

Agradeço profundamente aos diversos amigos que colaboraram de alguma forma, alguns exemplos são Emmeline e Gilberto que, na hora do aperto, foram acionados e me atenderam de prontidão. Valeu demais !

Agradeço à Marcela e Marina pela companhia durante toda a fase de elaboração, execução e escrita deste trabalho. Vocês são parte disto e espero que se sintam satisfeitas com esta conquista. Dedico este trabalho à Marinoca, pedacinho de gente que vibrava comigo cada “bicho do solo”, “minhoca”, “gongolo” encontrado nas “amostras” de solo trazidas de Divino. Que respondia com sorriso no rosto: “cuuupiiim” sempre que perguntávamos o nome de algum animal bem importante para ciclagem de nutrientes nos trópicos.

Por fim agradeço aos meus pais Maria Thereza e Lauro por todo apoio, exemplo e estímulo em diversos aspectos da vida, em especial nos estudos. Agradecido

Leandro

Caminhos Alternativos

Se plantar o arroz ali, se plantar o milho acolá,
um jeito de produzir, pra gente se alimentar.

Primeiro cantar do galo, já se levanta da cama,
e o camponês se mistura à terra que tanto ama.

Amar o campo, ao fazer a plantação,
não envenenar o campo é purificar o pão.

Amar a terra, e nela plantar semente,
a gente cultiva ela, e ela cultiva a gente.
A gente cultiva ela, e ela cultiva a gente.

Choro virou alegria, a fome virou fartura,
e na festa da colheita, viola em noite de lua.

Mutirão é harmonia, com cheiro de natureza,
o sol se esconde na serra e a gente acende a fogueira.

Amar o campo, ao fazer a plantação,
não envenenar o campo é purificar o pão.

Amar a Terra, e nela plantar semente,
a gente cultiva ela e ela cultiva a gente.
A gente cultiva ela e ela cultiva a gente.

Quando se envenena a Terra, a chuva leva pro rio,
nossa poesia chora, se a vida tá por um fio,
e ela é pra ser vivida, com sonho, arte e beleza,
caminhos alternativos e alimentação na mesa.

Amar o campo, ao fazer a plantação,
não envenenar o campo é purificar o pão.

Amar a terra, e nela plantar semente,
a gente cultiva ela, e ela cultiva a gente.
A gente cultiva ela, e ela cultiva a gente.

RESUMO

CORREA, Leandro Rodrigues da Cunha, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, junho de 2023. **Redesenho agroecológico de pastagens: efeito na qualidade do solo e na macrofauna edáfica.** Orientador: Raphael Bragança Alves Fernandes. Coorientadores: Irene Maria Cardoso e Frederico Falcão Salles.

A agricultura brasileira pouco utiliza os benefícios que a biodiversidade do solo pode proporcionar. O modelo de produção baseado em monoculturas e grande utilização de insumos pouco valoriza a biologia e a vida do solo. Mesmo em áreas de pastagens, onde o solo não é costumeiramente revolvido, o componente biológico tem sido negligenciado. As pastagens ocupam parte significativa das regiões do Brasil e, em sua maioria, estão sob algum estado de degradação. Sistemas silvipastoris têm sido apontados como alternativa para a transição agroecológica e o restabelecimento dos serviços ecossistêmicos associados a estes ambientes pastoris. Dentro da biologia do solo a macrofauna edáfica tem sido apontada com papel relevante na dinâmica da fertilidade e de outros atributos do solo devido a sua atuação funcional e de mobilização de matéria nas camadas superficiais do solo. Outros estudos indicam que a presença de árvores nos sistemas pastoris influencia positivamente na distribuição e dinâmica desses organismos edáficos. Adicionalmente, a macrofauna edáfica tem sido relacionada como um bom indicador de qualidade dos solos em processos participativos de pesquisa e de sensibilização de agricultores, por serem organismos visíveis a olho nu e por fazerem parte do cotidiano das pessoas. Diante do exposto, a presente pesquisa é centrada nas perguntas de como e por que o manejo agroecológico de pastagens favorece a atividade da macrofauna edáfica, e qual a percepção dos agricultores em relação a esses organismos. O objetivo geral do estudo foi avaliar a macrofauna edáfica em sistemas silvipastoris, em resposta ao manejo agroecológico de pastagens, bem como a compreensão dos agricultores familiares em relação a esses organismos. O estudo foi realizado em uma propriedade da agricultura familiar utilizada como modelo de implantação de piquetes para o manejo do rebanho bovino em sistema silvipastoril em bases agroecológicas, em Divino-MG. A pesquisa foi realizada considerando três capítulos. O primeiro capítulo objetivou sistematizar as atividades realizadas pelo projeto, bem como analisar as interações etnoecológicas desenvolvidas entre agricultor familiar e seu agroecossistema pastoril. O segundo capítulo avaliou como o piqueteamento das pastagens afeta a qualidade do solo e a riqueza e abundância da macrofauna edáfica em sistemas silvipastoris. No terceiro capítulo, o objetivo foi avaliar o efeito da presença de árvores nesses sistemas sobre a qualidade do solo e a dinâmica da macrofauna do solo. Todo o processo foi

executado com a participação dos agricultores, que foram consultados sobre os nomes comuns e as funções dos organismos encontrados no solo. Análises físicas de solo foram executadas nas mesmas amostras utilizadas para a determinação da fauna, a fim de verificar as relações entre a macrofauna e as características do solo. Os resultados obtidos indicaram que o agricultor colaborador desta pesquisa conhece os macrorganismos edáficos que compõem os agroecossistemas em que trabalha, os nomeia e compreende suas funcionalidades ecossistêmicas. Ele é capaz de estabelecer critérios próprios para a execução do planejamento forrageiro por meio da observação da altura do capim de cada piquete e também para a inclusão de árvores na pastagem. Mesmo com pouco tempo de adoção, o redesenho agroecológico de pastagens influenciou alguns atributos associados à qualidade física do solo, e ainda a distribuição de macrorganismos edáficos nos agroecossistemas avaliados.

Palavras-chave: Sistemas silvipastoris agroecológicos. Manejo agroecológico de pastagens. Biologia do solo.

ABSTRACT

CORREA, Leandro Rodrigues da Cunha, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, June, 2023. **Agroecological redesign of pastures: effect on soil quality and edaphic macrofauna.** Adviser: Raphael Bragança Alves Fernandes. Co-advisers: Irene Maria Cardoso and Frederico Falcão Salles.

Brazilian agriculture rarely uses the benefits that biodiversity alone can provide. The production model based on monocultures and extensive use of inputs undervalued soil biology and life. The biological component has been neglected even in grassland areas, where the soil is not plowed. Pastures occupy a significant part of Brazil's regions and, for the most part, are in some state of degradation. Silvopastoral systems have been proposed as an alternative for the agroecological transition and the restoration of ecosystem services associated with these pastoral environments. In soil biology, macrofauna has been attributed a relevant role in fertility dynamics and other soil attributes due to its functional role and matter mobilization in the superficial layers. Other studies indicate that the presence of trees in pastoral systems positively influences the distribution and dynamics of these soil organisms. Furthermore, soil macrofauna has been listed as a good quality indicator only in participatory research and farmer awareness processes because they are visible organisms and make part of people's daily lives. In this scenario, this research focuses on how and why agroecological management of pastures favors the activity of soil macrofauna and how the farmers perceive these organisms. The study's general objective was to evaluate soil macrofauna in silvopastoral systems in response to agroecological management of pastures and to understand the family farmers' perception of these organisms. The study was conducted on a family farming property used as a model for implementing paddocks for cattle management in a silvopastoral system on an agroecological basis in Divino-MG. The research was carried out considering three chapters. The first chapter aimed to systematize the property activities and analyze the ethnoecological interactions between family farmers and their pastoral agroecosystem. The second aimed to evaluate how pasture paddocks affect the soil quality and the richness and abundance of soil macrofauna in silvopastoral systems. In the third chapter, the objective was to evaluate the effect of the presence of trees in these systems on the soil quality and the dynamics of the edaphic macrofauna. The entire process was carried out with the participation of farmers, who were consulted about the common names and the functions of the organisms found in the soil. Soil physical analyses were performed on the same samples used to determine the fauna to verify the relationships between macrofauna and soil characteristics. The results indicated that the

farmer collaborating in this research knows the soil macroorganisms that take part in the agroecosystems he works with, names them, and understands their ecosystem functionalities. He can establish his criteria for carrying out forage planning by observing the height of the grass in each paddock and also for the inclusion of trees in the pasture. Even with little time of adoption, the agroecological redesign of pastures influenced some attributes associated with the soil physical quality and the distribution of edaphic macroorganisms in the agroecosystems evaluated.

Keywords: Agroecological silvopastoral systems. Agroecological management of pastures. Soil biology.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	11
CAPÍTULO 1	20
Divino solo vivo: percepção dos agricultores sobre o redesenho agroecológico de sistemas pastoris e a macrofauna edáfica.....	20
Resumo	20
Introdução	21
Material e métodos	23
Área de estudo	24
Avaliações em campo	24
Histórico da família e análise da paisagem – metodologia da avaliação do histórico .	24
Macrofauna	25
Resultados e discussões	26
Histórico da família	26
Redesenho das pastagens	27
Relação agricultor e fauna edáfica	28
Conclusões	33
Agradecimentos	33
Referências Bibliográficas	33
Anexo 1 - ROTEIRO ENTREVISTA SEMI-ESTRUTURADA	36
CAPÍTULO 2	37
Piqueteamento de pastagens agroecológicas: melhoram a qualidade do solo indicada pela macrofauna edáfica.....	37
Resumo	37
Introdução	37
Material e métodos	39
Área de estudo	39
Coleta de amostras	40
Análise física do solo	40
Avaliação da Macrofauna	40
Análises estatísticas	41
Resultados e discussão	42
Conclusões	49
Referências Bibliográficas:	50
CAPÍTULO 3	52

Árvores em sistemas pastoris sob redesenho agroecológico melhoram a qualidade do solo indicada pela macrofauna edáfica.....	52
Resumo:	52
Introdução	52
Material e métodos:	54
Área de estudo	54
Locais de coleta de amostras	55
Análises físicas de solo	55
Avaliação da Macrofauna	55
Análises estatísticas	56
Resultado e discussão	56
Conclusões	64
Agradecimentos	64
Referências Bibliográficas:	64
CONSIDERAÇÕES FINAIS	67

INTRODUÇÃO GERAL

A agricultura brasileira é especialmente dominada por monocultivos voltados para a exportação de commodities. A lógica desta forma de produção agrícola baseia-se em uma relação utilitarista da terra, que prioriza a lucratividade sem se preocupar com a preservação e ou conservação da natureza (PRIMAVESI, 2002). O modelo de agricultura baseado em monocultivos não utiliza a enorme biodiversidade em favor da produção de bens agrícolas.

Este modelo de agricultura recorre ao pacote tecnológico da Revolução Verde, composto por sementes modificadas (transgênicas ou não), agrotóxicos, fertilizantes, mecanização e irrigação. Tais tecnologias necessitam da simplificação e homogeneização dos agroecossistemas, o que é feito a partir dos monocultivos, e de facilidade de intervenções mecânicas com o objetivo, dentre outras coisas, de aumentar a produtividade no curto prazo (CAPORAL e COSTABEBER, 2005). Os apoios governamentais e midiáticos dão escala a este modelo de agricultura e determinam os desenhos dos agroecossistemas em monocultivos e que utilizam intensamente o pacote tecnológico da revolução verde (CAPORAL e COSTABEBER, 2005).

Agroecossistemas são entendidos como sistemas agrícolas de natureza complexa que envolvem fatores biológicos, sociais e econômicos que são interconectados (ALTIERI, 2000). Este conceito inclui, portanto, todos os organismos vivos em seus processos ecológicos e, para além disso, incorpora os sistemas de produção agrícola, os agricultores, suas famílias e comunidades, a estrutura social e econômica que vivem e também o fator cultural inerente à produção agrícola. Esta definição é ancorada no entendimento de que a agricultura vai além do que se produz, sendo um sistema social e ecológico integrado. O fator social presente neste conceito, é o que o diferencia do conceito de ecossistemas, que não considera os fatores relativos aos processos sociais, como economia, cultura e política.

O modelo de agricultura que simplifica os agroecossistemas não respeita os ciclos naturais, inviabiliza a agricultura familiar no campo e o desenvolvimento de um sistema agrário biodiverso que concilie produção e cuidados com a natureza de maneira economicamente viável e socioambientalmente justa. Ao contrário da lógica de produção agrícola simplificada, em monocultivo, os sistemas diversificados de base agroecológica preocupam-se com a conservação dos bens naturais, dentre eles a biodiversidade e os solos (PERFECTO *et al.*, 2019).

A Agroecologia propõe a conciliação entre a produção agrícola com qualidade ambiental e qualidade de vida da população rural e urbana. Busca compreender a

insustentabilidade do modelo de agricultura vigente propondo um novo paradigma para produção de alimentos de maneira ecologicamente equilibrada, socioambientalmente justa e economicamente viável. A Agroecologia é um campo do conhecimento científico extremamente crítico ao modelo de desenvolvimento proposto pela agricultura industrial, um movimento social e uma forma de se praticar agropecuária, sendo caracterizada como ciência, movimento e prática (WEZEL *et al.*, 2009). A agroecologia é também compreendida como uma estratégia de produção vegetal e animal, na qual são integrados os processos ecológicos próprios da natureza com as necessidades produtivas humanas, considerando-se os diversos fatores socioecológicos inerentes à produção de alimentos em consonância com os ciclos naturais (FAO, 2018).

A Agroecologia oferece embasamento técnico-científico para a quebra do falso antagonismo entre produção agrícola e conservação da natureza, como se fosse impossível produzir e conservar no mesmo espaço ao mesmo tempo. Para a quebra deste antagonismo, os princípios técnicos e éticos da Agroecologia precisam ser seguidos, o que se faz, dentre outros, com a manutenção dos solos vivos e árvores nos agroecossistemas são necessárias (GLIESSMAN, 1998).

A Agroecologia é fundamentada na busca pela segurança e soberania alimentar, e alicerçada em princípios como o olhar sensível aos serviços (benefícios) ecossistêmicos como forma de otimização dos processos biológicos inerentes à produção de alimentos de maneira socioambientalmente justa e economicamente viável. Outros importantes princípios são o uso da biodiversidade no controle de organismos nocivos às práticas agrosilvipastoris, e a utilização da biodiversidade edáfica visando a melhoria da qualidade física e química do solo, buscando assim a gradativa autonomia na fertilização dessas áreas. Com estes princípios busca-se incrementar o sequestro local de carbono e a produtividade primária, reduzir a dependência e os gastos com insumos externos, bem como criar agroecossistemas mais resilientes à perturbações de diversas naturezas (GLIESSMAN, 2015).

Dentre os sistemas de produção que têm sido degradados pela desconsideração dos princípios da Agroecologia, destacam-se os agroecossistemas pastoris (PRIMAVESI, 2002). As pastagens ocupam aproximadamente 170 milhões de hectares ou 20 % do território nacional e, desses, pelo menos 100 milhões são de pastagens cultivadas (IBGE, 2012), sendo que mais da metade encontra-se sob degradação econômica e ou ambiental (ZIMMER *et al.*, 2012). Este cenário é especialmente importante em algumas regiões, como a Zona da Mata de Minas Gerais. Essa região era originalmente ocupada pelo bioma Mata Atlântica, mas que atualmente possui

cerca de 60% de seu território coberto por pastagens, majoritariamente ocupando áreas de relevo declivoso e em solos profundos e bem drenados (LOPES, 2015).

As pastagens proporcionam serviços (ou benefícios) ecossistêmicos de provisão, relacionados à produção de alimentos para os seres humanos. Entretanto, as pastagens bem manejadas, a exemplo daquelas que seguem os princípios agroecológicos, podem proporcionar outros benefícios, ou serviços ecossistêmicos, muitos deles relacionados aos fatores biológicos do solo (HERNÁNDEZ-CHÁVEZ, 2020). O descuido com os serviços ecossistêmicos talvez explique a escassez de pesquisas sobre a biodiversidade em agroecossistemas brasileiros (PRIMAVESI, 2002). As árvores, em especial, são responsáveis por inúmeros serviços ecossistêmicos devido especialmente a enorme biodiversidade a elas associadas (PERFECTO *et al.*, 2009).

As pastagens manejadas sob princípios agroecológicos são orientadas para a diversificação e arborização (BIGARDI, 2016). A conversão de pastagens monoespecíficas em sistemas mais biodiversos, como os silvipastoris, tem sido apontada como uma estratégia de recuperação e conservação das pastagens. Sistemas silvipastoris são uma modalidade de sistemas agroflorestais que têm sido adotados em agroecossistemas agroecológicos (HERNÁNDEZ-CHÁVEZ, 2020). Nos sistemas agroflorestais, as árvores são consorciadas com cultivos e ou animais, a exemplo das pastagens (CABRERA, 2012; STEENBOCK e VEZZANI, 2013).

Árvores em pastagens contribuem para o aumento da qualidade do solo, da recarga hídrica do solo e da quantidade e qualidade da forragem (BIGARDI, 2016), melhoria do conforto térmico dos animais e aumento da fixação de carbono (ZIMMER *et al.*, 2012). Áreas de pastagens com a presença de árvores são associadas a maior riqueza e abundância da fauna edáfica, algumas das vezes compatíveis com ambientes não antropizados, como as florestas (CABRERA, 2012). Nos sistemas silvipastoris, onde são consideradas as concepções técnicas e éticas da Agroecologia, os solos vivos, por princípio, devem ser mantidos vivos, para a garantia de sua qualidade do solo (STEENBOCK e VEZZANI, 2013). Apesar das vantagens já conhecidas dos sistemas silvipastoris, inclusive para a manutenção da vida do solo, estes sistemas são ainda pouco utilizados no Brasil (NICODEMO, 2019).

Além da arborização, no redesenho agroecológico de pastagens tem sido comum a divisão das pastagens em piquetes, o respeito à capacidade de suporte e o tempo de rebrote da forrageira. A divisão das pastagens em piquetes possibilita a rotação, processo que permite o repouso de um piquete que sofreu pressão de pastejo exercida pelos bovinos. No período em que não é disponibilizada para os animais, a forrageira consegue recuperar tanto a parte aérea,

que é revertida em alimento aos animais posteriormente, como também o seu sistema radicular, que é o que mantém seu vigor metabólico e retarda a necessidade de intervenções restaurativas na pastagem (MACHADO, 2010).

O manejo do solo e das plantas influencia a dinâmica da fauna edáfica, a exemplo do que ocorre em sistemas silvipastoris (HERNÁNDEZ-CHÁVEZ, 2020). Nas pastagens arborizadas, a presença de coleópteros proporciona rápida remineralização de fezes bovinas e serapilheira quando se compara com ambientes de cultivo monoespecífico da forrageira (CABRERA, 2012). A inclusão ou a não supressão de espécies leguminosas nos ecossistemas pastoris têm efeito positivo sobre a macrofauna edáfica invertebrada associados à uma maior qualidade alimentar e do habitat proporcionada pela presença deste tipo de vegetação (CABRERA, 2012). A própria ciclagem de nutrientes é afetada pela quantidade e qualidade da biomassa presente, mas também pela diversidade desses organismos. A vegetação possibilita a disponibilidade de matéria orgânica, que é fonte de alimento e que é alterada em função do tipo de manejo do solo e de plantas presentes no ambiente (LIMA *et al.*, 2010; HERNÁNDEZ-CHÁVEZ, 2020).

Além da vegetação, a rotação, proporcionada pela divisão de pastagens em piquetes, possivelmente influencia na dinâmica da fauna. Entretanto, não é de conhecimento dos autores, estudos relacionando o manejo rotacionado de pastagens com a dinâmica da fauna. Diversos outros fatores influenciam a presença da macrofauna invertebrada do solo, dentre elas o clima, a conectividade entre os agroecossistemas, a composição e a heterogeneidade da paisagem (PORTELA, 2020).

A vida no solo (biodiversidade edáfica) é responsável por diversas funções no solo, dentre elas a estruturação, a ciclagem de nutrientes, a manutenção dos fluxos de energia e de matéria nos ecossistemas, o controle biológico, a mistura de partículas orgânicas e inorgânicas no perfil do solo, a movimentação das camadas do solo (bioturbação), a construção de estrutura biogênicas (túneis, ninhos, bioporos e galerias) e a biorremediação (CORREIA & OLIVEIRA, 2000). Estes seres colaboram na formação de espaços aerados no solo, bem como na formação de agregados, além funções ecológicas como a polinização e dispersão de sementes (OLIVEIRA, 2015). Com isto, a vida no solo influencia diretamente a saúde das plantas e, portanto, a saúde e bem-estar das pessoas (PERFECTO *et al.*, 2019).

A vida do solo pode ser classificada em função dos hábitos alimentares, das funções ecossistêmicas desempenhadas, de sua mobilidade e de seu tamanho. Quanto ao hábito alimentar, a biodiversidade do solo pode ser classificada em herbívoros, quando se alimentam de fitomassa; de predadores, quando realizam o controle populacional de outros animais

menores e; de saprófagos, quando se alimentam de matéria orgânica em decomposição (FAO, 2020).

Quanto ao tamanho, os organismos do solo são agrupados nas categorias microbiota, mesofauna e macrofauna. A microbiota do solo é formada por seres microscópicos que possuem tamanho corporal de até 0,2 mm, a mesofauna é constituída por seres de tamanho entre 0,2 mm e 2 mm e a macrofauna engloba os organismos que possuem tamanho corporal maior que 2 mm (BARETTA, 2011).

Das três categorias supracitadas, a macrofauna do solo em sistemas silvipastoris é a mais estudada, refletindo a importância que este tema tem adquirido em estudos de solos. Em um levantamento na base *Web of Science*¹ de trabalhos que incluem os termos “sistemas silvipastoris” ou “sistemas agroflorestais” combinando com “solo” e “macrofauna” são identificados 1482 documentos publicados desde 1991. Os termos foram buscados na sua grafia em inglês. Se a categoria animal nessa consulta for a mesofauna, são 1417 documentos encontrados, já com microfauna são 1413 e com microrganismos 1532 documentos. Excluindo-se dessa busca o termo “sistemas agroflorestais” e considerando apenas os sistemas com animais (“sistemas silvipastoris”), a mesma pesquisa revela 610 estudos. Nesses, a microfauna aparece em apenas um estudo, a mesofauna em sete e a macrofauna é tema de 20 documentos. Quando o termo microrganismos é considerado neste levantamento, são 13 os documentos identificados.

A macrofauna edáfica ocupa diferentes níveis tróficos da cadeia alimentar edáfica e afeta direta e indiretamente a produção primária local e a fertilidade dos agroecossistemas. Esses organismos especialmente atuam na bioturbação do solo e na formação de estruturas biogênicas e por isso funcionam como um arado biológico e são considerados como “engenheiros do ecossistema” (LAVELLE *et al.*, 2016). A bioturbação e a formação de estruturas biogênicas alteram as propriedades físicas e, com isto, promovem alterações nos níveis de infiltração, drenagem e aeração. A macrofauna altera também as propriedades químicas do solo, ao estimularem a atividade microbiana, promoverem a ciclagem de nutrientes e a decomposição da matéria orgânica do solo, uma vez que atuam na fragmentação do material orgânico que cai sobre o solo, facilitando a ação dos organismos decompositores (CORREIA & OLIVEIRA, 2000, FAO, 2020).

A macrofauna do solo ainda pode ser classificada em vertebrada e invertebrada. Algumas ordens representantes da macrofauna edáfica vertebrada são Squamata, Cingulata e

¹ Consulta realizada em 25 Mai 2023.

Anura, as quais incluem, respectivamente, as cobras, os tatus e os sapos. Algumas das principais ordens representantes da macrofauna edáfica invertebrada são Haplotaxida, Blattodea, Araneae, Hymenoptera, Scolopendrida e Coleoptera. Nestas ordens encontram-se as minhocas, os cupins, as aranhas, as formigas, as centopeias e os besouros (CORREIA & OLIVEIRA, 2000).

A macrofauna edáfica invertebrada possui hábitos relativamente sedentários e com curto tempo entre gerações, o que permite que apresentem uma rápida resposta às mudanças ambientais (CABRERA, 2012), às estações do ano (LIMA *et al.*, 2010) e ao manejo (HERNÁNDEZ-CHÁVEZ, 2020). Devido a isto, a macrofauna invertebrada edáfica pode ser utilizada em estudos de qualidade do solo (CABRERA, 2012).

A riqueza e abundância local da macrofauna invertebrada podem ser utilizadas como indicadores biológicos das condições físicas e químicas do solo devido à estreita relação entre estes três componentes edáficos (LAVELLE *et al.*, 2016). Devido às suas características macroscópicas, estes organismos são de fácil manipulação e de identificação em campo. Tais características também são vantajosas para a utilização da macrofauna edáfica como bioindicadores ambientais. Estas características permitem com que a macrofauna seja observada constantemente pelos agricultores/as, o que a faz útil também para ser utilizada como indicadores biológicos de qualidade de solo em processos de pesquisa-ação (BARDIER, 2005).

A pesquisa-ação como base teórico-metodológica pode permitir trocas de conhecimentos interessantes entre pesquisador e a comunidade, pois possibilita promover caminhos capazes de contemplar ambos os lados, lógicas e visões. Desta forma será possível reconhecer e utilizar os conhecimentos e saberes dos agricultores agroecológicos no que se refere ao manejo e à fauna do solo e sua importância na manutenção do solo vivo. Estes saberes são inerentes à própria história dos agricultores/as e a de seus ancestrais e tem a oralidade como sua principal forma de propagação intergeracional (XAVIER, 2019).

Nos estudos agroecológicos, a pesquisa-ação é valiosa, pois possibilita a articulação entre saberes tradicionais com os conhecimentos científicos a respeito do manejo dos agroecossistemas. Saberes estes que, durante décadas, foram descredibilizados e invisibilizados frente ao saber científico hegemônico (XAVIER, 2019). A pesquisa-ação caracteriza-se como tipo de pesquisa com base empírica desenvolvida em estreita associação com uma ação ou com a resolução de um problema coletivo em que pesquisadores e participantes estão envolvidos de modo cooperativo ou participativo. A realização desta ação ou resolução está ligada à ideia de pesquisar e transformar a realidade, processo no qual pesquisadores e os atores têm como objetivo realizar mudanças (THIOLLENT, 2011).

O monitoramento e a avaliação das experiências de manejo de agroecossistemas podem ser partes da pesquisa-ação. Se feito de forma participativa, o monitoramento e a avaliação promovem reflexões e cria novos conhecimentos de forma coletiva úteis no aprimoramento do manejo dos agroecossistemas e a manutenção de um solo vivo e sadio. Para isto os impactos do próprio manejo precisam ser monitorados e avaliados, o que pode ser feito utilizando a macrofauna invertebrada do solo. Para o monitoramento e avaliação da macrofauna do solo, indicadores precisam ser utilizados. Tais indicadores devem ser construídos de forma participativa junto com os/as agricultores/as. Uma característica importante desses indicadores é serem de fácil mensuração, acesso e replicação (XAVIER, 2019).

O objetivo geral deste estudo foi avaliar o efeito do manejo agroecológico de pastagens sobre a qualidade do solo e a macrofauna edáfica, bem como avaliar a compreensão dos agricultores familiares em relação a esses organismos. A presente dissertação foi estruturada em Introdução geral, três capítulos e as considerações finais. O primeiro capítulo objetivou identificar os nomes dados pelo agricultor aos organismos edáficos, o impacto percebido pelo agricultor destes organismos nos agroecossistemas pastoris e a relação do agricultor com esses animais. O segundo capítulo objetivou avaliar o efeito do piqueteamento da pastagem sobre a qualidade do solo e sobre a riqueza e a abundância da macrofauna edáfica. O terceiro capítulo objetivou avaliar o efeito da presença de árvores em pastagens sobre a qualidade do solo, em especial sobre a riqueza e a abundância da macrofauna edáfica.

O primeiro capítulo objetivou contextualizar e sistematizar as atividades realizadas, e foi executado em conjunto com os agricultores e agricultoras envolvidos. Neste capítulo buscou-se identificar e analisar as interações etnoecológicas desenvolvidas entre agricultores familiares, sistemas (silvi)pastoris e a fauna edáfica. O segundo capítulo objetivou avaliar o efeito da divisão de pastagens em piquetes sobre a riqueza e abundância da macrofauna edáfica. O terceiro capítulo objetivou avaliar o efeito da presença de árvores em pastagens sobre a riqueza e abundância da macrofauna edáfica.

Referências bibliográficas

- ALTIERI, M; NICHOLLS, C, I. **Agroecologia: Teoría y práctica para una agricultura sustentable**. Serie Textos Básicos para la Formación Ambiental. 1ª Edición. México: PNUMA, 2000, p.250.
- ANDERSON, J.M.; INGRAM, J.S.I. **A handbook of methods**. CAB International, Wallingford, Oxfordshire, v. 221, 1993.

- BARDIER, M.S.Z. **Evaluación de la densidad, biomasa y diversidad de la macrofauna del suelo en diferentes sistemas de producción.** 2005.
- BARETTA, D. *et al.* **Fauna edáfica e qualidade do solo. Tópicos em ciência do solo**, v.7, p.119-170, 2011.
- BIGARDI, L. **Árvores na pastagem melhoram a qualidade do solo e de forragens.** Dissertação de mestrado em Agroecologia - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa - Minas Gerais. 2016.
- CABRERA, G. *et al.* **Edaphic macrofauna as biological indicator of the conservation/disturbance status of soil. Results obtained in Cuba.** Pastos y Forrajes, v.35, p.349-363, 2012.
- CAPORAL, F.R.; COSTABEBER, J. A.; PAULUS, G. **Agroecologia como matriz disciplinar para um novo paradigma de desenvolvimento rural.** In: Congresso Brasileiro de Agroecologia. 2005.
- CORREIA, M.E.F.; DE OLIVEIRA, L.C.M. **Fauna de solo: aspectos gerais e metodológicos.** Embrapa Agrobiologia-Documentos (INFOTECA-E), 2000.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION (FAO). **Las soluciones están en los vínculos: 10 elementos de la agroecología que pueden guiarnos hacia sistemas alimentarios sostenibles,** 2018. Disponível em: <<https://www.fao.org/fao-stories/article/es/c/1112568/>>. Acesso em: 4 de junho de 2023
- FAO, ITPS, GSBI, SCBD, EC. 2020. **State of knowledge of soil biodiversity - Status, challenges and potentialities, Report 2020.** Rome, FAO.
- GLIESSMAN, S.R.; ENGLES, E.; KRIEGER, R. **Agroecology: ecological processes in sustainable agriculture.** CRC Press, 1998.
- GLIESSMAN, S; TITTONELL, P. **Agroecology for food security and nutrition.** *Agroecology and Sustainable Food Systems*, v. 39, n. 2, p. 131-133, 2015.
- HERNÁNDEZ-CHÁVEZ, M.B. *et al.* **Biodiversidad y abundancia de la macrofauna edáfica en dos sistemas ganaderos en Sancti Spíritus, Cuba.** Pastos y Forrajes, v.43, p.18-25, 2020.
- HOHBEIN, R.R.; CONWAY, C.J. **Pitfall traps: A review of methods for estimating arthropod abundance.** Wildlife Society Bulletin, v.42, p.597-606, 2018.
- IBGE. **Cidades.** <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/divino/panorama>> 2020 Acesso em: 20/01/2021.
- IBGE. **Levantamento sistemático da produção agrícola.** Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Rio de Janeiro v.25, p.1-88, 2012.
- LAVELLE, P. *et al.* **Ecosystem engineers in a self-organized soil: a review of concepts and future research questions.** Soil Science, v.181, p.91-109, 2016.
- LIMA, S.S. *et al.* **Relação entre macrofauna edáfica e atributos químicos do solo em diferentes agroecossistemas.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.45, p.322-331, 2010.
- LOPES, V.S. **Efluxo de CO₂ do solo no inverno em cafezais cultivados nos sistemas agroflorestais e a pleno sol.** 2015. 48 f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2015.
- MACHADO, L.C.P. **Pastoreio Racional Voisin: tecnologia agroecológica para o 3º Milênio.** 2ª ed. São Paulo: Expressão Popular, 2010.

- MACHÍN-SOSA, B. et al. **Revolución agroecológica y el movimiento de campesino a campesino de la ANAP en Cuba: Cuando el campesino ve, hace fe.** 2010.
- MACHÍN-SOSA, B. et al. **Revolución Agroecológica.** 2012.
- MOREIRA, F.M.S.; HUISING, E.J.; BIGNELL, E.B. **Manual de biologia dos solos tropicais: amostragem e caracterização da biodiversidade.** 1ª ed. Lavras: UFLA, 2020.
- NICODEMO, M.; PRIMAVESI, O. **Serviços ambientais em sistemas silvipastoris.** Embrapa Pecuária Sudeste-Capítulo em livro científico (ALICE), 2019.
- OLIVEIRA, E. B. et al. **Serviços ambientais em sistemas agrícolas e florestais do Bioma Mata Atlântica.** 2015.
- PERFECTO, I.; VANDERMEER, J.; WRIGHT, A. **Nature's matrix: Linking agriculture, biodiversity conservation and food sovereignty.** Routledge, 2019.
- PORTELA, M.B. et al. **Do ecological corridors increase the abundance of soil fauna?** *Ecoscience*, v.27, p.45-57, 2020.
- PRIMAVESI, A. **Manejo ecológico do solo: a agricultura em regiões tropicais.** NBL Editora, 2002.
- STEENBOCK, W.; VEZZANI, F. M. **Agrofloresta: aprendendo a produzir com a natureza.** Curitiba: Editora UFPR, v.201, 2013.
- TEIXEIRA, P. C. et al. **Manual de métodos de análise de solo.** Brasília: Embrapa, p. 573, 2017.
- THIOLLENT, M. **Metodologia da pesquisa-ação.** 18. Ed. – São Paulo: Cortez, 2011.
- TRIPP, D. **Pesquisa-ação: uma introdução metodológica.** *Educação e pesquisa*, v.31, p.443-466, 2005.
- VERDEJO, M.E. **Diagnóstico Rural Participativo – Guia Prático.** Brasília: Ministério de Desenvolvimento Agrário. Secretaria da Agricultura Familiar, 2010. 62 p.
- WEZEL, A. et al. **Agroecology as a science, a movement and a practice.** A review. *Agronomy for sustainable development*, v. 29, n. 4, p. 503-515, 2009.
- XAVIER, L.P. **Campesinato e agroecologia: construção de uma pesquisa-ação com o uso de adubação verde no manejo de plantas espontâneas.** 2019.
- ZANELLI, F.V.; DA SILVA, L.H. **Intercâmbios agroecológicos: processos e práticas de construção da agroecologia e da Educação do Campo na zona da mata mineira.** *Perspectiva*, v.35, p.638-657, 2017.
- ZIMMER, A.H. *et al.* **Integração lavoura-pecuária-floresta no Brasil: histórico e perspectivas para o desenvolvimento sustentável.** In: In: Congresso Latinoamericano de Sistemas Agroflorestais para a Produção Pecuária Sustentável, 7., 2012, Belém, PA. Sistemas silvipastoris, o caminho para a economia verde na pecuária mundial. Belém, PA: UFPA, 2012., 2013.

CAPÍTULO 1

Divino solo vivo: percepção dos agricultores sobre o redesenho agroecológico de sistemas pastoris e a macrofauna edáfica

Resumo

Muito do conhecimento local relacionado ao manejo dos agroecossistemas foi perdido com o advento da modernização agrícola. Ao longo dos anos, o conhecimento localmente construído foi desvalorizado enquanto percepção de sabedoria, mas aos poucos, parte da academia o tem valorizado e percebido como fundamentado, podendo ser inclusive um importante elemento de diálogo e integração com o saber científico. A Agroecologia busca valorizar a articulação dos campos do conhecimento científico e local como estratégia para a retomada popular das técnicas de produção de alimentos em consonância com os ciclos naturais. O manejo convencional de pastagens tem sido sinônimo de baixa produtividade e viabilidade econômica, além de estar associada à degradação do solo e das forrageiras. Neste cenário, propostas de redesenho agroecológico de pastagens são interessantes como uma alternativa para propriedades rurais familiares, visando ganhos de produtividade e uma produção animal em bases mais ecológicas. Além de ganhos em termos de qualidade do solo e da forrageira, a referida proposta visa aumentar a atividade biológica do solo, sendo a macrofauna edáfica um componente relevante e relativamente pouco estudado, muito embora tenha importância reconhecida a ponto de constituírem um grupo de animais frequentemente denominados de “engenheiros do agroecossistema”. Diante do exposto, o presente estudo buscou sistematizar uma experiência de redesenho agroecológico de pastagens, planejada com base na arborização, piqueteamento das áreas e controle da taxa de lotação nos piquetes, e com um foco especial no efeito dessa prática sobre a macrofauna edáfica. Para isto, foram sistematizadas informações relativas às atividades executadas por uma família de agricultores durante a execução do projeto de redesenho, recuperando o histórico da família e informações etnoecológicas referentes à relação do agricultor com a macrofauna edáfica e os sistemas silvipastoris. A captura e identificação dos macrorganismos edáficos foram realizadas juntamente com o agricultor, ao mesmo tempo que discussões sobre a denominação local, o papel desses seres no agroecossistema e sua relação com a qualidade do solo foram registradas. Os resultados obtidos indicaram que o agricultor é capaz de identificar, nomear e apontar os impactos ecossistêmicos dos macrorganismos edáficos encontrados em seu ambiente pastoril, bem como possui estratégias próprias para a inclusão de árvores na sua pastagem e para o monitoramento do

crescimento da forrageira ao longo do tempo como critério de rotação animal nos piquetes. O agricultor mostrou satisfação com a técnica adotada, a ponto de planejar a expansão da área manejada sob o mesmo sistema. O maior desafio para a ampliação da experiência foi os custos envolvidos na aquisição dos materiais necessários.

Introdução

A pecuária é historicamente realizada no Brasil de forma extensiva, com baixa produtividade e utilizando-se práticas convencionais e não sensíveis às características edafoclimáticas da região (ZIMMER *et al.*, 2012), causando muitos impactos ambientais negativos. Por outro lado, experiências de manejo agroecológico de pastagens têm surgido como uma alternativa para este cenário. Nessa proposta agroecológica, o manejo das pastagens deve ser feito sem o uso de agrotóxicos, pois estes interferem negativamente nos atributos químicos, físicos e biológicos do sistema solo-planta. A inclusão de árvores na pastagem é outro componente comum nessa proposta, e visa melhorar a qualidade do solo e incrementar o bem-estar animal. A divisão das pastagens e o controle da taxa de lotação também são outras técnicas recomendadas no manejo agroecológico das pastagens, mas nem sempre utilizadas (PINHEIRO, 2023).

Algumas iniciativas de redesenho de pastagens de agricultores familiares têm sido feitas e precisam ser estudadas de forma participativa, de forma a incorporar os conhecimentos e saberes dos agricultores. Os saberes relativos aos cuidados com o solo e as formas de manejo na pecuária estão intimamente ligados, sendo caracterizados por escolhas que envolvem o uso ou não de agrotóxicos, a supressão seletiva ou total da vegetação espontânea e a forma de combate aos endo e ectoparasitas (MACHADO, 2010).

O conhecimento e a sabedoria dos/as agricultores/as sobre o manejo de agroecossistemas são milenares, mas na segunda metade do século XX esses sistemas de saberes foram negativamente impactados pelo advento da modernização agrícola, um fenômeno classificado como uma forma de epistemicídio. Esse conhecimento é produzido, disseminado e aplicado localmente, sendo também chamado de tácito e, quase sempre, transmitido intergeracionalmente por meio da oralidade. Desde a modernização da agricultura, tais saberes têm sido invisibilizados ou considerados como um conhecimento inferior em relação ao saber hegemônico científico (LARANJEIRA *et al.*, 2019).

Entretanto, a Agroecologia reconhece a importância dos sistemas de saberes locais e a necessidade de sua articulação com o conhecimento científico (TOLEDO, BARRERA-BASSOLS, 2008). A Agroecologia integra de maneira sistêmica diferentes áreas como

Ecologia, Agronomia e Ciências Sociais de maneira transdisciplinar e sistêmica. Além de um campo do conhecimento científico pode ser definida também como movimento político e prática social. Busca conectar os saberes locais com os científicos para a construção de um sistema agroalimentar sensível ao contexto ao qual está inserido (ABA, 2015).

Na agroecologia, os organismos do solo podem ser utilizados como instrumentos de interação entre saberes científicos e locais, em especial aqueles denominados de macrofauna edáfica (BARDIER, 2005). Essa categoria de seres edáficos apresenta mais de 2 mm de tamanho corporal, portanto, apresentam características macroscópicas que os colocam no cotidiano das práticas agrícolas. Essa fauna é formada especialmente pelas minhocas, cupins, besouros, lagartas, grilos e gafanhotos, que inclusive são considerados como bioindicadores de qualidade ambiental tanto sob o olhar científico quanto da perspectiva popular (CALIXTO, 2015). Pelo tamanho, conexão com o cotidiano e relevância ambiental, o uso de tais animais pode ser considerado uma interessante estratégia em pesquisas participativas junto a agricultores e agricultoras (BARDIER, 2005).

Grande parte das pesquisas participativas em Agroecologia utilizam a metodologia denominada de pesquisa-ação. Essa metodologia é dialógica e envolve a participação dos pesquisadores em atividades cotidianas e laborais dos grupos estudados (THIOLLENT, 2011). Este método pode ser complementado por atividades adaptadas do Diagnóstico Rural Participativo (DRP), como as caminhadas transversais e a construção da linha do tempo relativa ao período em que a família chegou na terra e a maneira como faz uso e ocupação desta área (VERDEJO, 2010). O uso de metodologias participativas em pesquisas etnoecológicas tem como principal objetivo evitar a hierarquização de conhecimentos e propiciar o intercâmbio de saberes entre pesquisadores e o grupo social estudado (STANISKI, 2015).

O objetivo geral deste estudo foi identificar e analisar as interações etnoecológicas desenvolvidas por um agricultor familiar no manejo de um sistema silvipastoril e sua relação com a macrofauna edáfica. A opção pelo estudo desta categoria de animais deve-se ao seu significado agregador de diferentes componentes do solo e por ser um elemento incorporado na percepção da maior parte dos agricultores. Especificamente objetivou identificar os nomes dados pelo agricultor aos organismos edáficos, o impacto percebido pelo agricultor destes organismos nos agroecossistemas pastoris, as estratégias de combate à endo e ectoparasitas bovinos e a relação do agricultor com esses animais.

Material e métodos

O estudo foi realizado de 2021 a 2022, como parte das atividades realizadas em conjunto com os agricultores familiares envolvidos em um projeto de redesenho agroecológico de pastagens, iniciado em 2019, em Divino-MG.

O redesenho agroecológico de pastagens foi identificado como necessidade de melhorar o manejo das pastagens pela agricultura familiar na Zona da Mata mineira, em especial por parte daqueles que fazem parte da rede de agroecologia da região. Essa rede tem sido construída desde a década de 1980, por agricultores da região, professores da UFV e técnicos do Centro de Tecnologias Alternativas da Zona da Mata de Minas Gerais (CTAZM-MG). Várias iniciativas envolvendo a criação animal já foram desenvolvidas por essa rede na região. Uma das iniciativas foi o projeto denominado “Vacas para o café”, seguido do “Animais para Agroecologia” (SILVA, 2018). O projeto de redesenho de pastagens é uma iniciativa de para buscar, de forma participativa, melhoria no manejo das pastagens.

O projeto de redesenho de pastagens envolveu inicialmente seis famílias de agricultores familiares criadoras de gado bovino, sendo a propriedade selecionada para este estudo, a primeira já instalada e em pleno funcionamento. As seis famílias possuem contato com o movimento agroecológico há aproximadamente 10 anos, facilitando a adoção das práticas sugeridas e a proposição de adaptações locais das técnicas aplicadas.

Este projeto faz parte do Programa Interinstitucional FOREFRONT, uma iniciativa internacional de pesquisa composta pela Universidade Federal de Viçosa (Brasil), Universidade de Wageningen (Holanda) e duas Universidades do México, com apoio do Centro de Tecnologias Alternativas da Zona da Mata (CTA-ZM) e do Sindicato dos Trabalhadores(as) na Agricultura Familiar de Divino-MG (SINTRAF-Divino).

A presente pesquisa, por envolver informações dos agricultores, foi registrada no Comitê de Ética de Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Federal de Viçosa, sob número 5.354.090.

Grande parte das atividades previstas neste estudo aconteceram no período da pandemia do Covid 19 e, portanto, foram realizadas ao ar livre e seguiram as medidas de prevenção determinadas pela Universidade Federal de Viçosa. Essas medidas incluíram a higienização constante das mãos com álcool em gel; a adoção do distanciamento social, sendo evitado o contato físico por meio de cumprimentos ou troca de objetos, e foi adotado o uso constante de máscaras, dentre outras medidas.

Área de estudo

O estudo foi desenvolvido em áreas de pastagem com manejo agroecológico no município de Divino-MG, localizado na Zona da Mata mineira, em uma propriedade da agricultura familiar. O município de Divino possui área de 337,8 km² e conta com, aproximadamente, 20.000 habitantes. A região está incluída no bioma Mata Atlântica, apresenta clima tropical de altitude e a produção agropecuária é a base da economia local (IBGE, 2020).

A propriedade selecionada possui área de 20 hectares, sendo aproximadamente 50% coberto por pastagens. As pastagens sob manejo agroecológico encontram-se em processo de redesenho por meio de ações de intervenção participativa junto aos/as agricultores/as familiares.

As pastagens que estão sendo redesenhadas passaram pelo processo de divisão em piquetes utilizando-se cercas eletrificadas. A seleção das áreas, dimensionamento dos piquetes e instalação das cercas eletrificadas foram atividades efetuadas em parceria entre pesquisadores, e agricultores parceiros, após diálogos promovidos sobre os benefícios esperados com a divisão das áreas de pastejo e da presença de árvores nos ecossistemas pastoris. As famílias agricultoras foram capacitadas para instalação das cercas eletrificadas e instalação de para-raios.

As áreas de pastagens utilizadas neste estudo já possuíam árvores espontâneas ou plantadas, uma opção do agricultor e fruto de sua percepção acerca dos benefícios desses indivíduos para o bem-estar animal e para o agroecossistema pastoril. Esta percepção é um conhecimento tradicional, produto da interação com seus ancestrais e com o contato e colaboração em projetos de pesquisa ação relacionadas à sistemas silvipastoris e aos benefícios socioambientais desde modelo de manejo da pastagem.

Avaliações em campo

A propriedade foi visitada seis vezes para a realização da conversa inicial, linha do tempo, caminhada transversal, entrevista semiestruturada com roteiro e retorno para checagem de alguns pontos. Durante esses eventos de visita, alguns membros da equipe dedicavam-se ao contato direto com a família, enquanto outros à relatoria dos itens abordados. Ao final do dia, a equipe envolvida reuniu-se para sistematizar e registrar as informações recolhidas por cada um.

Histórico da família e análise da paisagem – metodologia da avaliação do histórico

O estudo utilizou as caminhadas transversais e a construção de uma linha do tempo relativa ao uso e ocupação do solo e da participação da família no projeto de redesenho das

pastagens. Durante a caminhada, foi feito o reconhecimento da paisagem e o registro fotográfico da área e das atividades, enquanto que na segunda, buscou-se a melhor compreensão das atividades propostas e realizadas desde a chegada da família ao local. Nas conversas com a família de agricultores foram utilizadas perguntas orientativas constantes de um pequeno roteiro (Anexo 1), que contemplavam a história da família no local, o processo de redesenho das pastagens e a relação com a macrofauna edáfica.

As perguntas orientativas foram utilizadas para a construção da linha do tempo, que busca sistematizar a história da família na propriedade, a análise da paisagem e a relação dos agricultores com o seu entorno. Especificamente neste estudo foram incluídas nas perguntas orientativas a abordagem da atividade silvipastoril praticada e a experiência com o redesenho das pastagens em bases agroecológicas, bem como aspectos relacionados à macrofauna edáfica.

Além dessas atividades, algumas atividades cotidianas de manejo do gado e da pastagem foram acompanhadas *in loco* por alguns dias. A abordagem proposta da pesquisa-ação possibilita o uso de conversas informais que são documentadas por meio de anotações e relatórios. O objetivo do acompanhamento das atividades cotidianas do grupo social é permitir a obtenção de informações relativas ao manejo adotado não contempladas por entrevistas e questionários (THIOLLENT, 2011).

Macrofauna

A identificação dos nomes dos organismos da fauna edáfica foi realizada *in situ* no momento da triagem de indivíduos coletados com técnicas específicas de biologia do solo, como o método TSBF (ANDERSON & INGRAM, 1993), instalação e retiradas de armadilhas do tipo *pitfall* e busca ativa destes organismos na superfície do solo da pastagem. O agricultor participou desta triagem, sendo a ele solicitada a nomeação vernacular dos indivíduos encontrados, bem como sua percepção da função desses organismos nos seus agroecossistemas.

A participação do agricultor foi construída solicitando o seu auxílio na identificação da macrofauna recolhida. Tal participação presencial se deu apenas nas primeiras avaliações. Com o avançar dos trabalhos, o agricultor não mais pode acompanhar os trabalhos, tendo em vista sua rotina diária de serviço. A partir deste momento, qualquer novo organismo localizado era separado e apresentado a ele já acondicionado no líquido preservativo. Neste momento, o agricultor era consultado sobre a identificação, nomeação e função desses animais.

Resultados e discussões

Histórico da família

A propriedade familiar local do presente estudo foi adquirida pelo tio avô do agricultor há, aproximadamente, 40 anos. O agricultor morou em um local próximo até se casar e se mudar com a esposa para o local em que vive atualmente. Naquela época, a propriedade já contava com alguma infraestrutura, havendo estradas de acesso e água encanada.

A família de agricultores parceira desse projeto é formada por cinco integrantes, o casal com três filhos, sendo uma jovem adulta, um adolescente e uma criança. Todos residem na casa da propriedade. Após o casamento (em 1996), o casal se mudou para uma casa antiga da propriedade, única estrutura que existia. Em 2005, a família construiu a casa onde hoje residem ao lado da antiga que foi posteriormente demolida. Na mesma época foi construído o curral.

As áreas de pastagens na propriedade já estavam formadas quando da chegada da família. Por volta do ano 2000, uma parte das pastagens foi convertida em um plantio monocultural de café, que durou pouco menos de 15 anos. Na sequência, o cafezal foi decepado e a área foi destinada ao cultivo monoespecífico de braquiária para a criação bovina. Além da pecuária bovina, que segundo o agricultor é a principal fonte de renda, a família conta com a renda proveniente da venda do café, de hortaliças e queijo em feiras, bem como via participação em grupos de vendas coletivas que entrega alimentos agroecológicos em Belo Horizonte. A criação bovina faz parte da vida do agricultor desde sua infância, que relata ter crescido “neste meio” e que optar por dar continuidade a este modo de vida foi algo quase que automático.

Além da criação animal, na propriedade selecionada também são executadas atividades de cultivo de horta e lavoura de café. A criação animal é reconhecida pela família de agricultores como a principal atividade da propriedade e é considerada a atividade mais prazerosa dentre aquelas que exercem diariamente.

O agricultor expressa satisfação pelo que faz e por sua trajetória no cuidado com os agroecossistemas que compõem o local em que vive. Afirma que hoje o local é mais bonito e mais bem cuidado do que quando chegou e que, é capaz de ver o resultado positivo de seu trabalho ao longo dos anos. Estes relatos corroboram os resultados obtidos por SANTO (2020) que atestou uma maior satisfação com suas atividades cotidianas em agricultores agroecológicos quando comparados àqueles que fazem uso de métodos convencionais de trabalho na terra. Outro estudo que objetivou avaliar os níveis de bem-estar de agricultores agroecológicos aponta a Agroecologia como um alento para a vida destes trabalhadores,

atuando na melhoria de aspectos pessoais como a baixa estima dos trabalhadores rurais e casos de depressão (PEREIRA, 2021). A família de agricultores parceira deste estudo se considera como agricultores familiares agroecológicos. Eles tiveram contato com a Agroecologia há 12 anos por meio da participação junto ao Sindicato dos Trabalhadores Rurais de Divino/MG (SINTRAF).

A dedicação familiar à criação animal foi crucial na execução das mudanças de manejo propostas. As propostas de manejo foram construídas a partir do diálogo entre agricultores, pesquisadores e técnicos do projeto. Assim foram incorporados ao processo do manejo da criação a divisão das pastagens e a inclusão de novas árvores nos piquetes.

A autonomia, proatividade do agricultor e a satisfação em colaborar com a formação de outras pessoas fizeram com que a propriedade selecionada fosse a primeira a finalizar as instalações e a iniciar o manejo rotativo proposto. Segundo FREIRE (2014), a criação de espaços e momentos de troca de conhecimentos em ambientes informais e de maneira não hierarquizada amplia as possibilidades de atores sociais envolvidos, bem como discutir assuntos presentes no dia a dia das pessoas é muito mais atraente do que práticas de pesquisa/extensão não sensíveis ao contexto.

O fato de já existirem algumas áreas de pastejo arborizadas, em decorrência do plantio de eucaliptos e manejo das árvores espontâneas, bem como o desejo de usar cercas eletrificadas, também contribuiu para a participação da família no projeto. Este desejo foi identificado anteriormente e ratificado pelos técnicos do projeto em uma capacitação realizada na propriedade sobre a instalação de para-raios específicos para eletrificação de cercas e sobre boas práticas de segurança, uso e conservação das cercas eletrificadas.

Redesenho das pastagens

A manutenção de pastagens arborizadas, a divisão eletrificada das áreas de pastejo e a instalação e manutenção das cercas elétricas são atividades que requerem compra de mourões, grampos, um dispêndio financeiro geralmente não disponível pelos agricultores. Tais práticas constituem assunto bem difundido entre os criadores bovinos preocupados com a sustentabilidade na pecuária, porém os custos de sua implementação são uma barreira frequente para a adoção de tais práticas (MACHADO, 2010). Para fazer frente aos custos de implantação, os agricultores atuaram por meio de mutirões promovidos pelas próprias seis famílias participantes, tendo ainda algum suporte de recursos financeiros oriundos do Projeto Forefront.

A família de agricultores manifestou que a experiência foi exitosa e satisfatória. Eles avaliam como prazerosa a possibilidade de construir uma pesquisa científica conjuntamente

com membros da UFV e do CTA-ZM. Os relatos indicaram que o piqueteamento das áreas favoreceu a docilidade dos animais, bem como facilitou a condução para o curral no momento das ordenhas. O agricultor notou visualmente melhorias no rebrote do capim durante a estação seca. O melhor crescimento vegetal da gramínea pode ser atribuído ao descanso do capim promovido pelo rotacionamento, à urina dos animais no período de pastejo (VOISIN, 1981) ou “os dois juntos” conforme sugere o próprio agricultor.

Ao ser consultado sobre a continuidade das ações, o agricultor indicou como importante o piqueteamento das pastagens, inclusive chegando a afirmar que “a divisão de pasto é a melhor coisa que tem” e apontou o desejo de piquetear outras áreas de pastagens na propriedade. A observação e percepção do agricultor foram realizadas a partir de seus saberes, mas que também sofreram influência dos pesquisadores, a partir do momento, que a família se envolveu na pesquisa e na avaliação dos resultados das práticas propostas no redesenho das pastagens (TOLEDO, BARRERA-BASSOLS, 2008).

Relação agricultor e fauna edáfica

O agricultor identificou e nomeou nove ordens da macrofauna, a saber: Hymenoptera, Isoptera, Haplotaxida, Coleóptera, Quilópode, Orthóptera, Hemiptera, Aranae e Lepidóptera (Tabela 1). Os organismos mais facilmente identificados foram aqueles que se assemelham às minhocas (ordem Haplotaxida).

Todas estas ordens possuem função nos agroecossistemas, embora nem todas reconhecidas pelo agricultor. As ordens Haplotaxida e Coleoptera possuem papel chave na ciclagem de nutrientes nos agroecossistemas. As minhocas possuem capacidade de ingestão de grandes volumes de matéria orgânica presentes no solo, devolvendo-as ao ambiente na forma remineralizada. Já os coleópteros atuam no controle de organismos nocivos às práticas agrícolas como os pulgões (FAO, 2020) e, em ambientes pastoris, protagonizam uma rápida remineralização das fezes bovinas e da serapilheira. Algumas espécies da família Scarabaeidae, na qual está incluso o “besouro rola bosta”, possuem ação benéfica direta para os animais em pastejo. Sua ação coprófaga tem o potencial de controlar populações de parasitas externos bovinos como a mosca do chifre (*Haematobia irritans*), bem como de parasitas internos, como os helmintos (MONÇÃO, 2011).

Quando se nomeia algo, dá-se real existência à coisa, muito embora nomes populares, sejam de plantas, animais ou objetos, podem variar regionalmente ou diacronicamente (SCHULTZ, 2015). Esta nomeação popular geralmente está ligada a aspectos morfológicos dos animais (CUNHA *et al.*, 2017), podendo incluir adjetivos ligados à cor, à anatomia, aos

principais locais de ocorrência e aos aspectos ligados à ecologia da espécie (CADIMA E JUNIOR, 2004). Por exemplo, o agricultor inclui espécies diversas e de corpo cilíndrico, como por exemplo, além das minhocas propriamente ditas, também cobra cega.

O fator biológico do solo, em especial desses seres macroscópicos, denominados de macrofauna edáfica, são considerados indicadores de qualidade ambiental (CABRERA, 2012) e podem ser facilmente identificados e nominados pelos agricultores. As minhocas foram consideradas pelo agricultor indicadores de “terra boa”.

Segundo o agricultor, em algumas situações, os animais do solo podem ser um problema. Por exemplo, ele cita que alguns besouros (ordem Coleoptera), quando presentes nas hortaliças, podem indicar algum problema (impacto negativo). Quando nas pastagens, por sua vez, tais animais não causam impactos, sejam eles positivos ou negativos, sendo, portanto, indiferentes. Exceto para o besouro, o agricultor não distingue impactos da fauna edáfica nos agroecossistemas da propriedade e nas pastagens de forma mais específica. Na sua percepção, o impacto desses organismos, seja ele positivo ou negativo, é o mesmo nos diferentes ambientes.

O agricultor demonstrou compreender a ecologia dos insetos. O agricultor tinha clareza que locais de biodiversidade de plantas resultam em biodiversidade de organismos edáficos. Isto pôde ser facilmente constatado a partir de falas como “se quiser encontrar muitos bichos no solo é melhor buscarmos na horta do que na pastagem e basta uma enxadada no chão, não precisa de tantos equipamentos desses que vocês trazem não”. A distribuição dos macrorganismos edáficos depende de uma série de fatores como estação do ano, disponibilidade de alimentos e habitat, bem como do manejo de solo e plantas realizado no local (BARETTA, 2011). Na horta, com mais aplicação de esterco, portanto mais alimento, é de se esperar maior quantidade de organismos.

Tabela 1: Grupo taxonômico, nomeação local e impactos da presença de macrofauna edáfica em agroecossistemas, em ambiente pastoril sob redesenho agroecológico e a relação com a qualidade do solo

Grupo taxonômico	Nomeação local	Impacto da presença nos agroecossistemas	Impacto da presença nas pastagens	Indicação da qualidade do solo
Hymenoptera (preta)	formiga gambá	indiferente	indiferente	sem relação / terra fraca
Hymenoptera (marrom)	formiga	positivo e negativo	positivo e negativo	sem relação / terra fraca
Isoptera	cupim	positivo e negativo	positivo e negativo	terra macia
Haplotaxida	minhoca	positivo	positivo	terra boa
Coleoptera (adulto)	besouro	negativo	indiferente	terra macia
Coleoptera (juvenil)	larva de pau podre	positivo	positivo	terra boa / gorda / esterçada
Quilópode	piolho da terra	positivo	positivo	terra boa / gorda / esterçada
Orthoptera	grilo	negativo	negativo	terra macia / forte / gorda / sombreada
Hemiptera	percevejo	indiferente	positivo	terra macia
Aranae	aranha	positivo	positivo	terra macia / forte / gorda / sombreada / com muito alimento
Lepidoptera (juvenil)	larva de pau podre	positivo e negativo	positivo e negativo	terra boa / gorda / esterçada

O processo denominado bioturbação, que leva a construção de bioporos, com a provisão de importantes serviços ecossistêmicos tais como aeração e infiltração de água no solo (LAVELLE *et al.*, 2016) foram observados pelo agricultor. Em alguns momentos, ele comenta que “formigas às vezes atrapalham na horta, mas o buraco que elas fazem no chão ajudam a água da chuva entrar em maior profundidade na terra e, dentro da terra, a água dura mais do que em cima dela”.

O reconhecimento das funções relacionadas à bioturbação foram também atribuídas aos cupins. Este grupo taxonômico foi apontado pelo agricultor como responsável pela aeração edáfica ocasionado pelo seu deslocamento. A função de decomposição de restos de madeira no solo foi também apontada pelo agricultor. O agricultor afirma que “cupim é muito bom aqui pra nós”. O agricultor refere-se aos térmitas, conhecidos como cupins de montículo, geralmente pertencentes ao gênero *Cornitermes*, que constroem seus ninhos acima do solo (VALÉRIO, 2006). Interessante a observação do efeito positivo do cupim ao solo. Durante muito tempo, muitos consideravam os cupins como organismos nocivos aos agroecossistemas, muito embora mais recentemente, tenha sido reconhecido o seu importante papel na estruturação do solo (FERREIRA *et al.*, 2011). Entretanto, o agricultor alertou para a necessidade de acompanhamento e vigilância sobre a distribuição destes organismos na paisagem. Segundo ele, os cupins são bons, “mas tem que ficar de olho se não ele vai construindo casa e quando vê o pasto foi embora”. A presença dos montículos está geralmente associada aos elevados níveis de degradação das pastagens. Apesar de significar uma perda de espaço para a forrageira, não são os cupins que causam a degradação das pastagens, eles apenas indicam o estágio avançado de degradação, devido a criação de um ambiente que favorece os cupins e desfavorecem outros organismos. Segundo VALÉRIO (2006), a presença expressiva de cupinzeiros numa área de pastagem é mais consequência de um ambiente profundamente alterado do que a causa da degradação dessas áreas.

As noções de biodiversidade e visão sistêmica do agricultor puderam ser observadas também quando o assunto foi a arborização de seus ambientes pastoris. Estratégias criadas localmente para a inclusão de árvores sem a necessidade de retirada do gado foram detectadas pelos pesquisadores e relatadas pelo agricultor: “plantar árvores atrás dos cupins ou coladas nos postes das cercas reduz bastante a chance de os animais pisarem nas mudas, (...) ainda mais se a cerca for elétrica, (...) o gado evita até passar próximo da cerca, dá prá ver que o trilheiro do gado até muda de lugar. Eles andam mais longe da cerca para não tomar choque”. Deixar galhos de árvores cortados nas pastagens também ajuda em sua arborização. As sementes que caem ou são trazidas por pequenos animais que encontram ali abrigos germinam e se desenvolvem sem

serem comidas pelo gado. Esta estratégia dos galhos foi observada na pastagem do agricultor e havia sido relatada por um agricultor, que havia dito ter aprendido a técnica com sua mãe de origem Puri (informação pessoal). Tais estratégias evidenciam a construção de um conhecimento baseado na observação, nas experiências pessoais e culturais, e na reflexão das próprias práticas, além do reflexo delas no manejo dos ambientes pastoris do meio em que vive.

O agricultor indicou para a arborização da pastagem sua preferência pelo uso de árvores de madeira mole e de folhas ou folíolos pequenos. A justificativa é o fato de elas competirem menos com a forrageira, e por gerarem resíduos foliares que não sombreiam a pastagem. Desta forma ele afirma: “A embaúba não é boa de usar, embora tenha a madeira mole, as folhas são grandes e causam uma ferida na pastagem quando caem no chão”. Este primeiro critério de escolha das espécies para compor os sistemas silvipastoris difere das respostas obtidas em outro estudo conduzido no Cerrado (BRUZIGUESSI, 2016). Em entrevistas com criadores de gado, a autora aponta que a produção de madeira nobre é um dos principais requisitos para a escolha das espécies que vão compor os sistemas silvipastoris. Entretanto, o critério de folhas pequenas está de acordo com os estudos de FREITAS *et al.*, 2009. Essa variabilidade no critério de escolha das arbóreas evidencia a importância da contextualização e dos objetivos principais atrelados à cada realidade das propriedades familiares interessadas neste processo.

Como o sistema estava instalado e o agricultor desejava aumentar o número de árvores, a opção foi pelo plantio de estacas grandes. Quando perguntado sobre quais novas árvores incluir nos piquetes, o agricultor indicou o interesse na fruta seriguela (*Spondias purpurea*), tendo algumas mudas já plantadas, uma em cada piquete. Ele já possuía as estacas, e a escolha desta espécie deve-se ao fato de apreciar consumir os seus frutos e por considerar a possibilidade de uma interação positiva dela com os animais em pastejo. Tanto frutos como folhas da seriguela são comestíveis pelos seres humanos. O uso de folhas na alimentação humana é relatado por KINUPP e LORENZI (2014). Este exemplo evidencia a possibilidade de construção conjunta das técnicas e escolha das espécies adotadas entre pesquisadores e o grupo social estudado, possibilitando assim uma maior confiabilidade e protagonismo por meios agricultores parceiros do projeto. Estes são pressupostos básicos do método de pesquisa-ação é característica marcante dos estudos com enfoque agroecológico realizados em áreas de agricultura familiar (XAVIER, 2019). O uso de tecnologias locais, como é o caso das mudas, para a solução das questões é peça chave para a compreensão de que o sucesso ou a melhoria dos processos produtivos não necessariamente necessitam de grandes dispêndios financeiros ou grande volume de insumos externos (CORREA *et al.*, 2020).

No que se refere a consulta sobre estratégias e práticas de combate à endo e ectoparasitas nos bovinos, o agricultor afirma não usar nenhum tipo de produto injetável. Sua única estratégia de combate de ectoparasitas é a aplicação de óleo queimado na forma de “pour on”, ou seja, despejando sobre o lombo dos animais. Questionado sobre o eventual uso de agrotóxicos estilo "Tordon" para a manutenção das pastagens, ele afirma desconhecer a existência de produtos químicos para combater a presença de árvores nas pastagens.

Conclusões

A proposta de redesenho agroecológico das pastagens por meio da divisão das pastagens em piquetes, utilizando cercas eletrificadas, arborização e controle da taxa de lotação satisfaz os anseios do agricultor. O agricultor desenvolveu critérios próprios para inclusão de novas árvores e para expansão das áreas piqueteadas. A proposta se mostrou atraente para a agricultura familiar mesmo diante dos desafios ligados à aquisição dos materiais necessários.

O agricultor foi capaz de identificar, nomear e avaliar o impacto agroecossistêmico de vários dos macrorganismos presentes na pastagem; sua percepção sobre a biodiversidade da macrofauna edáfica está associada com a biodiversidade da comunidade vegetal e; para ele, a macrofauna edáfica exerce impactos semelhantes em diferentes agroecossistemas.

Agradecimentos

Os autores são gratos ao agricultor e sua família pela cessão da área e participação nas atividades do projeto. Ao Departamento de Solos e ao Programa de Pós-graduação em Agroecologia da UFV, pelo suporte ao projeto. Ao apoio logístico proporcionado pelo Centro de Tecnologias Alternativas da Zona da Mata (CTA-ZM) e Sindicato dos Trabalhadores(as) na Agricultura Familiar de Divino-MG (SINTRAF-Divino). Ao Programa Interinstitucional FOREFRONT (Programa Internacional de Pesquisa, uma parceria UFV - Universidade de Wageningen - Universidade Nacional Autônoma - Colegio de La Frontera Sur). Agradecemos também a CAPES pela concessão das bolsas e à Universidade Federal de Viçosa pelo apoio.

Referências Bibliográficas

- ANDERSON, J.M.; INGRAM, J.S.I. **A handbook of methods**. CAB International, Wallingford, Oxfordshire, v. 221, 1993.
- BARBOSA, A. B. et al. **Abordagem etnoherpetológica de São José da Mata-Paraíba-Brasil**. Revista de Biologia e Ciências da Terra, v. 7, n. 2, 2007.
- BARETTA, D. *et al.* **Fauna edáfica e qualidade do solo. Tópicos em ciência do solo**, v.7, p.119-170, 2011.

- BARDIER, M.S.Z. **Evaluación de la densidad, biomasa y diversidad de la macrofauna del suelo en diferentes sistemas de producción.** 2005.
- BRUZIGUESSI, E. P. **Árvores nativas do cerrado na pastagem: Por quê? Como? Quais?.** 2016.
- CABRERA, G. *et al.* **Edaphic macrofauna as biological indicator of the conservation/disturbance status of soil. Results obtained in Cuba.** Pastos y Forrajes, v.35, p.349-363, 2012.
- CADIMA, CI; JÚNIOR, OMARÇAL. **Notas sobre Etnoornitologia na Comunidade do Distrito Rural de Miraporanga, Uberlândia, MG.** 2004.
- CALIXTO, J. S. **De palmo em palmo a terra muda de jeito: diálogos sobre qualidade do solo.** 2015.
- CAPORAL, F.R.; PAULUS, G.; CASTOBEBER, J.A. **Agroecologia: uma ciência do campo da complexidade.** 2009.
- CORREA, L. R. da C.; FERNANDES NETO, J. G.; RATO, M. L. F.; DO PRADO COSTA, M. M. **Olhar sociocultural para promoção da extensão rural agroecológica na Amazônia.** Revista Brasileira de Agroecologia, [S. l.], v. 15, n. 5, p. 12, 2020. DOI: 10.33240/rba.v15i5.22840. Disponível em: <https://revistas.aba-agroecologia.org.br/rbagroecologia/article/view/22840>. Acesso em: 5 fev. 2023.
- CUNHA, F. C. *et al.* **Etnoecologia da pesca: um caminho para a conservação socioambiental em Unidades de Conservação.** 2017.
- DO ESPÍRITO SANTO, M. M; CHAVES, G. S. **O bem-estar dos agricultores familiares agroecológicos e convencionais.** Reflexões Econômicas, v. 5, n. 2, p. 70-87, 2020.
- ABA, Estatuto da Associação Brasileira de Agroecologia – Aba-Agroecologia. **Agroecologia.org.** Disponível em: https://aba-agroecologia.org.br/wp-content/uploads/2018/05/Estatuto_ABA_2015.pdf. Acessado em: 02 de Junho de 2023.
- FAO, ITPS, GSBI, SCBD, EC. 2020. **State of knowledge of soil biodiversity - Status, challenges and potentialities, Report 2020.** Rome, FAO.
- FERREIRA, E. V. O. *et al.* **Ação dos térmitas no solo.** Ciência Rural, v. 41, p. 804-811, 2011.
- FREITAS, A. F.; PASSOS, G.R.; FURTADO, S.D.C.; SOUZA, L.M.; ASSIS, S. O.; MEIER, M.; SILVA, B.M.; RIBEIRO, S.; BEVILACQUA, P.D.; MANCIO, A.B.; SANTOS, P.R.; CARDOSO, I.M. **Produção animal integrada aos sistemas agroflorestais: necessidades e desafios.** Revista Agriculturas (Impresso), v. 06, p. 30-35, 2009.IBGE.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.** Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/divino/panorama> Acessado em: 02 de Junho de 2023.
- KINUPP, V.F.; LORENZI, H. **Plantas Alimentícias Não Convencionais (PANC) no Brasil.** Instituto Plantarum de Estudos da Flora LTDA, São Paulo. 2014.
- LARANJEIRA, Nina Paula Ferreira *et al.* **Para uma ecologia de saberes: Trajetória da construção do conhecimento agroecológico na ABA.** Revista Brasileira de Agroecologia, v. 14, n. 2, p. 15-15, 2019.
- LAVELLE, P. *et al.* **Ecosystem engineers in a self-organized soil: a review of concepts and future research questions.** Soil Science, v.181, p.91-109, 2016.

- MACHADO, L.C.P. **Pastoreio Racional Voisin: tecnologia agroecológica para o 3º Milênio.** 2ª ed. São Paulo: Expressão Popular, 2010.
- MONÇÃO, O. et al. **Importância agrônômica de coleópteros coprófagos.** *Enciclopédia Biosfera*, v. 7, n. 12, 2011.
- PEREIRA, F. da S. **Experience report on the perception of the influence of agroecology on the well-being of rural horticulturists through a systematic project.** *Research, Society and Development*, [S. l.], v. 10, n. 2, p. e2710212067, 2021. DOI: 10.33448/rsd-v10i2.12067.
- PINHEIRO MACHADO FILHO, L. C.; BRAN AGUDELO, J. A. .; CRISTINA PEREIRA, F. .; SCHENATO BICA, G.; WENDLING, A. V.; SILVA KAZAMA, D. C.; KUHNEN, S. **Criação animal agroecológica: reflexões e desafios.** *Revista Brasileira de Agroecologia*, [S. l.], v. 18, n. 1, p. 214–237, 2023. DOI: 10.33240/rba.v18i1.23763. Disponível em: <https://revistas.aba-agroecologia.org.br/rbagroecologia/article/view/23763>. Acesso em: 15 maio. 2023.
- SCHULTZ, B. S.. **A taxonomia científica versus nome popular em Sobre algumas novas espécies de répteis e plantas brasileiras: memória de Giuseppe Raddi.** *Revista GTLex*, p. 184, 2015.
- SILVA, P. T. P. et al. **Integração animal e diversidade de alimentos oriundos de quintais agroecológicos em propriedades familiares da Zona da Mata Mineira.** *Cadernos de Agroecologia*, v. 13, n. 1, 2018.
- STANISKI, A; FLORIANI, N; DE ALMEIDA SILVA, A. **A metodologia da história oral e seu uso em pesquisas etnoecológicas.** *Terr@ Plural*, v. 9, n. 1, p. 119-134, 2015.
- THIOLLENT, M. **Metodologia da pesquisa-ação.** 18. Ed. – São Paulo: Cortez, 2011.
- TOLEDO, V. M; BARRERA-BASSOLS, N. **La memoria biocultural: la importancia ecológica de las sabidurías tradicionales.** Icaria editorial, 2008.
- TOLEDO, V. Mr; BARRERA-BASSOLS, N. **A etnoecologia: uma ciência pós-normal que estuda as sabedorias tradicionais.** *Desenvolvimento e Meio Ambiente*, v. 20, 2009.
- VALÉRIO, J. R. **Cupins-de-montículo em pastagens.** 2006.
- VERDEJO, M.E. **Diagnóstico Rural Participativo – Guia Prático.** Brasília: Ministério de Desenvolvimento Agrário. Secretaria da Agricultura Familiar, 2010.
- VOISIN, A. **A produtividade do pasto.** Tradução de MACHADO, Norma B. P., 2 ed. São Paulo: Mestre Jou, 1981.
- XAVIER, L.P. **Campesinato e agroecologia: construção de uma pesquisa-ação com o uso de adubação verde no manejo de plantas espontâneas.** 2019.
- ZIMMER, A.H. *et al.* **Integração lavoura-pecuária-floresta no Brasil: histórico e perspectivas para o desenvolvimento sustentável.** In: In: Congresso Latinoamericano de Sistemas Agroflorestais para a Produção Pecuária Sustentável, 7., 2012, Belém, PA. *Sistemas silvipastoris, o caminho para a economia verde na pecuária mundial.* Belém, PA: UFPA, 2012., 2013.

Anexo 1 - ROTEIRO ENTREVISTA SEMI-ESTRUTURADA

Roteiro da entrevista semiestruturada para obtenção de informações a respeito da nomeação local dada aos organismos edáficos, o impacto da presença destes animais nos agroecossistemas pastoris, as estratégias de combate à endo e ectoparasitas bovinos e informações sobre o uso e ocupação do solo desde a chegada da família na área. Abaixo o roteiro de questões abordadas durante a conversa.

Questionário

a) Histórico familiar e ocupação da terra

- Qual a história do casal? De onde veio? Filhos (idade, gênero)?
- Qual a fonte de renda da família?
- Como e quando adquiriram a terra?
- Por que optaram pela roça?
- O que encontraram quando chegaram (casa? curral? estrada? água? mata? ...)
- Que mudanças fizeram na propriedade desde que chegaram?
- Quais foram as dificuldades? Valeu a pena?
- Quais as culturas plantadas desde o início da propriedade? São as mesmas até hoje? Se não, por que foram abandonadas?

b) Atividade silvipastoril e redesenho agroecológico das pastagens

- Por que e quando que a pastagem e a criação animal apareceram na propriedade?
- Como avalia o processo de redesenho das pastagens? Se negativo, porque. Se positivo, quais serão os próximos passos?
- Você teria alguma recomendação para o projeto de redesenho das pastagens pensando em outros agricultores que no futuro venham a ser atendidos pela equipe?

c) Relação agricultor familiar e macrofauna edáfica

- Com qual nome você conhece este organismo?
- Aqui na pastagem ele traz algum benefício ou malefício? Qual(is)?
- Existe algum organismo do solo que somente existe nas pastagens?
- Nesta coleta você sentiu falta de algum outro organismo do solo que você já viu?
- Utiliza algum produto para o combate de parasitas bovinos? Qual?
- Você utiliza algum produto químico estilo "Tordon" para manutenção das pastagens?

CAPÍTULO 2

Piqueteamento de pastagens agroecológicas: melhoram a qualidade do solo indicada pela macrofauna edáfica

Resumo

O piqueteamento de pastagens dentro de uma abordagem agroecológica é uma proposta para melhorar a sustentabilidade da produção pecuária. Essa prática incorpora o uso de árvores na pastagem e o pastejo rotacionado como bases para a criação animal. Neste contexto, este estudo objetivou avaliar a qualidade do solo, em especial associado à macrofauna edáfica, em uma área recentemente piqueteada de uma propriedade da agricultura familiar. As avaliações foram efetuadas ao longo de nove meses, em cinco momentos de monitoramento. Amostras de solo foram coletadas para a realização de análises físicas associadas à qualidade da estrutura do solo. O estudo da fauna edáfica foi efetuado mediante a identificação dos morfotipos desses macrorganismos, coletados em monólitos e com a instalação de armadilhas *pitfall*. Os resultados obtidos indicaram que, mesmo com pouco menos de um ano de adoção do piqueteamento, a proposta de manejo pastoril foi capaz de reduzir a densidade do solo. Efeitos sobre as variáveis associadas à qualidade física do solo foram mais associados ao tempo de pastejo, não sendo afetadas pelo manejo adotado na pastagem, seja ele o extensivo ou rotacionado. A abundância e a riqueza de morfotipos da macrofauna edáfica não foram alteradas com o primeiro ano de adoção dos piquetes. Por sua vez, independente do manejo das pastagens, com o passar do tempo de pastejo verificou-se ganhos de riqueza desses organismos.

Introdução

O manejo do solo e das plantas em agroecossistemas pastoris seguindo os princípios da Agroecologia melhora a disponibilidade de nutrientes no solo, proporciona benefícios ambientais e bem-estar animal e torna tais sistemas mais resilientes (BIGARDI, 2016), inclusive frente aos impactos impostos pelas mudanças climáticas globais (MURGUEITIO, 2011).

Dentre as práticas utilizadas no manejo agroecológico das pastagens, encontram-se o controle do número de animais por área, a subdivisão das pastagens em piquetes para adoção do pastejo rotativo, a integração da forrageira com indivíduos arbóreos e o não uso de agrotóxicos. Tais práticas devem ser utilizadas no processo de transição de sistemas pastoris

monoespecíficos e de pastejo contínuo para sistemas silvipastoris rotativos de base agroecológica (SISTE, 2013).

A subdivisão das pastagens em áreas menores, denominadas piquetes, possibilita a prática do pastejo rotacionado. Neste tipo de prática, os animais são manejados em uma das áreas enquanto outras permanecem em descanso. Esta é uma prática conservacionista da pastagem e do solo que, associada com outras práticas, possibilita uma maior longevidade do agroecossistema pastoril e o oferecimento de uma forragem em melhores condições nutricionais aos animais em pastejo (VOISIN, 1981).

O pastejo rotacionado proporciona o descanso da pastagem e uma melhor recuperação quantitativa e qualitativa da forrageira, devido a interrupção da pressão de pastejo. O tempo de permanência dos animais, a taxa de lotação e o período de repouso do piquete serão determinados de acordo com a espécie forrageira predominante, as condições edafoclimáticas locais e o porte dos animais. A interação destes fatores determinará a altura e o vigor da forrageira, indicadora do momento da retirada e do retorno dos animais ao piquete (MACHADO, 2010).

Quando comparado ao sistema de confinamento, o pastejo rotacionado financeiro é mais barato e necessita menor tempo para o manejo dos animais (UNDERSANDER *et al.*, 2002). O manejo rotacionado, quando bem planejado e executado, possibilita um aumento da carga animal sem comprometer a conservação da pastagem e do solo, possibilita uma distribuição mais homogênea do esterco, inibe o aparecimento de plantas indesejadas e acelera o rebrote e perfilhamento da forrageira. Com relação ao pastejo contínuo, o pastejo rotacionado financeiro é mais caro e exige mais trabalho para o gerenciamento da pastagem e dos animais, porém é mais lucrativo e conservacionista (MENDES *et al.*, 2022). O maior investimento financeiro e dificuldades gerenciais podem ser minimizadas com formação, o que pode ocorrer a partir de visitas técnicas, com conhecimento prévio a respeito das exigências e do rendimento da forrageira a ser utilizada e com planejamento dos piquetes de acordo com a topografia local para economia de mão de obra e material para confecção das cercas (MENDES *et al.*, 2022).

O pastejo rotacionado influencia as características químicas, físicas e biológicas do solo (MACHADO, 2010). A densidade do solo e a resistência do solo à penetração são variáveis físicas que normalmente são alteradas com o pisoteio dos animais, o que depende do manejo de pastagens (LEÃO *et al.*, 2004). Atributos químicos como os teores de carbono orgânico e a nitrificação potencial também são frequentemente alterados de acordo com o manejo da pastagem (GARCIA *et al.*, 2011), devido por exemplo, a deposição dos dejetos dos animais. As alterações ambientais advindas de diferentes formas de manejo da pastagem influenciam

também a vida do solo. Tanto os seres microscópicos como aqueles visíveis a olho nu são influenciados positivamente pela adoção do pastejo rotacionado (RAMOS, 2018).

Estes seres podem funcionar como indicadores biológicos da qualidade do solo. Entretanto, os atributos biológicos têm sido menos estudados, quando comparados aos atributos físicos e químicos do solo, em especial nas áreas de pastagens. Os organismos do solo podem ser categorizados de acordo com o seu tamanho corporal. Quanto ao tamanho corporal, eles são classificados em microrganismos edáficos (< 0,2 mm), mesofauna (0,2 e 2 mm) e macrofauna (> 2 mm) (BARETTA, 2011).

A macrofauna edáfica ocupa diferentes níveis tróficos da teia alimentar do ecossistema edáfico e sua distribuição pode influenciar as características físicas e químicas do solo. Parte destes organismos, ao se movimentarem, constroem galerias, túneis e ninhos, translocam matéria entre os horizontes do solo e constroem estruturas biogênicas durante seus processos de forrageamento e nidificação. Com isto eles alteram, com isto, os níveis de infiltração e aeração edáficos e são denominados engenheiros do (agro)ecossistema pelo (bioturbação) e (LAVELLE *et al.*, 2016). A macrofauna fragmenta a matéria orgânica que cai sobre o solo e facilita a ação dos microrganismos decompositores que degradam as excretas de animais, a exemplo dos bovinos em ecossistemas pastoris. (BROWN, 2015).

A pesquisa objetivou avaliar o efeito do piqueteamento da pastagem sobre os atributos físicos do solo e a riqueza e abundância da macrofauna edáfica.

Material e métodos

Área de estudo

O estudo foi desenvolvido em áreas de pastagem com manejo agroecológico no município de Divino, MG, localizado na Zona da Mata mineira, em uma propriedade da agricultura familiar. O município de Divino possui área de 337,776 km² e, aproximadamente, 20.000 habitantes, localiza-se no bioma Mata Atlântica, possui clima tropical de altitude e a produção agrícola é importante para a economia local (IBGE, 2020).

A propriedade selecionada para o desenvolvimento da pesquisa possui 20 hectares, dos quais aproximadamente 50% é coberto por pastagens, com foco especial na produção de vacas leiteiras. As pastagens sob manejo agroecológico encontram-se em processo de redesenho, em um processo de pesquisa participativa (SISTE, 2023). No processo de redesenho, as pastagens foram divididas, com o uso de cercas eletrificadas. A seleção das áreas, dimensionamento dos piquetes e instalação das cercas elétricas foram atividades feitas em parceria entre os pesquisadores, o agricultor proprietário e outros agricultores parceiros participantes da

pesquisa. Durante a pesquisa as famílias agricultoras foram capacitadas para a instalação de cercas eletrificadas e de para-raios. Diálogo sobre os benefícios esperados com a divisão das áreas de pastejo ocorreram durante toda a pesquisa

Ao todo a propriedade conta com sete piquetes e os animais permanecem três noites em cada piquete. Pela manhã os animais são levados para o curral para a primeira ordenha e permanecem no local e arredores até o final da tarde, quando ocorre após a segunda ordenha. Após a ordenha da tarde os animais são reconduzidos ao piquete.

Coleta de amostras

Duas áreas com manejo de pastagem distinto e número de animais e forma de pastejo semelhantes foram considerados como tratamentos. A área estava sendo utilizada com pastagem por 10 anos. Em uma das áreas a pastagem foi dividida em piquetes e, na outra, a pecuária continuou sendo realizada de forma extensiva, prática mais comum na região. Um dos piquetes a pleno sol foi selecionado para o estudo.

Antes da primeira coleta (08/11/2021), os animais já tinham passado duas vezes pelo piquete. Outras quatro coletas foram realizadas em intervalos aproximados de dois meses (03/12/2021, 17/03/2022, 11/05/2022, 07/07/2022), logo após a saída dos animais dos piquetes.

Análise física do solo

Para as análises de densidade do solo; microporosidade do solo, porosidade total, macroporosidade, quatro amostras indeformadas, utilizando anéis volumétricos (diâmetro e altura aproximada de 5 cm), foram coletadas em cada um dos tratamentos. A resistência mecânica do solo à penetração foi avaliada em campo até a profundidade de 60 cm. Para isto, foi utilizado um penetrômetro de impacto modelo Stolf. Ao todo foram realizadas oito repetições da avaliação da resistência à penetração em pontos aleatoriamente distribuídos em cada uma das áreas piqueteada e não piqueteada. Amostras de solo foram coletadas para a avaliação da umidade do solo pelo método termogravimétrico, considerando as profundidades de 0 a 10, 10 a 20, de 20 a 40 e de 40 a 60 cm.

Avaliação da Macrofauna

Em cada um dos momentos de coleta foram retirados seis monólitos de solo. Estes são blocos de solo de dimensões aproximadas de 25 x 25 x 20 cm, conforme adaptação do método *Tropical Soil Biology and Fertility* (ANDERSON & INGRAM, 1993), com três repetições em cada uma das áreas, consideradas tratamentos (pastagem piqueteada e pastagem extensiva). Os

monólitos coletados foram divididos em duas profundidades, 0 a 10 cm e 10 a 20 cm, sendo analisados separadamente. Os monólitos foram destorroados para a triagem dos indivíduos de fauna presentes. Os monólitos permitem avaliar a fauna hipógea, aqueles que vivem no solo (ANDERSON & INGRAM, 1993).

No momento da coleta dos monólitos foram instaladas também cinco armadilhas *pitfall* (potes de plástico de 750 cm³ de volume e 7 cm de diâmetro) nos dois tratamentos, para a captura de animais ativos presentes na camada superficial do solo (HOHBEIN, 2018 ; MOREIRA, 2020), ou seja os animais epígeos (FAO, 2020), enquanto nos As armadilhas foram instaladas no solo, com a abertura do pote rente à superfície do solo e mantidos no campo por 48 h. No interior dos potes foi adicionado álcool comercial (70°) para a conservação dos organismos coletados. Os monólitos foram coletados e os pitfalls instalados nos mesmos locais em que os solos foram coletados para as análises físicas.

Os componentes da macrofauna edáfica obtidos na triagem dos monólitos e nas armadilhas *pitfall* foram identificados ao nível de ordem e contabilizados em campo. Após essas etapas, os animais foram adequadamente armazenados e levados ao laboratório para a identificação científica dos mesmos.

Com os dados, determinou-se a riqueza e abundância de organismos encontrados nos monólitos e armadilhas *pitfall*.

Análises estatísticas

O estudo foi conduzido considerando-se um delineamento inteiramente casualizado. Os tratamentos consideraram um fatorial (2 x 5), com três repetições, correspondendo a dois manejos da pastagem (pastagem piqueteada e pastejo contínuo) e cinco tempos de avaliação. No caso da avaliação dos monólitos, cada profundidade foi avaliada em separado. Na avaliação da resistência do solo à penetração, as médias foram obtidas a partir das oito repetições já indicadas.

Os dados foram submetidos à avaliação das condições de normalidade teste Shapiro-Wilk e homocedasticidade pelo teste Bartlett ($p < 0,05$), antes de serem submetidos à análise de variância (ANOVA). A comparação de médias foi realizada pelo teste Tukey ($p < 0,10$). Todas as análises foram realizadas no software R 4.2.1 (R CORE TEAM, 2022) utilizando os pacotes ExpDes.pt 1.2.2 (FERREIRA *et al.*, 2021) e multcomp 1.4-20 (HOTHORN, 2022).

Resultados e discussão

Atributos físicos

Na avaliação das análises físicas, foram verificados efeitos do manejo sobre as variáveis densidade do solo (DS) e microporosidade (Mi), e efeito do momento de avaliação em Ds, Mi, porosidade total (PT) e macroporosidade (MA).

Os resultados da densidade do solo (Ds) e microporosidade (Mi) indicam ter havido efeito do manejo das pastagens. A implementação do piqueteamento reduziu ($p < 0,05$) a Ds e a Mi, muito embora as diferenças verificadas tenham sido de pouca importância prática. Enquanto a Ds reduziu de $1,28 \text{ kg/dm}^3$ para $1,24 \text{ kg/dm}^3$, a microporosidade reduziu de 0,40 para $0,39 \text{ m}^3/\text{m}^3$.

O efeito do tempo de pastoreio é apresentado na Figura 1. Após uma redução inicial, as variáveis Ds (Figura 1a) e Mi (Figura 1b) aumentaram com as sucessivas entradas de animais nos piquetes. No caso da PT (Figura 1c) e Ma (Figura 1d) ocorre um pequeno incremento inicial, seguido de uma queda nos valores dessas variáveis. Esses comportamentos inversos são naturalmente devidos à relação indireta dessas variáveis. Os resultados indicam o impacto do pastejo sobre o aumento da Ds com consequente redução da PT, muito mais devido à perda em Ma. Em termos práticos não houve grande diferença entre os dois manejos adotados.

A redução da porosidade total com o pastejo independente do manejo utilizado é frequentemente relacionada com a perda dos macroporos, que são os mais facilmente compactáveis no solo (KLEIN, 2014). O curto tempo decorrido entre o piqueteamento e análise do solo não foi suficiente para proporcionar melhorias na qualidade do solo nas pastagens. Provavelmente, o pisoteio dos animais, independente do manejo, no período avaliado, somado a todo o histórico de uso prévio com pastagens na área, tenha contribuído para a compactação do solo. Novas avaliações devem ser feitas, pois com o tempo, espera-se que tais melhorias sejam mais evidenciadas com o melhor desenvolvimento radicular da forrageira, maior deposição de dejetos e pisoteio mais controlado levem a formação de bioporos (CERVELATI *et al.*, 2011) e, com isto, haja melhorias na qualidade do solo.

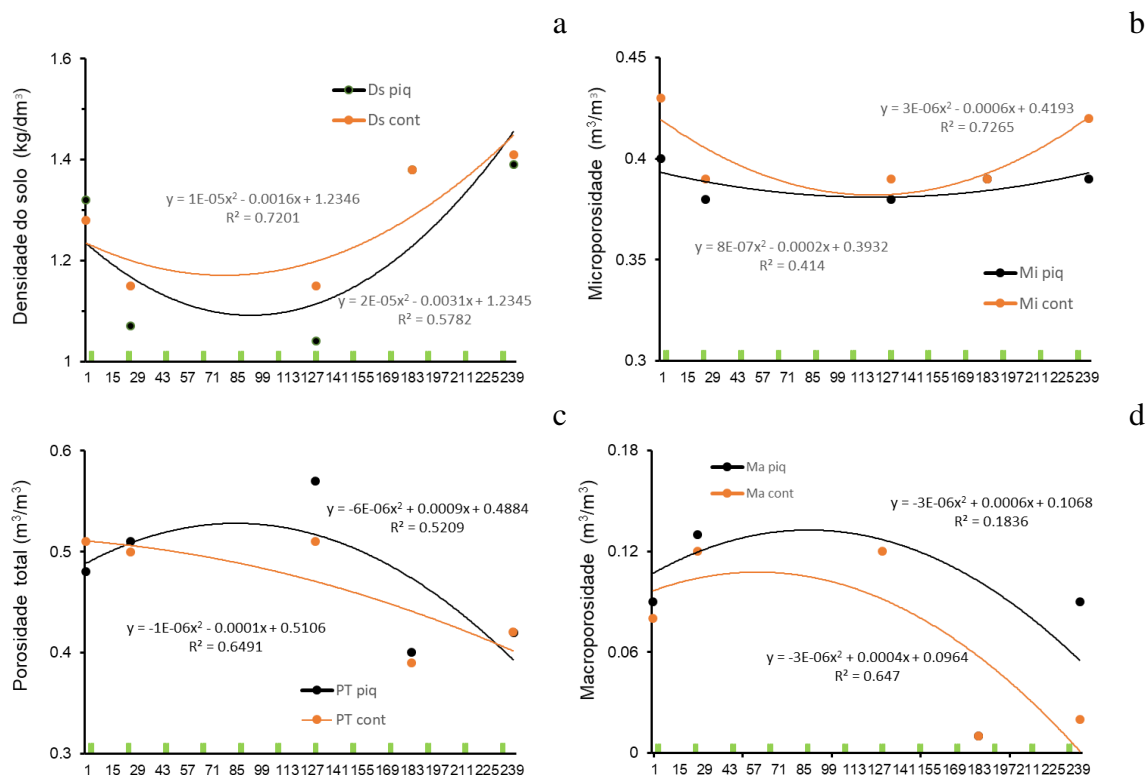


Figura 1 - Densidade do solo (Ds) e microporosidade (Mi) nas áreas piqueteadas (piq) e sob pastejo contínuo (cont). Barras verdes no eixo horizontal indicam os momentos em que os animais permaneceram no piquete avaliado (período de três a quatro dias).

A maior compactação com o pastejo, como indicada pela perda da porosidade, foi também observada na avaliação da resistência do solo à penetração (RP) (Figura 2). De forma similar nos dois manejos, houve aumento da RP com os meses de pastoreio, o que pode estar associado com o histórico de uso da área e até mesmo com a umidade do solo, que reduz a partir da terceira amostragem realizada em 17/03. Neste momento a resistência à penetração supera o valor de 2 MPa, considerado limitante do ponto de vista da qualidade do solo (SOUZA *et al.*, 2020). Nos primeiros meses de piqueteamento, não se observou redução da resistência à penetração do solo, mas um monitoramento deve ser conduzido por mais tempo para se avaliar o efeito efetivo desta prática e até mesmo considerar o efeito da umidade ao longo das estações do ano.

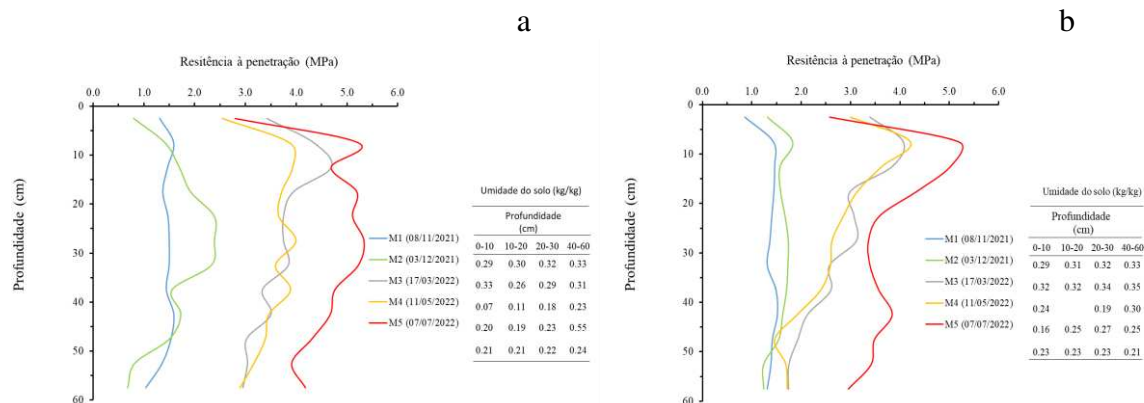


Figura 2 - Resistência mecânica do solo à penetração em função da profundidade nas áreas de pastagem piqueteado (a) e contínua (b), em cinco momentos (M1, M2, M3, M4 e M5). A tabela lateral indica a umidade do solo no momento das avaliações.

Atributos biológicos

A Tabela 1 apresenta a identificação dos organismos encontrados nas coletas nos diferentes tratamentos e formas de captura avaliados. Em todas as coletas efetuadas foram identificados 558 indivíduos de diferentes morfotipos oriundos de nove ordens: Araneae (n = 14), Blattodea (n = 1), Coleoptera (n = 16), Diptera (n = 15), Haplotaxida (n = 216), Hymenoptera (n = 181), Isoptera (n = 86), Lepidoptera (n = 4) e Orthoptera (n = 31). Todas essas ordens estiveram presentes nas cinco coletas efetuadas, salvo a ordem Diptera, que foi identificada em quatro oportunidades; a ordem Lepidoptera, identificada em apenas duas coletas; e a ordem Blattodea, identificada apenas em uma coleta. Nos monólitos não foram identificados indivíduos da ordem Blattodea, enquanto nos pitfalls não se observaram Haplotaxida, Isoptera e Lepidoptera. O maior número de indivíduos foi capturado com o uso de monólitos.

Tabela 1 – Discriminação da macrofauna encontrada em pastagem piqueteada e não piqueteada

Data	Ponto	Ordem	Pastagem piqueteada		Pastejo contínuo	
			Monólito	Pitfall	Monólito	Pitfall
8/11/2021	R1	Araneae		1		
		Coleoptera	3	2		
		Diptera		1		
		Haplotaxida	22		11	
		Isoptera			3	
		Lepidoptera (Larva)	1			
		Orthoptera (grande)		1		
		Orthoptera (pequena)		1		
	R2	Araneae (grande)				1
		Araneae (pequena)				1
		Coleoptera		1		
		Haplotaxida	21		5	
		Hemiptera	1			
		Hymenoptera		1		2
Orthoptera (grande)					1	
R3	Coleoptera				1	
	Diptera		1			
	Haplotaxida	23		7		
	Hymenoptera		1			
3/12/2021	R1	Coleoptera		1		
		Haplotaxida	2		5	
		Hymenoptera				2
		Hymenoptera (marrom pequena)		1		
		Hymenoptera (marrom)		2		
		Hymenoptera (preta pequena)		1		
		Hymenoptera (preta)		2		
		Isoptera	5			
Orthoptera		1				

Data	Ponto	Ordem	Pastagem piqueteada		Pastejo contínuo		
			Monólito	Pitfall	Monólito	Pitfall	
3/12/2021	R2	Araneae				1	
		Coleoptera				1	
		Haplotaxida	10		12		
		Hymenoptera		2			
		Hymenoptera (marrom)				2	
		Hymenoptera (preta)				2	
		Orthoptera				3	
		Orthoptera (gigante)			2		
		Orthoptera (grande)			3		
	Orthoptera (pequena)			1			
	R3	Coleoptera			2		1
		Diptera			2		
		Haplotaxida	4			18	
		Hymenoptera					1
		Hymenoptera (marrom grande)			1		
		Hymenoptera (preta)			1		
		Hymenoptera (marrom pequena)			3		
Isoptera		4			14		
Orthoptera			1				
17/03/2022	R1	Coleoptera (larva)	2				
		Haplotaxida	2		5		
		Hymenoptera	2				
		Hymenoptera (marrom)			4		1
		Hymenoptera (preta grande)					1
		Hymenoptera (preta pequena)					1
	R2	Hymenoptera (preta)			2		
		Lepidoptera (larva)				1	
		Orthoptera			1	1	2
		Diptera			1		
		Haplotaxida	6			4	
Hymenoptera	1		6		7		
Hymenoptera (preta)					11		
Isoptera	28						
Lepidoptera (larva)	6						

Data	Ponto	Ordem	Pastagem piqueteada		Pastejo contínuo	
			Monólito	Pitfall	Monólito	Pitfall
17/03/2022	R3	Araneae			1	
		Diptera			1	
		Haplotaxida	5		2	
		Hymenoptera		5		
		Hymenoptera (grande)				6
		Hymenoptera (pequena)				1
		Isoptera	2			
		Orthoptera			1	1
	R1	Haplotaxida	1		6	
		Hymenoptera		8	1	
		Hymenoptera (grande)				2
		Hymenoptera (pequena)				2
		Lepidoptera (larva)			2	
		Orthoptera	1			
		11/5/2022	R2	Araneae	1	
Haplotaxida	5				8	
Hymenoptera				11		4
Orthoptera					1	
R3	Araneae			1		
	Blattodea		1			
	Coleoptera (larva)			1		
	Haplotaxida			11		
	Hymenoptera (marrom)		5		16	
	Hymenoptera (preta)		1		4	
	Isoptera	4				
	Orthoptera		1			
7/7/2022	R1	Diptera			2	2
		Haplotaxida	3		4	
		Hymenoptera		2	3	3
		Isoptera	6		6	

Data	Ponto	Ordem	Pastagem piqueteada		Pastejo contínuo	
			Monólito	Pitfall	Monólito	Pitfall
7/7/2022	R2	Diptera			2	3
		Haplotaquída	3		9	
		Hymenoptera				1
		Hymenoptera (marrom pequena)		4		
		Hymenoptera (marrom)		6		
		Hymenoptera (preta)		16		
		Isoptera			3	
	R3	Lepidoptera			1	
		Orthoptera		2	1	3
		Araneae			1	
		Coleoptera (larva)	1			
		Haplotaquída	2			
		Hymenoptera			8	5
		Hymenoptera (marrom)		6		
Hymenoptera (preta)		1				
Isoptera	2		2			
Orthoptera				1		

A proposta de manejo por piqueteamento não influenciou a riqueza de organismos coletados via monólitos, sendo tal variável crescente apenas com o tempo de pastejo, independentemente do manejo adotado (Figura 6). A abundância da macrofauna avaliada por esta mesma forma de captura, bem como a riqueza e abundância avaliadas com o pitfall também não foram afetadas pelos tratamentos. Essa observação contrasta com o efeito esperado do manejo sobre a dinâmica da macrofauna edáfica, como apontado por Souza *et al.* (2016). Ao pouco tempo de adoção do piqueteamento nas pastagens pode ser atribuído esse resultado.

A abundância avaliada por monólitos apresentou valor médio por coleta de $11,8 \pm 6,7$ morfotipos (média de 189 morfotipos/m²) nas pastagens, enquanto que na avaliação por pitfall, os valores médios foram de $2,6 \pm 0,9$ morfotipos para riqueza (média de 42,1 morfotipos/m²) e $7,2 \pm 3,1$ morfotipos para abundância (média de 115,7 morfotipos/m²). Essa ausência de diferenças na abundância da macrofauna também se reflete em termos consolidados, uma vez que nas duas formas de coleta na pastagem piqueteada foram coletados 299 indivíduos, enquanto no pastejo contínuo foram 259 indivíduos. Em termos médios, em cada coleta efetuada com monólitos, foram identificados $12,0 \pm 8,4$ morfotipos por coleta na pastagem

piqueteada e $10,8 \pm 4,3$ morfotipos por coleta no pastejo contínuo. Quando foi utilizado o pitfall, os valores foram de $8,0 \pm 3,5$ e $6,4 \pm 3,5$ morfotipos por coleta, respectivamente.

Outros estudos publicados com macrofauna edáfica não foram observados² na Zona da Mata de Minas Gerais, o que dificulta a comparação dos resultados obtidos.

Como indicado previamente os organismos de maior expressividade nas áreas de pastagem foram as minhocas e formigas. Esses dois grupos fazem parte da macrofauna denominada de “engenheiros do ecossistema” segundo a proposição de LAVELLE *et al.* (2016). Esses componentes da fauna edáfica destacam-se em diversos estudos em agroecossistemas. Em sua revisão, BLOUIN *et al.* (2013) enumera as diferentes contribuições das minhocas para distintos serviços ecossistêmicos, destacando seu papel na formação de solos, no desenvolvimento da estrutura do solo, na regulação da água, ciclagem de nutrientes, produção primária, regulação climática, remediação da poluição e até mesmo em serviços culturais. Por sua vez, FROUZ & JILKOVÁ (2008) enumeram o papel das formigas nas propriedades e processos que acontecem no solo, discorrendo sobre sua contribuição no aumento da porosidade, alteração do pH e incrementos nos teores de nutrientes, especialmente N e P em solos influenciados por formigueiros.

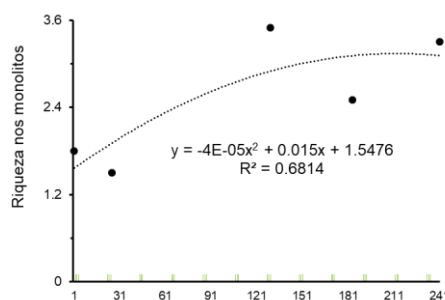


Figura 6 - Riqueza da macrofauna edáfica amostrada com monólitos em função do tempo em áreas de pastejo piqueteado e contínuo.

Conclusões

Já no primeiro ano de implantação, o piqueteamento da pastagem e consequente manejo rotacionado dos animais foi capaz de melhorar os atributos físicos do solo. Esse efeito, mesmo que ainda de pouca expressividade prática, sinaliza o impacto positivo da proposta de manejo agroecológico das pastagens.

As pastagens apresentaram uma importante diversidade de macrofauna edáfica. O pouco tempo de adoção do piqueteamento não foi capaz de alterar a dinâmica desses organismos.

² Revisão efetuada nas bases Google Acadêmico e Scielo em agosto de 2023.

Referências Bibliográficas:

- ANDERSON, J.M.; INGRAM, J.S.I. **A handbook of methods**. CAB International, Wallingford, Oxfordshire, v. 221, 1993.
- BARETTA, D. *et al.* **Fauna edáfica e qualidade do solo**. *Tópicos em Ciência do Solo*, v.7, p.119-170, 2011.
- BIGARDI, L. **Árvores na pastagem melhoram a qualidade do solo e de forragens**. Dissertação de mestrado em Agroecologia - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa - Minas Gerais. 2016.
- BLOUIN *et al.* **A review of earthworm impact on soil function and ecosystem services**. *European Journal of Soil Science*, v. 64, n. 2, p. 161-182, 2013.
- BROWN, G. G. *et al.* **Biodiversidade da fauna do solo e sua contribuição para os serviços ambientais**. 2015.
- CERVELATI, K. F. *et al.* **Efeito de diferentes sistemas de pastejo em atributos físicos do solo**. *Pubvet*, v. 5, p. 1136-1142, 2011.
- COTRUFO, M. F.; LAVALLEE, JOCELYN, M. **Soil organic matter formation, persistence, and functioning: A synthesis of current understanding to inform its conservation and regeneration**. *Advances in Agronomy*, v. 172, p. 1-66, 2022.
- FAO, ITPS, GSBI, SCBD, EC. 2020. **State of knowledge of soil biodiversity - Status, challenges and potentialities**, *Report 2020*. Rome, FAO.
- FERREIRA, E. B.; CAVALCANTI, P. P.; NOGUEIRA, D. A. **Pacote Experimental Designs**. 2021.
- GARCIA, M. R. L; SAMPAIO, A. A. M; NAHAS, E. **Impact of different grazing systems for bovine cattle on the soil microbiological and chemical characteristics**. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 40, p. 1568-1575, 2011.
- HOBBEIN, R.R.; CONWAY, C.J. **Pitfall traps: A review of methods for estimating arthropod abundance**. *Wildlife Society Bulletin*, v.42, p.597-606, 2018.
- HOTHORN, T. **Simultaneous Inference in General Parametric Models**. 2022.
- IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia Estatística**. Divino. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/divino/panorama>> Acessado em: 02 de Junho de 2023.
- FROUZ, J & JILKOVÁ, V. **The effect of ants on soil properties and processes (Hymenoptera: Formicidae)**. *Myrmecological News*, v. 11, p. 191-199, 2008.
- KLEIN, V. A. **Física do solo**. 3ª edição. Passo Fundo: Editora UPF, 2014.
- LAVELLE, P. *et al.* **Ecosystem engineers in a self-organized soil: a review of concepts and future research questions**. *Soil Science*, v.181, p.91-109, 2016.
- LEÃO, T. P. *et al.* **Intervalo hídrico ótimo na avaliação de sistemas de pastejo contínuo e rotacionado**. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 28, p. 415-422, 2004.
- MENDES, L. G. R; MARTINS, A. D; FREIRE, A. I. **Manejo de pastagem rotacionado na pecuária de corte com ênfase no bem-estar do animal**. *Research, Society and Development*, v. 11, n. 7, p. e42311730159-e42311730159, 2022.

- MOREIRA, F.M.S.; HUISING, E.J.; BIGNELL, E.B. **Manual de biologia dos solos tropicais: amostragem e caracterização da biodiversidade**. 1ª ed. Lavras: UFLA, 2020.
- MURGUEITIO, E. et al. **Native trees and shrubs for the productive rehabilitation of tropical cattle ranching lands**. *Forest Ecology and Management*, v. 261, n. 10, p. 1654-1663, 2011.
- R CORE TEAM. **R: A Language and Environment for Statistical Computing**. 2022.
- RAMOS, E. C. et al. **Avaliação da qualidade do solo em sistemas de pastagem extensiva e rotacionada**. 2018.
- SISTE, D. A. B. et al. **Sistematização do redesenho das pastagens em áreas montanhosas nas unidades familiares em transição agroecológica**. *DELOS: DESARROLLO LOCAL SOSTENIBLE*, v. 16, n. 46, p. 2106-2126, 2023.
- SOUZA, J. F. et al. **Compactação do solo em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta após cinco anos de implantação e uso**. *Revista de Ciências Agroveterinárias*, v. 19, n. 3, p. 348-353, 2020.
- SOUZA et al. **Abundance and diversity of soil macrofauna in native forest, eucalyptus plantations, perennial pasture, integrated crop-livestock, and no-tillage cropping**. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.40, e0150248, 2016.
- UNDERSANDER, D. J. et al. **Pastures for profit: A guide to rotational grazing**. Madison, WI, USA: Cooperative Extension Publications, University of Wisconsin-Extension, 2002.
- MACHADO, L.C.P. **Pastoreio Racional Voisin: tecnologia agroecológica para o 3º Milênio**. 2ª ed. São Paulo: Expressão Popular, 2010.
- VOISIN, A. **A produtividade do pasto**. Tradução de MACHADO, Norma B. P., 2 ed. São Paulo: Mestre Jou, 1981.

CAPÍTULO 3

Árvores em sistemas pastoris sob redesenho agroecológico melhoram a qualidade do solo indicada pela macrofauna edáfica

Resumo:

A conversão de sistemas pastoris baseados no pastejo contínuo e na adoção de pastagens monoespecíficas em sistemas agroflorestais pastoris e de pastejo rotacionado possui benefícios do ponto de vista econômico, ambiental e do bem-estar animal. A presença das árvores nos ambientes pastoris proporciona uma diversificação na renda das famílias agricultoras, maior diversidade alimentar para os animais e resulta em áreas de sombra para o descanso dos animais em pastejo. Este estudo teve como objetivo avaliar o efeito da presença de árvores sobre a qualidade do solo, em especial sobre a riqueza e a abundância de morfotipos da macrofauna edáfica em pastagens sob redenho agroecológico. As avaliações ocorreram no final das estações chuvosa e seca. Amostras de solo foram coletadas para análises físicas associadas à qualidade da estrutura do solo, e a identificação de microrganismos edáficos foi efetuada após captura com o uso de monólitos e da instalação de armadilhas *pitfall*. Os resultados obtidos indicaram alterações nos atributos físicos do solo ligados à compactação e aumento no número de organismos da macrofauna edáficos sob a copa das árvores.

Introdução

No Brasil, as pastagens ocupam aproximadamente 20% do território nacional e, pelo menos, 50% desta área encontra-se em algum estado de degradação ambiental e/ou econômica (ZIMMER *et al.*, 2012) e, em geral, cultivadas em monocultivos. Os sistemas pastoris baseados em pastagens mais biodiversas, com a presença de árvores e forrageiras diversas, proporcionam benefícios socioeconômicos e ambientais e restauram importantes serviços ecossistêmicos, perdidos devido à degradação das pastagens.

Dentre os sistemas biodiversos, encontram-se os sistemas silvipastoris (BENTO, 2020), uma modalidade de sistema agroflorestal (SAF). Os sistemas silvipastoris são formados por plantas forrageiras em interação com cultivos arbóreos. Embora a presença de espécies arbóreas exóticas seja comum em sistema agrosilvipastoris, a diversidade de espécies nativas é responsável pela provisão de mais serviços agroecossistêmicos e, por isto, é preferida em sistemas agroecológicos. Algumas espécies exóticas são também menos adaptadas às condições

edafoclimáticas e sujeitas a maiores ataques de organismos indesejados, o que exige maiores aportes de insumos químicos (FARIA, 2013).

Dentre os benefícios socioeconômicos, os SAFs *pastoris* possuem a capacidade de aumentar a resiliência financeira dos agricultores por meio da diversificação de suas fontes de renda. A possibilidade de produção de produtos como frutas, madeira, bem como o estabelecimento de pasto apícola e o controle biológico de parasitas bovinos são alguns pontos positivos destes sistemas que funcionam como estratégias para atenuação dos gastos na criação animal e resultam em uma maior margem de lucro desta atividade para as famílias de agricultores (AHRENS, 2014). Estes sistemas proporcionam ainda mais conforto para os animais, rebrote da forrageira e ainda proporcionar áreas de descanso para os animais (BIGARDI, 2016).

Dentre os benefícios ambientais, as árvores nas pastagens influenciam os atributos químicos, físicos e biológicos do solo. As folhas, galhos e frutos que caem das árvores sobre o solo fornecem matéria orgânica ao sistema, que, ao ser decomposta, libera nutrientes que serão absorvidos pelas forrageiras (LIMA, 2010). A ciclagem de nutrientes também é potencializada, pois as raízes das árvores retiram nutrientes de camadas mais profundas do solo e os disponibilizam mais superficialmente através da queda de folhas, galhos e frutos (STEENBOCK e VEZZANI, 2013). A umidade do solo pode ser alterada em função do sombreamento sob a copa das árvores, que tornam esses locais mais úmidos (ROSA, 2015) e do sistema radicular que irá aumentar a infiltração de água no solo e diminuir a erosão dos solos. Entretanto, a maior concentração de animais sob as árvores pode impactar de maneira localizada as propriedades físicas, como a macroporosidade, densidade do solo e a resistência à penetração devido ao maior pisoteio do gado, muito embora a adoção do pastejo rotacionado possa reduzir tais efeitos na área total do piquete (LIMA, 2013).

A presença de árvores, nos sistemas silvipastoris alteram também a biologia do solo (DIAS, 2007). De forma geral, a macrofauna edáfica tem sua distribuição favorecida pela presença de árvores nos agroecossistemas tanto do ponto de vista da quantidade como da qualidade de alimento e habitats (FAO, 2020). A macrofauna edáfica representa os organismos do reino animal que vivem pelo menos um de seus estágios de crescimento em associação com o substrato terrestre e que têm mais de 2 mm de tamanho corporal (BROWN, 2015). Estes animais possuem hábitos alimentares diversos, diretamente associados aos serviços ecossistêmicos a eles associados.

A presença destes organismos nos agroecossistemas influencia e é influenciada pelos atributos químicos e físicos do solo. Durante os processos de forrageamento e nidificação, estes

organismos alteram os níveis de aeração e infiltração de água no solo, pois se movimentam nas camadas superficiais construindo estruturas biogênicas (galerias, ninhos, câmaras e bolotas fecais), por isso recebem o nome de ‘engenheiros do ecossistema’ (LAVELLE *et al.*, 2016). Estes organismos têm sua distribuição regulada por fatores químicos como o pH e a disponibilidade de matéria orgânica. A macrofauna edáfica atua na fragmentação e no transporte de material orgânico que se encontra sobre o solo entre os horizontes superficiais, favorecendo a ação dos microrganismos decompositores e melhoram, com isto, a ciclagem de nutrientes nos ecossistemas (FAO, 2020) e a fertilidade do solo (STEENBOCK e VEZZANI, 2013).

Diante deste cenário, o presente estudo objetivou avaliar o efeito da presença de árvores em pastagens sobre a qualidade do solo, e na riqueza e abundância da macrofauna edáfica.

Material e métodos:

Área de estudo

O estudo foi desenvolvido em áreas de pastagem com manejo agroecológico no município de Divino, MG, localizado na Zona da Mata mineira, em uma propriedade da agricultura familiar. O município de Divino possui área de 337,776 km² e, aproximadamente, 20.000 habitantes, localiza-se no bioma Mata Atlântica, possui clima tropical de altitude e a produção agrícola é importante para a economia local (IBGE, 2020).

A propriedade selecionada para o desenvolvimento da pesquisa possui 20 hectares, dos quais aproximadamente 50% é coberto por pastagens, com foco especial na produção de vacas leiteiras. As pastagens sob manejo agroecológico encontram-se em processo de redesenho, em um processo de pesquisa participativa (SISTE, 2023). No processo de redesenho, as pastagens foram divididas, com o uso de cercas eletrificadas. A seleção das áreas, dimensionamento dos piquetes e instalação das cercas elétricas foram atividades feitas em parceria entre os pesquisadores, o agricultor proprietário e outros agricultores parceiros participantes da pesquisa. Durante a pesquisa as famílias agricultoras foram capacitadas para a instalação de cercas eletrificadas e de para-raios. Diálogo sobre os benefícios esperados com a divisão das áreas de pastejo ocorreram durante toda a pesquisa

Ao todo a propriedade conta com sete piquetes e os animais permanecem três noites em cada piquete. Pela manhã os animais são levados para o curral para a primeira ordenha e permanecem no local e arredores até o final da tarde, quando ocorre após a segunda ordenha. Após a ordenha da tarde os animais são reconduzidos ao piquete.

Locais de coleta de amostras

As amostragens de solo foram efetuadas no fim da estação chuvosa (29 e 30 de março e no fim da estação seca (3 e 4 de outubro) de 2022, sempre próximo do meio-dia. O solo de um piquete das pastagens foi amostrado. Neste piquete de aproximadamente 1000m², cinco árvores (consideradas repetições) foram selecionadas (como). Os solos foram amostrados debaixo das árvores (considerada área de influência das árvores - sombreadas) e cinco foram das copas das árvores (consideradas sem influência das árvores - a pleno sol).

As coletas de solos foram efetuadas na projeção da copa ou fora da copa das árvores, aleatoriamente ao longo da extensão do piquete. As áreas de coleta em ambos os manejos apresentaram semelhanças em termos de extensão, posição na paisagem, tipo de solo, exposição à radiação solar e altitude.

Análises físicas de solo

No mesmo dia da coleta dos monólitos, a resistência mecânica do solo à penetração foi avaliada em campo até a profundidade de 60 cm, com um penetrômetro de impacto modelo Stolf. Para isto, foram realizadas oito avaliações (repetições) dessa propriedade do solo em pontos aleatoriamente distribuídos em cada uma das duas áreas (sombreada e a pleno sol). Durante a execução desta avaliação, amostras de solo foram coletadas nas camadas de 0 a 10, 10 a 20, 20 a 40 e 40 a 60 cm de profundidade, para a determinação da umidade do solo pelo método termogravimétrico.

Ainda por ocasião das coletas dos monólitos, quatro anéis volumétricos (diâmetro e altura aproximada de 5 cm) foram utilizados para a coleta de amostras indeformadas de solo próximo da superfície e com o uso de um amostrador. Essas amostras foram levadas para laboratório e utilizadas nas análises de densidade do solo, porosidade total, macro e microporosidade do solo.

Avaliação da Macrofauna

Em cada um dos dois momentos de coleta (estações seca e chuvosa) foram retirados dez monólitos de solo, formados por blocos de dimensões aproximadas de 25 x 25 x 20 cm, conforme adaptação do método *Tropical Soil Biology and Fertility* (ANDERSON & INGRAM, 1993). Os monólitos coletados foram divididos em duas profundidades (0 a 10 cm e 10 a 20 cm) para avaliação em separado. Os monólitos foram destorroados manualmente para a triagem dos indivíduos de fauna presentes no campo.

No momento de cada coleta dos monólitos também foram instaladas cinco armadilhas *pitfall* nas duas áreas (pleno sol e área sombreada) para a captura de animais ativos presentes na camada superficial do solo, conforme HOHBEIN (2018) e MOREIRA (2020). Essas armadilhas foram construídas com potes de plástico de 750 cm³ de capacidade e 7 cm de diâmetro, que foram instalados com parte superior rente à superfície do solo e mantidos em campo por 48 h. No interior dos potes foi adicionado álcool comercial (70°) para a conservação dos organismos coletados.

Os componentes da macrofauna edáfica obtidos na triagem manual dos monólitos e nas armadilhas *pitfall* foram identificados ao nível de morfotipos e ordem e contabilizados em campo. Após essas etapas, os animais foram armazenados e levados para laboratório para a identificação e devida nomeação científica. Depois da identificação científica, os dados obtidos foram utilizados para se estimar a riqueza e abundância de organismos encontrados nos monólitos e armadilhas *pitfall* dos tratamentos avaliados.

Análises estatísticas

O estudo foi conduzido considerando-se um delineamento inteiramente casualizado, com cinco repetições. Os tratamentos consideraram um fatorial 2 x 2, formado por duas condições de influência das árvores (sombreado e pleno sol) e duas épocas de avaliação (estação seca e chuvosa). No caso da avaliação dos monólitos, cada profundidade foi avaliada em separado. Na avaliação da resistência do solo à penetração, as médias foram obtidas a partir das oito repetições já indicadas.

Em todas as comparações, os dados foram submetidos à avaliação prévia das condições de normalidade e homocedasticidade pelos testes Shapiro-Wilk e Bartlett ($p < 0,05$), respectivamente. Na sequência, os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e a comparação de médias foi realizada pelo teste Tukey ($p < 0,10$). Todas as análises foram realizadas no software R 4.2.1 (R CORE TEAM, 2022) utilizando os pacotes ExpDes.pt 1.2.2 (FERREIRA *et al.*, 2021) e multcomp 1.4-20 (HOTHORN, 2022).

Resultado e discussão

Atributos físicos

Os resultados obtidos revelaram efeitos diferenciados dos fatores em estudo (sombra e estação do ano) nas variáveis avaliadas. Efeito isolado da sombra e dos momentos de avaliação afetaram a Ds, enquanto a interação desses dois fatores em estudo influenciou apenas a PT. Macro e microporosidade não foram afetadas pelos tratamentos.

A densidade do solo foi incrementada com a sombra e a estação seca (Figura 1a). O efeito das árvores pode ser atribuído à aglomeração dos animais nestas áreas para ruminar e descansar, tendo em vista as temperaturas mais agradáveis. O efeito da estação seca pode ser atribuído ao maior crescimento da forrageira na época chuvosa, que implica em maior volume de raízes, com potencial de redução da Ds, bem como ao avançar do processo de pastejo.

Em pastagens arborizadas ou, no caso deste estudo, em piquetes com árvores há uma tendência do gado de se concentrar abaixo dos indivíduos arbóreos para ruminar ou refrescar do sol, aumentando a compactação do local (MACHADO, 2010). Com a estação chuvosa precedeu a estação seca, a maior Ds nesta última pode ser reflexo do efeito acumulativo do pastejo.

A porosidade total (PT) do solo não refletiu tão claramente os efeitos dos tratamentos sobre a densidade do solo. Incrementos nos valores de Ds são associados à redução de porosidade do solo. Na estação chuvosa, não se verificaram diferenças entre a área sombreada e a pleno sol, muito provavelmente pelo efeito da maior umidade do solo (Figura 1 b). Já na estação seca, inesperadamente e de forma não coerente com os valores de Ds, a área a pleno solo apresentou maior porosidade do que a sombreada.

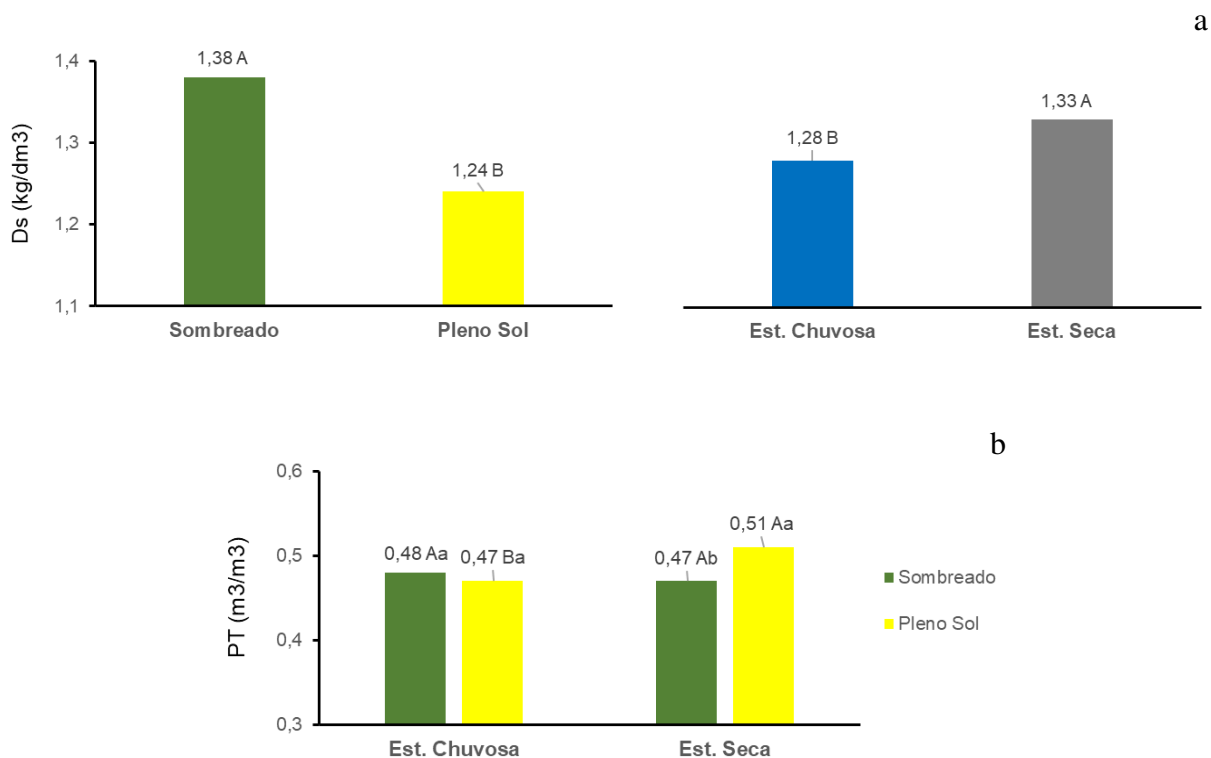


Figura 1 – Densidade do solo (Ds) e porosidade total (PT) obtidas em pastagens em resposta ao sombreamento e épocas do ano de avaliação. No gráfico de PT, letras minúsculas comparam época do ano dentro do mesmo manejo, e letras maiúsculas comparam mesmo manejos dentro da mesma estação do ano.

Ainda que com alguns resultados não esperados, os dados obtidos indicam uma maior densidade do solo próximo sob a copa das árvores. Ainda que exista um efeito histórico dessa acumulação localizada de animais próximos das árvores, uma vez que a área já era usada como pastagem mesmo antes do piqueteamento, os resultados obtidos indicam a necessidade do aumento do número de árvores no piquete. Este procedimento é importante para minimizar o efeito do pisoteio localizado sob as árvores, mesmo quando o manejo se dá por rotação em piquetes e com número reduzido de animais, como é o caso da área em estudo. Na propriedade, a rotação considera o rodízio de três a quatro animais permanecendo de três a quatro dias por piquete com, aproximadamente, 1.000 m².

A resistência mecânica do solo à penetração (RP) da pastagem sob sombreamento e a pleno sol foi incrementada com a redução da umidade do solo na estação seca (Figura 2 e Tabela 1). No final das chuvas, a resistência do solo à penetração não difere entre as áreas sombreadas e a pleno sol até 15 cm de profundidade. A partir daí na área sombreada verificam-se maiores valores de RP. Na estação seca, a pastagem a pleno sol apresentou RP maior do que na sombra até 25 cm, invertendo-se este comportamento a partir desta profundidade.

Os resultados evidenciam o fato de que a época de coleta determina muito a umidade e, portanto, afeta os valores de resistência do solo à penetração podendo, eventualmente, suplantam até mesmo o efeito do próprio manejo que está sendo avaliado.

Os valores de RP na estação chuvosa praticamente não superam o limite de 2 MPa, tido como limitante ao desenvolvimento da maioria das raízes (SOUZA *et al.*, 2020). Entretanto, no final da época seca, tais valores foram superiores a este limite, havendo potencial comprometimento ao desenvolvimento radicular.

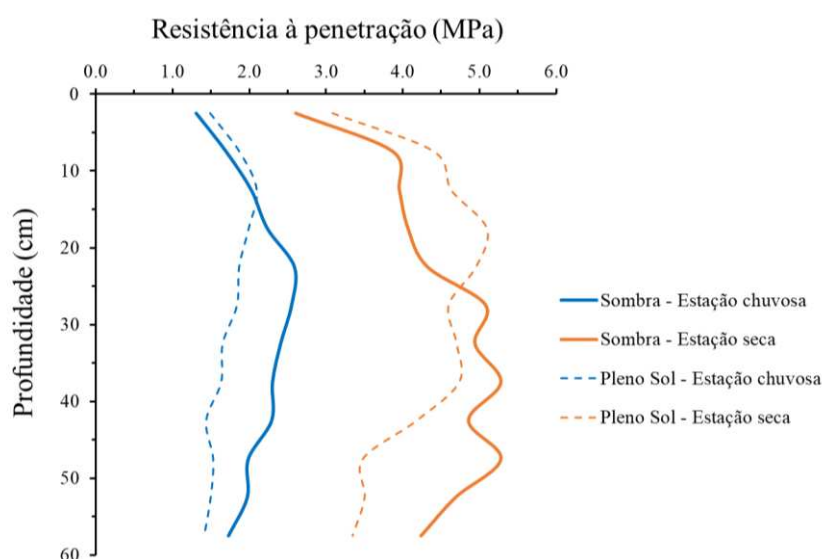


Figura 2 - Resistência mecânica do solo à penetração em pastagem sombreada e mantida a pleno sol na estação chuvosa e seca.

Tabela 1 - Umidade do solo nas áreas de pastagem sombreada e a pleno sol em duas estações do ano

Prof. (cm)	Sombra		Pleno Sol	
	Estação chuvosa	Estação Seca	Estação chuvosa	Estação Seca
	----- kg/kg -----			
0 - 10	0,35	0,20	0,20	0,18
10 - 20	0,30	0,20	0,32	0,14
20 - 30	0,28	0,23	0,37	0,16
30 - 40	0,29	0,28	0,41	0,19

Atributos biológicos

A Tabela 2 apresenta a identificação dos organismos encontrados nos finais das estações chuvosa e seca, nas diferentes formas de captura. De forma consolidada, considerando todas as formas de coleta efetuada, foram capturados 197 morfotipos ao final das chuvas, e 141, ao final da seca. Ainda de forma consolidada, as mesmas ordens de macrofauna foram identificadas ao final das duas estações (chuvas/seca): Araneae (n = 4/3), Coleoptera (n = 11/8), Diptera (n = 8/4), Haplotaxida (n = 81/63), Hymenoptera (n = 72/34), Isoptera (n = 8/18), Lepidoptera (n = 2/4), Orhoptera (n = 10/5) e Quilópode (n = 1/1). Apenas a ordem Blattodea apresentou morfotipo (n = 1) capturado apenas em uma estação (seca). Nos monólitos não foram identificados indivíduos apenas da ordem Araneae, enquanto nos pitfalls não se observaram Blatodea, Isoptera, Lepidoptera e Quilópode. O uso de monólitos permitiu a captura de mais indivíduos (n = 233), sendo 193 no final das chuvas e 40 no final da seca, enquanto com pitfall (n = 102) foram capturados 72 e 33 nas duas estações, respectivamente.

A análise das variáveis biológicas mostrou efeito da sombra aumentando a abundância de organismos coletados via monólito nas profundidades de 0 a 10 e de 10 a 20 centímetros. Quando a forma de captura da fauna foi o *pitfall*, efeitos dos tratamentos sobre essa mesma variável foram verificados pela interação entre estação do ano e local de coleta. Por sua vez, a riqueza da macrofauna não foi influenciada pelos tratamentos avaliados.

Tabela 2 – Tabela de organismos encontrados nas áreas sombreadas e a sol pleno

Data	Ponto	Ordem	Área sombreada			Área a pleno sol		
			Monólito		Pitfall	Monólito		Pitfall
			0-10 cm	10-20 cm		0-10 cm	10-20 cm	
30/03/2022 (final da estação chuvosa)	R1	Coleoptera			3			
		Coleóptero (larva)		1				
		Diptera	2	1				
		Haplotaxida	11	22		1		
		Hymenoptera				3		3
		Lepidoptera (larva)	1			1		
	R2	Diptera			1		2	
		Haplotaxida	21	2		5	1	
		Hymenoptera						6
		Isoptera					3	
	R3	Araneae (grande)						1
		Araneae (pequena)						3
		Diptera				2		
		Haplotaxida			3	1	1	
		Hymenoptera			5			1
		Quilópode					1	
	R4	Coleoptera			1	2		
		Haplotaxida				2		
		Hymenoptera			1			4
		Hymenoptera (marrom)	3	3				
		Hymenoptera (preta)	6	18				
Isoptera					2			
Orthoptera				1			2	
R5	Coleoptera			1				
	Coleoptera (larva)		3					
	Haplotaxida	9	1			1		
	Hymenoptera					3	2	
	Hymenoptera (preta)		3	2				
	Hymenoptera (marrom)		9					
	Isoptera				3			
	Orthoptera			1	1			
	Orthoptera (grande)						3	
	Orthoptera (pequena)						1	

Data	Ponto	Ordem	Área sombreada			Área a pleno sol		
			Monólito		Pitfall	Monólito		Pitfall
			0-10 cm	10-20 cm		0-10 cm	10-20 cm	
3/10/2022 (final da estação seca)	R1	Coleoptera	5					
		Haplotaxida	10	8				
		Hymenoptera			5			
		Isoptera	1					
		Orthoptera			1			
	R2	Araneae		1		1		
		Coleoptera				1		
		Diptera		2				
		Haplotaxida	8	1			1	
		Hymenoptera			8			3
		Isoptera				6		
		Lepidoptera (larva)		1				
	R3	Araneae			1			1
		Coleoptera					1	
		Haplotaxida	1	9		1		
		Hymenoptera			2			2
		Isoptera				8		
		Lepidoptera (larva)		1		1		
		Orthoptera			1			
	R4	Haplotaxida	9	7		2		
Hymenoptera				2			1	
Hymenoptera (marrom)						2		
Hymenoptera (preta)						2		
Isoptera					3			
Lepidoptera (larva)			2					
R5	Blattodea					1		
	Coleoptera (larva)					1		
	Diptera	2						
	Haplotaxida		2			4		
	Hymenoptera	6				1		
	Orthoptera					1		
	Orthoptera (grande)			1				
	Orthoptera (pequena)			1				
	Quilópode		1					

O maior número de macrorrorganismos (abundância) edáficos capturados nos monolitos nas duas profundidades avaliadas foi verificado na área arborizada da pastagem (Figura 3), corroborando os resultados obtidos por PAIVA *et al.*, 2019; VAZQUEZ *et al.* (2020); HECK (2020) e HERNÁNDEZ-CHÁVEZ *et al.*, (2020). Esses autores afirmam que ambientes pastoris mais biodiversos sustentam maior abundância de macrorrorganismos hipogéicos. A presença de árvores na pastagem confere maior quantidade e qualidade de alimento e habitat para estes animais, por meio da criação de microclimas, resíduos vegetais diversos, inclusive ricos em lignina, possibilitando uma maior presença destes macrorrorganismos (DIAS *et al.*, 2007). Os efeitos dos tratamentos foram restritos à diferença de manejo, não havendo diferenças entre as avaliações da abundância nas duas estações do ano.

A opção por dividir os monólitos em duas camadas, procedimento incomum em estudos com fauna do solo, foi considerada interessante, corroborando a indicação de que esta forma de discriminação proporciona maior sensibilidade quanto aos macrorrorganismos de maior mobilidade no solo (RAMIREZ-SUAREZ, 2018). Não foi efetuada comparação entre as profundidades de coleta, uma vez que profundidade não é um fator independente.

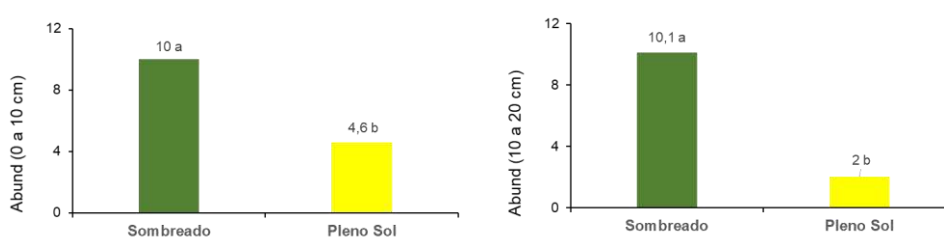


Figura 3 - Abundância da macrofauna edáfica presente em monolitos coletados em duas profundidades de solo (0 a 10 cm e 10 a 20 cm) em áreas de pastagem sombreada e mantida a pleno sol. Valores médios por coleta (n = 10, cinco em cada estação).

Neste estudo ficou evidente a maior abundância de organismos das ordens Haplotaxida e Hymenoptera nas áreas de pastagens em todos os tratamentos. Esses “engenheiros do ecossistema” (LAVELLE *et al.*, 2016) são frequentemente presentes em agroecossistemas e associados a diferentes funções do solo (BLOUIN *et al.*, 2013; FROUZ & JILKOVÁ, 2008). No caso das formigas, Heck *et al.* (2020) também verificaram predomínio deste grupo ao avaliar pastagens arborizadas na região da Mata Atlântica, mesmo bioma do presente estudo. A autora indica a mirmecofauna como boa bioindicadora das condições ambientais por sua rápida resposta às alterações no meio provocadas pelas alterações de manejo adotadas.

Efeitos dos tratamentos também foram verificados sobre a abundância de indivíduos epigéicos quando a armadilha utilizada foi o *pitfall* (Figura 4). Na estação chuvosa, tal

abundância foi maior na área a sol pleno, enquanto na seca, a superioridade desta variável foi associada à área sombreada. Apenas de forma especulativa, pode-se imaginar que o preenchimento dos poros do solo com água na estação chuvosa pode afugentar a fauna. Desta forma, na época chuvosa esses organismos buscariam áreas menos úmidas (pleno sol). De forma oposta, na época seca, a busca é por ambientes mais úmidos e não saturados, o que é encontrado sob a copa das árvores.

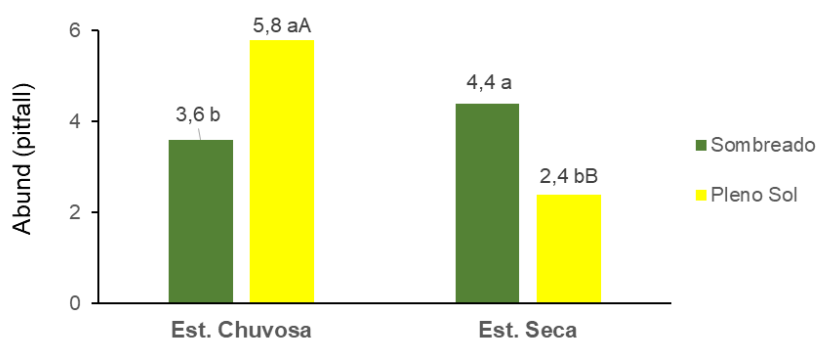


Figura 4 - Abundância da macrofauna edáfica coletada em armadilha pitfall em áreas de pastagem sombreada e mantida a pleno sol, em duas estações do ano. Valores médios por coleta em cada estação (n = 5).

Não se verificaram efeitos dos tratamentos sobre a riqueza de morfotipos avaliadas nas duas profundidades dos monólitos e nem nas armadilhas *pitfall*. O valor médio da riqueza de morfotipos de organismos capturados pelos *pitfalls* das diferentes áreas foi de 1,8 na área sombreada e de 1,9 na área a sol pleno. Desta forma, a pequena diversidade de animais capturadas nas duas áreas e nas duas estações não permitiu confirmar maior riqueza e abundância da fauna edáfica em pastagens arborizadas como hipotetizado e também como verificado por PAIVA *et al.*, (2019) em pastagens formadas por braquiária no estado de Minas Gerais.

As árvores foram capazes de influenciar também a fauna epigéica de forma diversa em relação às estações do ano. A maior abundância de organismos encontrada nas áreas sombreadas durante a estação seca pode ser atribuída a uma maior quantidade de resíduos que caem das árvores, funcionando como incremento na quantidade e qualidade de alimento e habitat para esses organismos que vivem sobre a superfície do solo. Durante a estação chuvosa este padrão se inverteu, sem que se pudesse indicar algum motivo que justificasse tal observação.

De uma forma geral, os atributos físicos e biológicos do solo foram afetados pela introdução de árvores nas pastagens (SAFs pastoris), coincidindo com estudos semelhantes realizados no Piauí (LIMA, 2010) e Ceará (FIALHO, 2021).

Conclusões

A arborização de pastagens deve considerar efeitos negativos sobre a compactação do solo sob a copa das árvores tendo em vista a concentração de animais nessas áreas sombreadas. O aumento do número de árvores nas pastagens pode minimizar este problema.

A presença de árvores nas pastagens promove ganhos na abundância da fauna edáfica, um componente relevante da biodiversidade e que apresenta potencial de contribuir com a qualidade do solo.

Agradecimentos

Os autores são gratos ao agricultor e sua família pela cessão da área e participação nas atividades do projeto. Ao Departamento de Solos e Programa de Pós-graduação em Agroecologia da UFV, pelo suporte ao projeto. Ao apoio logístico do Centro de Tecnologias Alternativas da Zona da Mata (CTA-ZM) e Sindicato dos Trabalhadores(as) na Agricultura Familiar de Divino-MG (SINTRAF-Divino). E ao Programa Interinstitucional FOREFRONT (Programa Internacional de Pesquisa, uma parceria UFV - Universidade de Wageningen - Universidade Nacional Autônoma - Colegio de La Frontera Sur).

Referências Bibliográficas:

- AHRENS, D. C. et al. **Viabilidade socioeconômica de um sistema silvipastoril em transição agroecológica**. Cadernos de Agroecologia, v. 9, n. 1, 2014.
- ANDERSON, J. M.; INGRAM, J. S. I. **A handbook of methods**. CAB International, Wallingford, Oxfordshire, v. 221, 1993.
- BENTO, G. P.; SCHMITT FILHO, A. L.; FAITA, M. R. **Sistemas silvipastoris no Brasil: uma revisão sistemática**. *Research, Society and Development*, v. 9, n. 10, p. e7019109016-e7019109016, 2020.
- BIGARDI, L. **Árvores na pastagem melhoram a qualidade do solo e de forragens**. Dissertação de mestrado em Agroecologia - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa - Minas Gerais. 2016.
- BLOUIN et al. **A review of earthworm impact on soil function and ecosystem services**. *European Journal of Soil Science*, v. 64, n. 2, p. 161-182, 2013.

- BROWN, G. G. et al. **Biodiversidade da fauna do solo e sua contribuição para os serviços ambientais.** 2015.
- DIAS, P. F. et al. **Efeito de leguminosas arbóreas sobre a macrofauna do solo em pastagem de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu.** Pesquisa Agropecuária Tropical, v. 37, n. 1, p. 38-44, 2007.
- FAO, ITPS, GSBI, SCBD, EC. 2020. **State of knowledge of soil biodiversity - Status, challenges and potentialities, Report 2020.** Rome, FAO.
- FARIA, G. J. et al. **Espécies arbóreas nativas para composição de sistemas silvipastoris agroecológicos.** 2013.
- FERREIRA, E. B.; CAVALCANTI, P. P.; NOGUEIRA, D. A. **Pacote Experimental Designs.** 2021.
- FIALHO, J. S. et al. **Pedofauna diversity in traditional and agroforestry systems of the Brazilian semi-arid region.** Journal of Arid Environments, v. 184, p. 104315, 2021.
- FROUZ, J & JILKOVÁ, V. **The effect of ants on soil properties and processes (Hymenoptera: Formicidae).** Myrmecological News, v. 11, p. 191-199, 2008.
- HECK, A. C. et al. **Diversidade e composição de formigas no sistema silvipastoril com núcleos: a reabilitação ecológica de agroecossistemas inspirada na nucleação aplicada.** 2020.
- HERNÁNDEZ-CHÁVEZ, M.B. et al. **Biodiversidad y abundancia de la macrofauna edáfica en dos sistemas ganaderos en Sancti Spíritus, Cuba.** Pastos y Forrajes, v.43, p.18-25, 2020.
- HOBBEIN, R.R.; CONWAY, C.J. **Pitfall traps: A review of methods for estimating arthropod abundance.** Wildlife Society Bulletin, v.42, p.597-606, 2018.
- HOTHORN, T. **Simultaneous Inference in General Parametric Models.** 2022.
- IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia Estatística.** Divino. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/divino/panorama>> Acessado em: 02 de Junho de 2023.
- LAVELLE, P. et al. **Ecosystem engineers in a self-organized soil: a review of concepts and future research questions.** Soil Science, v.181, p.91-109, 2016.
- LIMA, I. M. A.; DE ARAÚJO, M. C.; BARBOSA, R. S. **Avaliação das propriedades físicas do solo em sistemas silvipastoris, região centro-norte, estado do Piauí.** Agropecuária Científica no Semiárido, v. 9, n. 1, p. 117-124, 2013.
- LIMA, S. S. et al. **Relação entre macrofauna edáfica e atributos químicos do solo em diferentes agroecossistemas.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 45, p. 322-331, 2010.
- MACHADO, L.C.P. **Pastoreio Racional Voisin: tecnologia agroecológica para o 3º Milênio.** 2ª ed. São Paulo: Expressão Popular, 2010.
- MOREIRA, F.M.S.; HUISING, E.J.; BIGNELL, E.B. **Manual de biologia dos solos tropicais: amostragem e caracterização da biodiversidade.** 1ª ed. Lavras: UFLA, 2020.
- PAIVA, I. G. et al. **Entomofauna associada aos sistemas de pastagem convencional e silvipastoril.** 2019.
- R CORE TEAM. **R: A Language and Environment for Statistical Computing.** 2022.

- RAMIREZ-SUAREZ, W. M. et al. **Performance of the edaphic macrofauna in animal husbandry systems, in a productive entity of the Yaguajay municipality, Cuba.** Pastos y Forrajes, v. 41, n. 4, p. 259-265, 2018.
- ROSA, M. G. et al. **Macrofauna edáfica e atributos físicos e químicos em sistemas de uso do solo no planalto catarinense.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 39, p. 1544-1553, 2015.
- SOUZA, J. F. D. et al. **Compactação do solo em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta após cinco anos de implantação e uso.** Revista de Ciências Agroveterinárias, v. 19, n. 3, p. 348-353, 2020.
- STEENBOCK, W.; VEZZANI, F. M. **Agrofloresta: aprendendo a produzir com a natureza.** Curitiba: Editora UFPR, v.201, 2013.
- VAZQUEZ, E. et al. **Pasture diversification affects soil macrofauna and soil biophysical properties in tropical (silvo) pastoral systems.** Agriculture, Ecosystems & Environment, v. 302, p. 107083, 2020.
- ZIMMER, A.H. *et al.* **Integração lavoura-pecuária-floresta no Brasil: histórico e perspectivas para o desenvolvimento sustentável.** In: In: congresso latinoamericano de sistemas agroflorestais para a produção pecuária sustentável, 7., 2012, Belém, PA. Sistemas silvipastoris, o caminho para a economia verde na pecuária mundial. Belém, PA: UFPA, 2013.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo avaliou o efeito do manejo agroecológico de pastagens sobre a qualidade do solo, com foco especial na macrofauna edáfica. No primeiro capítulo, o objetivo foi avaliar a percepção dos agricultores familiares em relação a esta prática e a esses organismos da vida do solo. No segundo capítulo, buscou-se avaliar o efeito da prática de piqueteamento sobre a riqueza e abundância da macrofauna edáfica nas pastagens. No terceiro capítulo, o foco foi averiguar como a presença de árvores nas pastagens pode afetar a dinâmica da macrofauna edáfica. Nos dois últimos capítulos, a qualidade física dos solos também foi avaliada em resposta à introdução do manejo por piquetes rotacionados.

Os resultados obtidos indicam que o redesenho agroecológico de pastagens com base no piqueteamento, controle da taxa de lotação, eletrificação de cercas, manejo agroecológico do solo e presença de árvores é satisfatório aos anseios e desejos do agricultor. Com esta experiência, o agricultor foi capacitado para executar um planejamento forrageiro baseado no controle da altura do capim; de desenvolver critérios próprios para a inclusão de novas árvores na área; e de planejar a expansão das áreas piqueteadas. Tais habilidades aprimoradas e adquiridas no decorrer do projeto revelam o empoderamento e ganho de autonomia na tomada de decisão do futuro da unidade familiar de produção.

A lida histórica no campo proporcionou ao agricultor familiaridade sobre a macrofauna do solo e a ação desses organismos no agroecossistema, o que permitiu que ele fosse capaz de identificar diferentes táxons presentes nos sistemas avaliados.

A adoção do piqueteamento rotacionado foi capaz de alterar características físicas e biológicas associadas à qualidade do solo. Mesmo com apenas um ano de implantação, o manejo com piquetes foi capaz de reduzir a compactação do solo. Por sua vez, a dinâmica da fauna edáfica foi pouco influenciada neste primeiro ano de adoção, muito embora ganhos de riqueza tenham sido verificados com o passar do tempo de pastejo.

A presença de árvores nas pastagens e, conseqüentemente, da sombra onde os animais se concentram, aumenta a densidade do solo e alterou a ocorrência da macrofauna edáfica sendo afetado tanto no número total de indivíduos como também na riqueza de morfotipos.

A presença de árvores nas pastagens proporcionou ganhos na abundância da macrofauna hipogéica, fator interessante para a melhoria da ciclagem de nutrientes e melhoria da qualidade física do solo. Tendo em vista o potencial de incremento da compactação do solo nas áreas sombreadas torna-se interessante reavaliar o número de árvores nos piquetes, buscando-se um número maior que possa permitir maior dispersão dos animais, reduzindo assim o efeito de sua concentração sob poucos indivíduos arbóreos.