

Dinâmica da Fertilidade dos Solos nas Áreas dos Corredores Agroecológicos dentro de uma Abordagem Integral

Caracterização e acompanhamento de
aspectos químicos, físicos e biológicos



*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

**BOLETIM DE PESQUISA
E DESENVOLVIMENTO
374**

**Dinâmica da Fertilidade dos Solos nas
Áreas dos Corredores Agroecológicos
dentro de uma Abordagem Integral**

**Caracterização e acompanhamento de
aspectos químicos, físicos e biológicos**

Cicero Donizete Pereira
Cintia Carla Niva
Fábio Bueno dos Reis Jr
Flávia Aparecida de Alcântara
Guilherme Montandon Chaer
Juaci Vitória Malaquias
Ieda de Carvalho Mendes
Cynthia Torres de Toledo Machado

Embrapa

Cerrados

MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO



CGPE 016834

Exemplar desta publicação disponível gratuitamente
no link: <https://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/consulta/?initQuery=t>
(Digite o título e clique em "Pesquisar")

Embrapa Cerrados
BR 020, Km 18, Rod. Brasília / Fortaleza
Caixa Postal 08223
CEP 73310-970, Planaltina, DF
Fone: (61) 3388-9898
Fax: (61) 3388-9879
embrapa.br/cerrados
embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicações
da Unidade

Presidente
Lineu Neiva Rodrigues

Secretária-executiva
Alessandra Duarte de Oliveira

Secretária
Alessandra S. G. Faleiro

Membros
Alessandra Silva Gelape Faleiro; Alexandre Specht; Edson Eyji Sano; Fábio Gelape Faleiro; Gustavo José Braga; Jussara Flores de Oliveira Arbues; Kleberson Worsley Souza; Maria Madalena Rinaldi; Shirley da Luz Soares Araujo

Supervisão editorial e revisão de texto
Jussara Flores de Oliveira Arbues

Revisão de abstract
Margit Bergener L. Guimarães

Normalização bibliográfica
Shirley da Luz Soares Araújo

Projeto gráfico da coleção
Carlos Eduardo Felice Barbeiro

Editoração eletrônica
Leila Sandra Gomes Alencar

Fotos da capa
*Altair Toledo Machado
Breno Lobato
Cynthia Torres de Toledo Machado*

1ª edição
1ª impressão (2021): tiragem 30 exemplares

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte,
constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Cerrados

D583 Dinâmica da fertilidade dos solos nas áreas dos corredores agroecológicos dentro de uma abordagem integral : caracterização e acompanhamento de aspectos químicos, físicos e biológicos / Cicero Donizete Pereira... [et al.]. – Planaltina, DF : Embrapa Cerrados, 2021.

68 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Cerrados, ISSN 1676-918X, ISSN online 2176-509X, 374).

1. Indicador. 2. Qualidade do solo. 3. Atividade enzimática. I. Pereira, Cicero Donizete. II. Embrapa Cerrados. III. Série.

CDD (21 ed.) 631.4

Sumário

Resumo	5
Abstract	6
Introdução.....	7
Material e Métodos	9
Resultados e Discussão	27
Conclusões.....	60
Agradecimentos.....	62
Referências	62

Dinâmica da Fertilidade dos Solos nas Áreas dos Corredores Agroecológicos dentro de uma Abordagem Integral: caracterização e acompanhamento de aspectos químicos, físicos e biológicos

Cicero Donizete Pereira¹; Cintia Carla Niva²; Fábio Bueno dos Reis Jr³; Flávia Aparecida de Alcântara⁴; Guilherme Montandon Chaer⁵; Juaci Vitória Malaquias⁶; Ieda de Carvalho Mendes⁷; Cynthia Torres de Toledo Machado⁸

Resumo – O objetivo desse estudo foi caracterizar a fertilidade dos solos avaliando aspectos químicos, físicos e biológicos para interpretar o funcionamento dos corredores agroecológicos implantados nas Fazendas Corinalves (Catalão, GO) e Piracanjuba (Silvânia, GO). Na Fazenda Corinalves, o cultivo dos corredores, com correção e adubação balanceadas, melhoraram a fertilidade do solo. Na Fazenda Piracanjuba, uma área naturalmente mais fértil, a introdução desse sistema manteve ou melhorou a fertilidade. Quanto à atividade micorrízica, de maneira geral, a densidade de glomerosporos e os teores de glomalina diminuíram, mas o potencial de inóculo permaneceu estável. Para as enzimas indicadoras da qualidade de solo, na Corinalves, houve diminuição da atividade da β -glicosidase, arilsulfatase e fosfatase ácida após a implantação dos corredores, com recuperação no ano seguinte; na Piracanjuba, as atividades dessas enzimas não variaram. A riqueza de microminhocas aumentou no segundo ano de cultivo dos corredores apenas na Piracanjuba, mas os resultados da atividade da fauna edáfica foram inconclusivos para mostrar o efeito dos corredores. Variações nos componentes químicos, físicos e biológicos dos solos, por mudanças no uso da área e manejo, ocorrem a médio e a longo prazo, pela natureza dinâmica desses atributos. Avaliações subsequentes são necessárias para a validação dos corredores agroecológicos como sistema de produção.

Termos para indexação: indicadores de qualidade do solo, atividade enzimática, fungos micorrízicos arbusculares, fauna edáfica, sistemas agroecológicos.

¹ Engenheiro-agrônomo, doutor em Genética e Bioquímica, pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

² Bióloga, Ph.D. em Ciência Molecular, pesquisadora da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

³ Engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia, pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

⁴ Engenheira-agrônoma, doutor em Ciência do Solo, pesquisadora da Embrapa Arroz e Feijão, Goiânia, GO

⁵ Engenheiro Agrônomo, Ph.D. em Ciência do Solo, pesquisador da Embrapa Agrobiologia, Seropédica, RJ

⁶ Estatístico, mestre em Ciência de Materiais em Modelagem e Simulação Computacional, Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

⁷ Engenheira-agrônoma, Ph.D. em Ciência do Solo, pesquisadora da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

⁸ Engenheira-agrônoma, doutora em Agronomia, pesquisadora da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

Soil Fertility Dynamics in Agroecological Corridors: a comprehensive approach based on characterization and monitoring of chemical, physical, and biological aspects

Abstract – The aim of the study was to characterize soil fertility by evaluating its chemical, physical and biological aspects in order to understand the functioning of agroecological corridors established at the Corinalves (Catalão, GO) and Piracanjuba (Silvânia, GO) farms. At Corinalves, cultivation of corridors, with balanced fertilization, improved soil fertility. At Piracanjuba, a naturally more fertile area, soil fertility was maintained or improved after the introduction of this system. Regarding mycorrhizal activity, in general, there was a decrease in glomerospores density and glomalin. However, the inoculum potential remained stable. Regarding the enzymes that indicate soil quality, at Corinalves there was a decrease in β -glucosidase, arylsulfatase and acid phosphatase activities after implementation of the corridors, with recovery in the following year. At Piracanjuba, the activities of these enzymes did not vary. The richness of potworms increased in the second year, only at Piracanjuba. Results were not conclusive about the effects of the corridors on the activity of edaphic fauna. Variations in chemical, physical and biological components of the soil occur in the medium and long terms, due to the dynamic nature of these attributes thus, subsequent evaluations are necessary for validation of agroecological corridors as a production system.

Index terms: soil quality indicators, enzymatic activity, arbuscular mycorrhizal fungi, edaphic fauna, agroecological systems.

Introdução

Os '*corredores agroecológicos*' são faixas contínuas e intercaladas de diferentes cultivos alimentares e de diferentes espécies de cobertura, planejadas de modo que sejam rotacionadas no tempo e manejadas seguindo as premissas da produção de base agroecológica. A estratégia representa a síntese do manejo da agrobiodiversidade, em que o *corredor* combina, nos consórcios e sucessões de espécies de interesse, as melhores variedades escolhidas pelos agricultores. As variedades/genótipos mais adaptados são definidos a partir de ensaios de competição e seleção participativos, prévios e locais, escolhidos pela produtividade ou características específicas (Machado; Machado, 2015).

O *corredor* possui por finalidade a produção de alimentos e de sementes em nível comunitário ou de propriedade, além de promover a diversificação de cultivos e a melhoria nas condições de fertilidade dos solos e no manejo de pragas e doenças pela multifuncionalidade das espécies que o compõe. A composição das faixas alterna cultivos alimentares com espécies de adubos verdes, plantas de cobertura ou outras, como aromáticas e condimentares. Essa estrutura é alterada nos plantios subsequentes com a inversão das faixas: as de cultivos alimentares são substituídas por faixas de plantas recuperadoras da fertilidade, como os adubos verdes (Machado; Machado, 2015).

Para validar esse sistema de produção são necessários alguns estudos, além da determinação do comportamento produtivo das principais culturas ou espécies, e estes incluem o acompanhamento da fertilidade dos solos e a ocorrência de pragas, doenças e plantas espontâneas. O efeito dessa estrutura de consórcios e rotações no funcionamento dos solos e, em contrapartida, a influência dos atributos do solo na produção das culturas, devem ser determinados.

A fertilidade dos solos, dentro de uma perspectiva agroecológica, é a construção e a manutenção da sua capacidade em fornecer as condições necessárias para o crescimento das plantas. É o resultado do equilíbrio das condições físicas, químicas e biológicas, sendo a promoção dos componentes biológicos do solo (macro e microrganismos) essencial, seja para a decomposição dos resíduos ou fontes orgânicas, seja para otimizar o acesso de fontes de nutrientes de menor solubilidade (Alcântara, 2017; El Mujtar et al, 2019; Brown et al, 2015).

Assim, no presente trabalho, foi proposto um conjunto de atividades para a condução de estudos sobre a dinâmica de nutrientes e da matéria orgânica no ambiente dos corredores. Além disso, foram avaliados atributos biológicos associados à fertilidade do solo e nutrição das plantas, em função de práticas de manejo como consórcios e rotações e o uso de fontes de adubação alternativas.

Além das características químicas e físicas dos solos, determinou-se a atividade micorrízica e de três enzimas extracelulares, além da estimativa da fauna edáfica, representada pelos enquitreídeos, todos envolvidos em processos relacionados à decomposição da matéria orgânica e/ou ciclagem de nutrientes.

Os fungos micorrízicos arbusculares (FMA) associam-se com raízes da maioria das plantas vasculares, sendo de grande importância para as espécies cultivadas. Estes fungos atuam como um complemento do sistema radicular (Miranda, 2008). Um dos efeitos mais evidentes dessa associação é o nutricional, pela promoção da absorção de nutrientes pouco móveis e/ou que existem em baixas concentrações ou em formas pouco disponíveis nos solos. Esses fungos desempenham importante função na absorção de água e na formação e estabilização de agregados pela ação física e/ou produção da proteína glomalina pelas hifas (Siqueira; Saggin Júnior, 1995; Bago et al., 2000; Miranda, 2008; Gomathy et al, 2018).

As enzimas extracelulares atuam em várias reações que resultam na decomposição de resíduos orgânicos, ciclagem de nutrientes, formação da matéria orgânica (MOS) e da estrutura do solo (Mendes et al., 2019). A maior parte das enzimas do solo são de origem microbiana, embora plantas e animais também contribuam como possíveis fontes. As análises de atividade enzimática, especialmente fosfatase ácida, β -glicosidase e arilsulfatase, têm sido indicadas para estudos de qualidade dos solos, pois, essas são tidas como indicadores de grande sensibilidade às mudanças que ocorrem nos solos em função do seu manejo (Mendes et al., 2019). A fosfatase ácida é responsável pela mineralização do P orgânico no solo. A β -glicosidase é uma exocelulase que atua no final da decomposição da celulose, convertendo os resíduos de celobiose em glicose, importante fonte de energia para as comunidades microbianas no solo. A arilsulfatase catalisa a hidrólise de ésteres-sulfatos com liberação do ânion sulfato. Dessa forma, essas enzimas fazem parte da ciclagem do fósforo (P), do carbono (C) e do enxofre (S) no solo.

Os enquitreídeos são microminhocas consideradas engenheiras do ecossistema, especialmente da camada orgânica do solo (Brusaard et al., 2012;

Davidson; Grieve, 2006). Além disso, contribuem na decomposição da matéria orgânica e na ciclagem de nutrientes, alimentando-se de substratos orgânicos em decomposição e dos microrganismos neles presentes (Schmelz et al., 2013; Pelosi; Römbke, 2018). Assim, a densidade populacional e a diversidade dessas microminhocas podem ser sensíveis às condições do solo e do ecossistema e, dessa forma, sofrer variações, comportando-se como potenciais indicadores. A mensuração da atividade alimentar estima o potencial decompositor da biota do solo e da funcionalidade deste (Römbke, 2014).

Essas determinações, com as análises químicas de solo, que estimam os teores de macro e micronutrientes, acidez, formas e teores de nitrogênio, matéria orgânica, além de análises físicas granulometria, densidade e porosidade, permitirão inferir sobre a dinâmica dos nutrientes e sobre os processos condicionadores da fertilidade do solo, possivelmente trazendo indicações sobre o impacto da implantação dos corredores agroecológicos nas áreas estudadas e contribuindo na validação desses sistemas para as condições dos agricultores familiares goianos.

Material e Métodos

O estudo foi conduzido em duas propriedades rurais situadas no estado de Goiás, descritas conforme o histórico das áreas, características edafoclimáticas e estrutura dos corredores nos anos de avaliação.

Fazenda Corinalves, distrito de Santo Antônio do Rio Verde, Catalão, GO

A Fazenda Corinalves localiza-se no distrito de Santo Antônio do Rio Verde, município de Catalão, GO, distando 322 km de Goiânia, a capital do estado. O nome da fazenda é a junção dos sobrenomes do casal proprietário, Corinto e Alves.

O município possui duas paisagens geomorfológicas distintas, uma área plana de chapada, com altitudes oscilando em torno de mil metros e áreas mais acidentadas, entremeadas por vales fluviais, chamados veredas, com altitudes em torno de 800 m. A vegetação possui elementos de cerrado típico, campo cerrado, cerradão, veredas e até mesmo manchas de mata atlântica. O clima é classificado como tropical de altitude, com duas estações bem

definidas, uma seca de junho a setembro, normalmente, e uma chuvosa, de dezembro a março. A pluviosidade média é estimada em 1,3 mil milímetros (IMB – Painéis Municipais, Catalão, 2016).

A entrada da propriedade localiza-se a 17°55'21,6" de latitude sul e 47°34'28,1" de longitude oeste, estando a aproximadamente 873 m de altitude, numa comunidade conhecida como Olhos d'Água. Essa comunidade está localizada nas proximidades da Hidrelétrica Serra do Facão, construída no Rio São Marcos, que é um dos principais afluentes do Rio Paranaíba cuja bacia hidrográfica pertence, compondo a Região Hidrográfica do Paraná (Goiás, 2005; Reinaldo, 2012). No município de Catalão, predominam os Latossolos Vermelho, Vermelho-Amarelo e os Cambissolos (Resende, 2016). Muito provavelmente, essas classes estão representadas nas diferentes porções da Fazenda Corinalves.

O acesso à Fazenda Corinalves, próxima ao lago da usina, se dá pela GO 506, na altura do km 28, entre o povoado de Pires Belo e o distrito de Santo Antônio do Rio Verde. A topografia na propriedade é típica para áreas de menor altitude, predominando áreas mais acidentadas e uma porção menor mais plana que é a gleba destinada aos plantios do quintal e das roças destinadas ao consumo da família e à comercialização, além da multiplicação das plantas de cobertura e das unidades experimentais, como o corredor agroecológico e ensaios de competição de variedades de milho e feijão. Nenhum curso d'água corta a propriedade, porém, dentro de seus limites, existem, pelo menos, 10 nascentes preservadas.

A área destinada ao corredor agroecológico fica logo na entrada da propriedade, delimitada pelas coordenadas geográficas K 22 UMT; (1) – esquerda superior: 0227249; 8016469; (2) esquerda inferior: 0227260; 8016436; (3) direita inferior: 0227319; 8016480 e (4) direita superior: 0227310; 8016514). Sua exploração teve início há cerca de 30 anos, com o plantio de capim andropogon (*Andropogon gayanus*), que nunca foi reformado, dando origem, de acordo com o produtor, a uma pastagem degradada composta por outras 'gramas' que surgiram com o tempo.

Até o ano de 2014, a área permaneceu coberta por esta vegetação espontânea mesclada com a pastagem degradada de andropogon, com o plantio eventual das lavouras de subsistência. Entre os anos de 1985 e 1994, existia uma antiga estrada de terra que atravessava esta gleba, que, desativada, foi

sendo tomada pela vegetação espontânea e mantida em pousio, enquanto a parte onde não passava a estrada foi sendo cultivada com milho, feijão e mandioca, os cultivos da 'roça'. A partir de 2014, a área toda passou a ser cultivada devido às suas aptidões de relevo plano, extensão e facilidade de manejo, além do solo considerado de boa fertilidade natural. Em 2014, foi feito um plantio de uma mistura de sementes de plantas de cobertura (feijão de porco, guandu anão, mucuna cinza e crotalária juncea), milho, feijão e arroz em faixas, em um desenho semelhante aos atuais corredores. No ano seguinte (2015–2016), a estratégia foi repetida.

O primeiro ciclo dos corredores agroecológicos para acompanhamento se deu em 2016–2017. O plantio e a distribuição das espécies nas faixas preconizaram a exploração da diversidade funcional das espécies e as possibilidades de sinergias entre elas. Dessa forma, alteraram-se, ano após ano, as faixas dos cultivos alimentares principais – milho e feijão – com plantas de cobertura potencialmente recuperadoras de solo, em sistema de rotação.

A variedade de milho escolhida foi a Sol da Manhã, já adaptada às condições locais e melhorada participativamente na fazenda. Entre os feijões, optou-se por variedades cultivadas localmente e outras comerciais.

De maneira geral, os corredores sempre são delimitados por faixas de girassol, pelo seu potencial em atrair insetos benéficos, úteis para as demais plantas que necessitam de polinizadores. Seu porte permite atuar como barreira para vento e pragas também (Machado; Machado, 2015).

Faixas de gergelim sempre margearam as faixas de feijão, pelo potencial de controle de mosca branca e formigas cortadeiras (Araújo et al., 2001; Melo; Bleicher, 2006; Medeiros et al., 2010; Faria et al., 2010). Da mesma forma, linhas de crotalária delimitaram as faixas de milho, por sua ação na multiplicação de tesourinhas e consequente controle da lagarta-do-cartucho do milho (Ribeiro et al., 2016; Dias et al., 2016).

Assim, nos anos de avaliação (2016/2017; 2017/2018 e 2018/2019), a estrutura dos corredores foi a seguinte:

- Ano agrícola 2016/2017: o plantio do corredor foi feito em 1º/12/2016. O preparo do solo foi feito por aração e gradagem de uma área 2.350 m². O corredor foi composto de faixas de girassol (variedade IAC Iarama), gergelim amarelo, crotalária juncea, guandu comum, 6 variedades de

feijões (Rosinha, Roxinho, Preto, IAPAR 5, Roxão e Corinto), dispostas em blocos nas faixas; variedade de milho Sol da Manhã, com abóboras Jacarezinho e Maranhão nas entre linhas, finalizando com girassol e calopogônio (Figura 1). Neste primeiro ano, como os resultados das análises de solo ainda não estavam disponíveis, realizou-se uma adubação fosfatada básica, na dose de 80 kg P₂O₅/ha, aplicando termofosfato magnesiano a lanço na área toda. Não se aplicou biofertilizante e o controle de plantas espontâneas foi feito com cultivador (em média, três vezes durante o ciclo) e enxada.



Figura 1. Representação esquemática dos corredores agroecológicos nos anos agrícolas de 2016/2017, 2017/2018 e 2018/2019 na Fazenda Corinalves, Santo Antônio do Rio Verde, Catalão, GO.

Houve, nesse ciclo, uma seca muito severa. Ainda assim, a área foi mantida em pousio e roçada no início de outubro de 2017, quando se realizaram as amostragens de solo, seguidas do preparo para o plantio do ciclo seguinte.

- Ano agrícola 2017/2018: o plantio do corredor foi em 6/12/2017 em uma área de 2.550 m² (75 m comprimento x 34 m de largura), sobreposta à primeira, incorporando a ponta menor, seguindo aproximadamente as mesmas coordenadas geográficas. Foi iniciado o esquema das rotações entre os cultivos alimentares de milho e feijão e as faixas de plantas condicionadoras de solo: a faixa ocupada por crotalária juncea no ano anterior foi ocupada por milho, com a mesma variedade Sol da Manhã e com o genótipo de abóbora oriundo do cruzamento das variedades plantadas no ano anterior (Jacarezinho x Maranhão), dessa vez, semeada entre as plantas de milho e vice-versa (faixas de milho de 2016 plantadas com crotalária juncea). A faixa de guandu anão de 2016/2017 deu lugar aos blocos de feijão, desta vez, foram plantadas duas variedades – Rosinha e Corinto, as de melhor desempenho no ano anterior, em dois blocos. Da mesma forma, a faixa dos feijões de 2016 deu lugar ao guandu, dessa vez, do tipo anão em 2017. Uma nova faixa de milho com o F1 das abóboras substituiu a crotalária de 2016 e, na sequência, linhas de *Crotalaria ochroleuca* substituíram o milho do ano anterior. Fechando o corredor, linhas de feijão-de-porco e girassol (variedade Catisol 01) (Figura 1). O preparo foi feito com duas gradagens. A correção e a adubação do solo basearam nos resultados das análises de fertilidade e foram utilizados 1,5 t/ha de calcário dolomítico e 100 kg P₂O₅/ha, na forma de termofosfato magnésiano. O calcário foi aplicado com o esparramador e a adubação fosfatada foi feita nas linhas de plantio. O controle de plantas espontâneas foi feito com cultivador (em média, três vezes durante o ciclo) e enxada.

Após a colheita, a área foi mantida em pousio, porém, um período seco ainda mais severo que o do ano anterior obrigou o proprietário a disponibilizar a área e os resíduos dos cultivos para o pastejo por parte do seu rebanho. Assim, para o preparo do ano seguinte, roçou-se a vegetação espontânea em outubro, a amostragem de solo foi feita em novembro e a área gradeada em seguida para o plantio do ciclo seguinte.

- Ano agrícola 2018/2019: o plantio do corredor se deu em 20/11/2018, na mesma área de 2.550 m² (75 m x 34 m), geograficamente correspondente à do ano anterior, preparada por meio de duas gradagens. Neste ano, a correção e a adubação do solo também foram feitas segundo os resultados de fertilidade, tendo sido aplicadas as mesmas doses e formas do ano anterior: 1,5 t/ha de calcário dolomítico e 100 kg P₂O₅/ha, na forma de termofosfato magnésiano. Aplicou-se também esterco de gado curtido, na dose de 8 t/ha, adaptando a esparramadeira de calcário. Pela análise química do esterco (Tabela 1) estima-se a adição de 2.752 kg/ha de matéria orgânica, 1.595 kg/ha de N e 112 kg/ha de K₂O na área. Durante o ciclo, foram realizadas duas capinas com enxada rotativa e uma aplicação do biofertilizante produzido na propriedade (a base de esterco, leite, caldo de cana e água, na proporção de 8:1:3:36), sem dose definida, no milho e nos feijões. Novamente, o controle de plantas espontâneas foi feito com cultivador (em média, três vezes durante o ciclo) e enxada.

Tabela 1. Resultados físico-químicos de adubo orgânico – esterco curtido aplicado na área do corredor agroecológico da Fazenda Corinalves, Catalão, GO, no ciclo 2018–2019.

Parâmetro	Resultado (%)
Umidade a 65°C	6
pH CaCl ₂	7,57
Matéria orgânica	34,4
Nitrogênio total	19,94
Fósforo total (P ₂ O ₅)	<1
Potássio total (K ₂ O)	1,4
Magnésio total (Mg)	0,52
Boro total (B)	<0,1
Cobre total (Cu)	<0,05
Manganês total (Mn)	0,09
Cálcio total (Ca)	0,85
Ferro (Fe)	1,52
Enxofre total (S)	<1,0
Zinco total (Zn)	<0,05

Neste último ano, o corredor novamente foi delimitado por linhas de girassol (Catisol 01) e as rotações tiveram sequência, com a alternância dos adubos verdes e culturas alimentares. De acordo com as observações do próprio agricultor, a crotalária juncea se consolidou como a crotalária mais adequada para o corredor na Fazenda Corinalves, pois a ochroleuca não se desenvolveu bem, não cobriu efetivamente o solo e não multiplicou a tesourinha como a juncea. Essas observações do proprietário foram fundamentais na definição da composição final do corredor neste ano. O feijão-guandu anão também foi preferido ao comum, pela facilidade de manejo, colheita de sementes, adequação do ciclo ao sistema etc. A variedade de milho plantada continuou sendo a Sol da Manhã, selecionada e adaptada há vários anos pelo agricultor. Dessa vez, não se plantou abóbora com o milho no corredor, pois o rendimento da F1 plantada no ano anterior foi insatisfatório. Os feijões semeados foram o Rosinha e o Corinto, em dois blocos na faixa destinada ao feijão, ladeados por gergelim preto e gergelim amarelo (Figura 1).

Após a colheita ao fim do ciclo das espécies, a área foi mantida em pousio e roçada em maio de 2019.

Fazenda Piracanjuba, comunidade da Barrinha, Silvânia, GO

A Fazenda Piracanjuba localiza-se no município de Silvânia, GO, que está a aproximadamente 85 km de Goiânia. O nome da fazenda deve-se ao Rio Piracanjuba, que corta a região, sendo um dos afluentes do rio Corumbá, que, por sua vez, é afluente do Rio Paranaíba, o que faz com que a região de Silvânia pertença à bacia/região hidrográfica do Rio Paraná (Blancaneaux et al., 2007). A propriedade é cortada pelo Ribeirão Jurubatuba, que é afluente do Rio Piracanjuba.

A sede da propriedade localiza-se a 16°33'59,7" de latitude sul e 48°35'52,8" de longitude oeste, estando a 853 m de altitude, na comunidade conhecida como Barrinha, que se localiza entre os municípios de Gameleira de Goiás e Silvânia, com acesso pela GO 437. A fazenda situa-se numa região de planos inclinados, que normalmente partem dos níveis dos cursos d'água (especificamente do Rio Piracanjuba) e elevam-se gradativamente. O apresenta relevo típico da região, suave ondulado (Blancaneaux et al., 2007) com uma parte mais plana à beira do curso d'água, que vai se elevando até

atingir a altitude mais elevada da comunidade, por volta de 1,1 mil metros num ambiente de chapada com declives menos acentuados.

Os tipos climáticos que ocorrem no município são Aw e Cwa, de acordo com a classificação de Köppen. Como Aw ocorre predominantemente nas altitudes inferiores a mil metros, na Fazenda, provavelmente ocorre este tipo climático. Em ambos os casos, o inverno (maio a setembro) é seco e o verão (outubro a abril) é chuvoso, e a pluviosidade média é estimada em 1,3 mil milímetros (Blancaneaux et al., 2007). Na porção do município com essas características de clima e altitude, tendem a predominar os Latossolos Vermelhos e os Vermelhos Amarelos (Blancaneaux et al., 2007).

O plantio dos corredores e a distribuição das espécies nas faixas também seguiram as premissas de exploração da diversidade funcional das espécies e as possibilidades de sinergias entre elas. Como em Catalão, buscou-se alterar as faixas dos cultivos alimentares principais – milho e feijão – com plantas de cobertura potencialmente condicionadoras de solo, em sistema de rotação.

O corredor foi plantado na área da propriedade destinada à roça e às hortalças, numa porção da parte inferior à casa sede, delimitada pelas coordenadas geográficas K 22 UMT (1) – esquerda superior: 0756333; 8166748; (2) esquerda inferior: 0756336; 8166722; (3) direita inferior: 0756363; 8166730 e (4) direita superior: 0756362; 816675.

O manejo dessa área da roça sempre foi orgânico, seja por falta de recursos para aquisição de fertilizantes minerais, seja por opção posterior, em resposta às capacitações e formações dos agricultores proprietários na área de produção orgânica, biodinâmica e agroecológica.

Segundo o proprietário, a gleba destinada à roça era uma mata em regeneração até 2008, quando começou a ser cultivada com milho por cerca de 3 anos (até 2011). Depois desses ciclos, foi mantida em pousio com vegetação espontânea, com predomínio de braquiária e, entre 2013 a 2015, foi cultivada com mandioca e milho.

Nesse período, anterior à implantação dos corredores, o preparo do solo comumente foi realizado com uma gradagem/ano e o controle de invasoras se dava por roçadeira ou enxada. Nunca foi aplicado herbicida na área e uma única calagem foi feita em 2011, na dose de 1 t/ha. Após as colheitas, em todos os anos, a área era mantida em pousio.

Nos anos de avaliação (2016/2017; 2017/2018 e 2018/2019), a estrutura dos corredores foi a seguinte:

- Ano agrícola 2016/2017: o plantio foi realizado em 29/11/2016. O solo foi preparado com arado de disco e enxada e a área mediu 900 m² (30 m x 30 m). Aplicou-se uma dose estimada de adubo fosfatado em torno de 40 kg P₂O₅/ha, na forma de termofosfato magnésiano.

O corredor foi composto de faixas de girassol (variedade IAC Iarama), crotalaria juncea, gergelim amarelo, crotalárias juncea e ochroleuca, seis variedades de feijão (Roxinho do Adair, Preto, Batatinha, Roxão, IAPAR 5), dispostas em blocos nas faixas; variedade de milho MC 20 Taquaral, com abóboras Jacarezinho e Maranhão nas entre linhas (Figura 2). A variedade de milho foi escolhida para atender a demanda dos agricultores por material adequado para milho verde e a Taquaral tem demonstrado bom desempenho na região para este fim. Não se aplicou biofertilizante e foram realizadas cerca de três capinas com enxada.



Figura 2. Representação esquemática dos corredores agroecológicos nos anos agrícolas de 2016/2017, 2017/2018 e 2018/2019, na Fazenda Piracanjuba, comunidade Barrinha, Silvânia (GO).

- Ano agrícola 2017/2018: O plantio foi realizado em 8/12/2017. A área foi novamente georreferenciada de modo a localizar o corredor no espaço correspondente aos anos anteriores. A adubação se respaldou no resultado das análises de solo, quando se aplicou, com a finalidade de manutenção dos níveis adequados, termofosfato magnésiano, na dose de 50 kg P_2O_5 /ha. As rotações entre os cultivos alimentares milho e feijão e as plantas condicionadoras do solo tiveram início nesse ano: a faixa ocupada por crotalária juncea no ano anterior foi ocupada por milho, com a mesma variedade MC 20 Taquaral. O F1 do cruzamento das abóboras foi plantado em linhas alternadas de milho e as sementes foram oriundas da Fazenda Corinalves. Optou-se por plantar apenas um tipo de feijão, o “Roxinho do Adair”, que apresentou rendimento superior aos demais no ano anterior. Nas bordas da faixa de feijão foi plantado o gergelim amarelo. Em 2017, o feijão ocupou o espaço anteriormente cultivado com a crotalária ochroleuca, que não teve um desempenho que agradasse ao agricultor, nem para multiplicação da tesourinha, nem para a cobertura de solo. Faixas de guandu anão e girassol, variedade Catisol 01, também compuseram a configuração do corredor na safra 2017/2018 (Figura 2). Durante o ciclo dos cultivos, foram realizadas cerca de três capinas manuais com enxada e três aplicações de biofertilizante feito à base de esterco e água, aos 30, 37 e 44 dias após o plantio (DAP).
- Ano agrícola 2018/2019: o plantio foi realizado em 28/11/2018. Como nos anos anteriores, as coordenadas geográficas foram tomadas e as amostragens para os parâmetros químicos, físicos e biológicos de solo foram realizadas nos limites da gleba destinada ao corredor.

Neste ano, faixas de mandioca (variedade local “Pipoca” e variedade “Cacau Americana”) delimitaram a área do corredor. Essas variedades estão entre as de melhor desempenho nas Unidades Demonstrativas paralelamente conduzidas na comunidade João de Deus, também em Silvânia, nos anos de 2016/2017 e 2017/2018, por agricultores parceiros e destinam-se à mesa e farinha, atendendo aos usos e preferências da família.

A partir das mandiocas, a estrutura do corredor contou com faixas, espaçadas em 1 m, de girassol (variedade Catisol 01); gergelim preto e amarelo; feijões, dispostos em 4 blocos, cada um com uma variedade cultivada pelos agricultores (Roxinho do Jamil, Roxinho do Adair, Rosinha do Jamil e Preto do Jamil em blocos de 5 m² para cada variedade); crotalária

juncea; milho, variedade MC 20 Taquaral, plantada em faixa de 6 linhas também espaçadas por 1 m; finalizando com uma linha do girassol e, em seguida, o plantio da mandioca Pipoca, na porção inferior do terreno.

A área, mantida em pousio desde o ano anterior, foi roçada com roçadeira costal e o preparo do solo com grade. A adubação fosfatada de manutenção foi feita com termofosfato magnesiano, na dose de 50 kg P_2O_5 /ha, aplicado na linha de plantio. Não houve necessidade de correção de acidez por calagem.

Durante o ciclo dos cultivos foram realizadas cerca de três capinas manuais com enxada e duas aplicações de biofertilizante, aos 30 e 45 DAP.

Amostragens

As amostras de solo foram coletadas anualmente, dentro dos limites físicos dos corredores e em áreas de referência (Figura 3). As amostragens foram feitas antes do plantio e após o preparo das áreas. Em Catalão, na Fazenda Corinalves, realizaram-se três amostragens: T0 (2016), T1 (2017) e T2 (2018), enquanto em Silvânia, na Fazenda Piracanjuba, as amostragens foram feitas apenas em T0 (2016) e T2 (2018), por problemas no preparo do solo e impossibilidade de amostragem no ano de 2017.



Figura 3. Imagens aéreas do Google Earth das áreas estudadas em Catalão, à esquerda e Silvânia, à direita. As três faixas amostradas do corredor agroecológico em Catalão estão indicadas em verde. A área do plantio de milho está indicada em amarelo e a área referência de cerrado está indicada em azul. A linha pontilhada vermelha indica o local onde uma estrada passava antes da implantação do corredor. Na imagem de Silvânia, as faixas indicadas em amarelo mostram a área do corredor e a delimitada em azul a área de referência.

Cabe destacar que as áreas de referência não apresentaram características ideais para tal. Em Silvânia, a área adjacente com vegetação natural (Figura 3) era uma faixa estreita localizada entre uma pequena estrada e uma ribanceira, com árvores relativamente altas formando um dossel contínuo atípico de um Cerrado Sensu Restrito e um grau de perturbação expressivo, capim invasor e árvores não nativas, inclusive com sinais da entrada de bovinos e equinos. A área de referência de Catalão apresentava-se com características próprias de um cerrado típico, porém, também antropizado.

Para as determinações dos atributos químicos, físicos e biológicos do solo (atividade micorrízica e da fauna edáfica e enzimas indicadoras), cada área foi dividida em três transectos, que constituíram as repetições, conforme os esquemas apresentados na Figura 4.

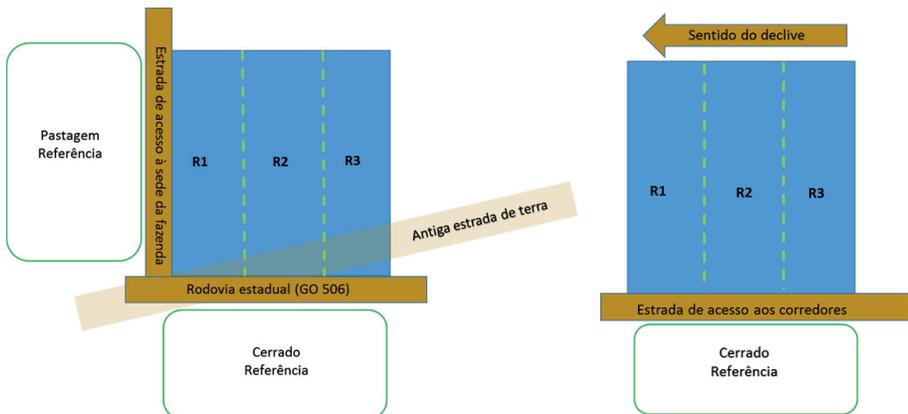


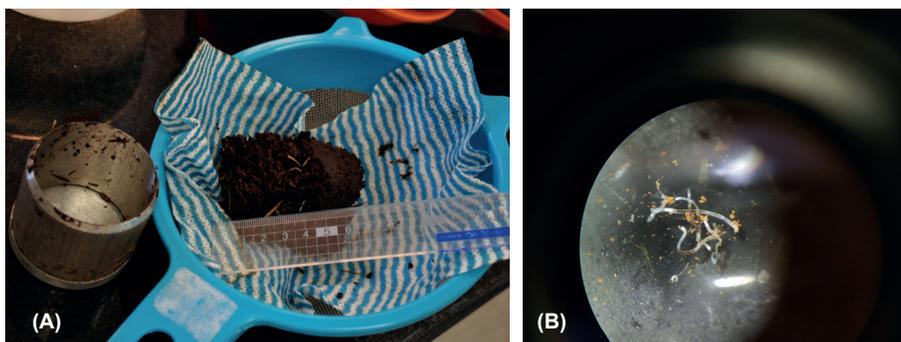
Figura 4. Representação esquemática das áreas amostradas, na Fazenda Corinalves em Catalão (GO) à esquerda e na Fazenda Piracanjuba em Silvânia (GO) à direita, indicando as repetições, estradas e áreas de referência.

Para os parâmetros químicos de fertilidade do solo, em cada repetição ou subárea, foram coletadas duas amostras compostas, sendo uma de 0 cm–10 cm e outra de 10 cm–20 cm. Dessas amostras compostas, foram retiradas subamostras para determinações de nitrogênio, que foram acondicionadas e mantidas em isopor até a chegada ao laboratório. Amostras indeformadas também foram coletadas em cada repetição ou subárea por meio de anéis volumétricos para determinação de densidade do solo, macro e microporosidade e porosidade total, nas mesmas camadas utilizadas para coleta das

amostras deformadas (fertilidade): 0 cm–10 cm e 10 cm–20 cm, totalizando seis anéis, três por profundidade.

Para as amostragens de micorrizas e atividade de enzimas, o solo foi coletado na profundidade de 0 cm a 10 cm com auxílio de trado holandês de 5 cm de diâmetro. Como já comentado, as áreas foram subdivididas em três transectos ou repetições e, em cada um, foram coletadas 20 subamostras, que compuseram uma amostra composta. As amostras foram mantidas em isopor até serem levadas ao laboratório de microbiologia, no qual permaneceram em câmara fria até o processamento e análise.

Para a avaliação de densidade de enquitreídeos, foram coletadas cinco amostras de solo em cada repetição, totalizando 15 amostras na área destinada à implantação dos corredores nas duas propriedades. As amostras foram coletadas com auxílio de anéis volumétricos de 5 cm altura × 5 cm de diâmetro, mantidas em local fresco e sombreado e levadas ao laboratório, no qual permaneceram em sala a 18 °C até serem processadas (Figura 5).



Fotos: Cintia Carla Niva

Figura 5. Amostra de solo realizada com o auxílio de anel volumétrico em preparo para extração e contagem de enquitreídeos (A); enquitreídeos vivos na lupa em preparação para contagem e identificação (B).

A avaliação da atividade alimentar com instalação das *bait-laminas* foi realizada apenas nos anos de 2017 e 2018 na Fazenda Corinalves e, em 2018, na Fazenda Piracanjuba. A amostragem, que será descrita detalhadamente, é feita pela instalação de um conjunto de lâminas. Para tanto, em cada ponto amostrado para a determinação de enquitreídeos, foram inseridos conjuntos de oito lâminas numa profundidade de 8 cm e os pontos foram devidamente identificados (Figura 6).

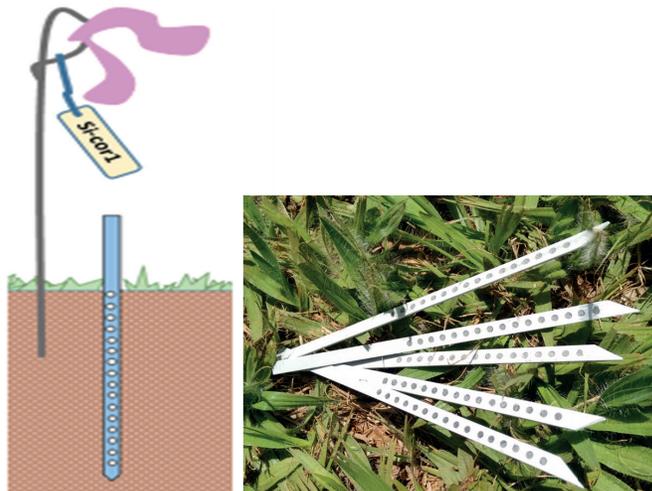


Foto e ilustração: Cintia Carla Niva

Figura 6. Representação esquemática de uma lâmina inserida no solo e respectiva estaca de marcação do ponto no campo (A). *Bait-laminas* com os 16 orifícios, distantes 0,5 cm entre si, preenchidos com isca à base de celulose e aveia em pó (B).

Foram coletadas amostras em áreas de referência nos dois locais. Em Catalão, essas áreas foram uma porção de cerrado ralo, localizada do outro lado da rodovia, próximo à entrada da Fazenda Corinalves, sob as coordenadas geográficas K 23 UTM 0227287; 8016397, identificada, no presente trabalho, como área de referência “cerrado”, e uma porção de campo limpo, com ocorrência de gramíneas exóticas, situada ao lado da estrada de terra que dá acesso à sede da fazenda, logo após a entrada e próxima à área do corredor, sob as coordenadas K 23 UTM 0227226; 8016480. Esta segunda área de referência foi identificada como “pastagem”. Para as análises de fertilidade química e física, a amostragem foi feita apenas na área de referência “cerrado” no ano de 2018. Para enquitreídeos e atividade alimentar, essas áreas não foram avaliadas.

Em Silvânia, as amostras de referência foram coletadas numa porção semelhante a uma área de cerrado típico, com sinais de degradação, localizada próxima à área de plantio do corredor, sob as coordenadas geográficas K 22 UMT 0756391; 8166750. Essa área, na Fazenda Piracanjuba, também foi denominada área de referência “cerrado”.

Determinações e metodologias de análises

Atributos químicos e físicos dos solos nas áreas dos corredores

A determinação de atributos químicos e físicos dos solos das áreas dos corredores teve por objetivo caracterizar as áreas dos polos, relacionando esses atributos aos processos biológicos condicionadores da fertilidade.

As áreas dos corredores tiveram suas coordenadas geográficas coletadas por meio de receptores GPS e amostradas para a realização de análises completas de fertilidade do solo, com a determinação dos seguintes parâmetros químicos e físicos: pH em água e CaCl_2 , condutividade elétrica, acidez potencial, Al, Ca, Mg, P e K, CTC e saturação de bases, matéria orgânica, N total, N mineral, N nítrico, N amoniacal, micronutrientes (Fe, Cu, Mn e Zn), teores de carbono orgânico total (COT) (Nelson; Sommers, 1996); análise granulométrica, densidade do solo, macro e microporosidade e porosidade total (Embrapa, 1997; Silva, 2009).

Com base nos resultados dos atributos químicos, foram calculados os parâmetros de fertilidade, soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions potencial e efetiva (respectivamente, T e t), saturação por alumínio (m) e saturação por bases (V).

Para fins de análise de componentes principais, os dados de N (total, amoniacal e nítrico) não foram considerados em razão de sua alta variabilidade. Os resultados de granulometria foram utilizados apenas para caracterização textural do solo, visto que esse atributo físico não é modificado pelo manejo.

Atividade micorrízica: densidade de glomerosporos, potencial de inóculo e proteína do solo relacionada à glomalina

1. Densidade de glomerosporos: estimada a partir da extração de esporos de FMA pelo método do peneiramento úmido, descrito por Gerdermann e Nicolson (1963) e contagem em placa canaletada sob microscópio estereoscópio. A extração foi realizada usando-se 50 mL de solo homogeneizados com aproximadamente 700 mL de água em liquidificador por cerca de 10 segundos. Após 20 segundos em repouso, a solução foi vertida em peneiras com abertura de 710 e 53 μm , dispostas em sequência decrescente. Cada amostra foi submetida três vezes a esse

processo e as partículas retidas na peneira de menor malha foram recolhidas em tubo Falcon com o auxílio de pisseta e centrifugadas a 3 mil rotações por minuto por 3 minutos, descartando-se o sobrenadante. Ao solo, retido no tubo, foram adicionados aproximadamente 40 mL de solução de sacarose a 45% e centrifugado a 2 mil rotações por minuto por 2 minutos. Após centrifugação, o sobrenadante foi vertido em peneira de 53 μm e lavado em água, com auxílio de um pisseta, até a completa remoção da solução de sacarose. Posteriormente, usando-se pisseta, os esporos foram dispensados em placa canaletada para contagem sob microscópio estereoscópio.

2. Potencial de inóculo de FMA: estimado pelo método Potencial de Inóculo Micorrízico (MIP), como proposto por Moorman e Reeves (1979) e Sieverding (1991), por meio de bioensaios em casa de vegetação. As amostras de solo foram colocadas em tubetes (200 mL), em três repetições, com quatro sementes de sorgo (*Sorghum bicolor*), usada como planta teste micotrófica. Após desbaste, 5 dias após a emergência das plantas, foram mantidas duas plantas por vaso, irrigadas com água destilada sempre que necessário. Depois de 6 semanas do plantio, as plantas foram colhidas e as raízes separadas, lavadas e as finas processadas para coloração. A clarificação e coloração de raízes seguiu a metodologia de Phillips e Hayman (1970), utilizando-se KOH, água oxigenada alcalina, acidificação com ácido clorídrico e coloração com azul de metila (Grace; Stribley, 1991). A porcentagem de colonização de raízes foi determinada conforme a metodologia de Giovanetti; Mosse (1980), modificada por Miranda (2008), utilizando-se o método da placa quadriculada em microscópio estereoscópio.
3. Proteína do solo relacionada à glomalina: para a extração da proteína do solo relacionada à glomalina (PSRG), foi utilizada a metodologia proposta por Rillig et al. (2003), específica para glomalina facilmente extraível (GFE), usando-se 8 mL de tampão citrato de sódio (20 mM; pH 7,0) para 1 g de solo. Após autoclavagem a 121 °C por 30 minutos, a solução foi centrifugada por 10 minutos a 5 mil rotações por minuto. Do sobrenadante, foram retiradas alíquotas de 100 μL para a quantificação da proteína, usando-se o método proposto por Bradford (1976). A 100 μL de cada amostra, foram adicionados 3 mL do reagente de Bradford, que, após homogeneização em vórtex, foram levados a

espectrofotômetro para determinação da absorbância a 595 nm. O teor de glomalina facilmente extraível (GFE) foi determinado por meio dos valores de absorbância das amostras, usando-se uma curva padrão obtida com albumina do soro bovino (BSA).

Atividade de enzimas indicadoras da qualidade do solo

As atividades das enzimas fosfatase ácida, β -glicosidase e arilsulfatase foram determinadas de acordo com Tabatabai (1994). O método é baseado na determinação colorimétrica do *p*-nitrofenol liberado por essas enzimas quando o solo é incubado com uma solução tamponada de substratos específicos para cada uma. Os valores são expressos em mg *p*-nitrofenol/ kg solo/h.

Atividade da fauna edáfica

1. Densidade de enquitreídeos: os enquitreídeos foram extraídos com base no protocolo ISO 23611-3/ 2007 (International Organization For Standardization, 2007) e adaptações de Niva et al. (2010) e Niva et al. (2015) pelo método úmido com aquecimento por 2,5 h. Os enquitreídeos foram contados sob microscópio estereoscópio para determinação da densidade de indivíduos em cada local amostrado. A identificação *in vivo* a nível de gênero foi realizada imediatamente após o processo de extração.
2. Atividade alimentar de invertebrados edáficos pelo método da *bait-lamina*: essa determinação teve início nos ciclos de plantio após 1 ano de implantação dos corredores (2017 e 2018), por atraso na aquisição das lâminas. Os dados obtidos foram comparados à área de plantio de milho adjacente na Fazenda Corinalves. No método *bait-lamina*, iscas à base de celulose microcristalina e aveia em pó, preenchendo 16 orifícios em pequenas lâminas, são inseridas no solo na profundidade de 0 cm a 8 cm. Cinco conjuntos de oito lâminas foram distribuídos aleatoriamente em cada uma das três parcelas do corredor e da mesma forma na área de milho. As lâminas ficaram inseridas no solo durante 14 dias ao longo do mês de novembro após revolvimento do solo e antes do próximo plantio. As lâminas foram recolhidas e levadas ao laboratório para a contagem das iscas consumidas (ausência total ou de mais de 30% da isca em cada orifício). A quantidade de iscas consumidas corresponde à ativi-

dade alimentar dos invertebrados e é expressa em percentual. O método seguiu recomendações padronizadas internacionalmente (International Organization for Standardization, 2016).

Análises estatísticas

Neste estudo realizado ao longo dos anos 2016, 2017 e 2018, de caráter descritivo e exploratório, inicialmente, foram aplicadas estatísticas descritivas, tais como média, variância, desvio padrão e coeficiente de variação.

Por razão da não existência de normalidade dos dados nem variância constante dos resíduos, foram aplicados testes não paramétricos para a verificação de diferença entre os diversos tratamentos. Para verificação estatística da diferença entre os tratamentos analisados para todas as variáveis respostas, foi aplicado o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis, utilizado para comparação de três ou mais grupos independentes (Siegel; Castellan, 2006). O teste de Kruskal-Wallis é não paramétrico e, primeiramente, converte os dados em postos/ranks (posições em termos de mediana).

Utilizando os pacotes FactoMineR e factoextra presentes no software estatístico R (versão 3.4.0), livremente disponível no website: <http://www.r-project.org>, realizou-se uma Análise de Componentes Principais (ACP) para identificar, entre as variáveis analisadas, quais que contribuíram com maior peso na combinação linear das duas primeiras componentes principais. Os componentes principais, dispostos em um espaço de duas dimensões, representam variabilidade suficiente que possa indicar algum padrão a ser interpretado. Para auxiliar na interpretação dos resultados, além do círculo de correlações entre os autovetores das variáveis, foi construído diagrama de ordenação dos tratamentos experimentais.

Índices de qualidade dos solos

Os dados dos corredores agroecológicos, para atividade das enzimas β -glicosidase e arilsulfatase, matéria orgânica do solo e outros nove indicadores químicos (pH; CTC potencial; acidez potencial; alumínio trocável; cálcio trocável; magnésio trocável; potássio trocável; fósforo; saturação por bases), obtidos com as análises de amostras coletadas na profundidade de 0 cm–10 cm, foram utilizados para o cálculo do índice de qualidade do solo (IQSFertbio). Esse índice é obtido por meio da interpretação dos indicadores

químicos e biológicos, utilizando-se o conceito proposto por Karlen e Stott (1994). O IQSFertbio atribui três funções ao solo: (F1) capacidade de ciclar nutrientes (com base na atividade das enzimas β -glicosidase e arilsulfatase); (F2) capacidade de armazenar nutrientes (matéria orgânica e CTC potencial); e (F3) capacidade de suprir nutrientes (pH, H+Al; Al⁺³, Ca⁺², Mg⁺², K⁺ and P). O SQIFertbio, portanto, consiste na média dos índices de desempenho das três funções mencionadas. O IQSFertbio e os índices de função variam de 0 a 1, quanto mais próximo de 1, melhor o índice ou o desempenho da função (F1, F2 e F3). O IQSFertbio foi dividido em dois subíndices: o índice de qualidade química do solo (IQSQuim) e o índice biológico de qualidade do solo (IQSBio). Da mesma forma, esses índices variam de 0 a 1, quanto mais próximo de 1, melhor o solo no aspecto considerado. Todos os cálculos foram realizados com o uso do Sistema de Informação e Monitoramento Agrícola e Ambiental (Simaa), desenvolvido pela Embrapa Cerrados/Embrapa Agrobiologia. Com base no modelo proposto por Karlen e Stott (1994), esse software fornece uma interface amigável que permite modelagem e cálculos de IQS.

Resultados e Discussão

Atributos físicos e químicos dos solos

Em ambas as fazendas o cultivo dos corredores, com adubação adequada, tem mantido ou melhorado a fertilidade do solo, em relação às áreas de referência. Na Fazenda Corinalves, uma tendência de melhoria foi observada, principalmente, nos teores de bases trocáveis e MO, bem como nos valores de pH e de acidez trocável e potencial (Tabela 2). Na Fazenda Piracanjuba, a manutenção ou melhoria da fertilidade do solo foi observada, principalmente, nos teores de MO e P, além dos valores de pH e V (Tabela 2). Cabe destacar que no caso dessa fazenda, a área referência apresentou uma fertilidade química natural muito boa.

Em relação às camadas de solo, a fertilidade é ligeiramente superior nos primeiros 10 cm de solo do que na profundidade logo abaixo, de 10 cm–20 cm. Isso ocorre, principalmente, devido a valores mais altos de MO nessa faixa e é uma tendência que aparece nos 3 anos de coleta de solo e em ambas as fazendas (Tabela 2).

Tabela 2. Análises químicas e físicas de fertilidade do solo das áreas do corredor agroecológico na Fazenda Corinalves, Catalão, GO, nos anos 2016, 2017 e 2018 e na Fazenda Piracanjuba, Silvânia, GO, nos anos de 2016 e 2018.

Fazenda Corinalves, Catalão, GO																				
pH água	pH CaCl ₂	P	K	Al	H+Al	m	Ca	Mg	Ca+Mg	MO	SB	t	T	V	Cu	Fe	Mn	Zn		
2016																				
0-10	5,7	4,2	4,1	230,10	0,1	2,8	2,4	1,4	0,9	2,3	35,6	2,8	2,9	5,7	49,9	4,1	31,9	28	2,2	
10-20	5,4	4,1	1,4	140,40	0,1	3,0	8,7	0,7	0,4	1,1	31,0	1,5	1,6	4,5	32,9	1,4	31,1	20	0,7	
2017																				
0-10	5,5	4,1	4,9	179,40	0,1	2,8	4,1	1,1	0,9	1,9	35,4	2,4	2,5	5,2	45,4	1,09	43,90	25,35	2,60	
10-20	5,3	4,0	1,5	117,00	0,2	3,1	10,8	0,6	0,5	1,1	29,7	1,4	1,6	4,6	31,1	0,95	47,17	21,41	1,77	
2018																				
0-10	5,9	4,5	4,9	167,70	0	2,2	0	2,3	1,4	3,8	34,2	4,2	4,2	6,3	65,1	0,8	29,6	22,5	5,0	
10-20	5,7	4,4	2,2	124,80	0,1	2,3	3,8	1,3	0,9	2,2	29,9	2,5	2,6	4,8	52,9	0,8	27,0	18,1	2,8	
Ref0-10	4,9	3,9	1,0	81,90	0,7	3,1	40,9	0,4	0,4	0,8	25,5	1	1,7	4,1	24,6	1,1	72,1	16,1	0,6	
Ref 10-20	5,1	3,9	0,6	46,80	0,8	3,1	62,0	0,2	0,17	0,4	22,7	0,5	1,3	3,6	13,6	1,0	49,6	8,3	0,2	
C bio	N bio	C total	N total	N-NH ₄	N-NO ₃	Umidade	D.A.	Mic	Mac	Por. total	CE	Areia	Slite	Argila						
2016																				
0-10	513	362,0	2,07	0,15	0,04	0,14	19,9	1,51	41,5	4,95	46,50	210,60	359,3	339,7	301,3					
10-20	424,3	314,2	1,63	0,12	0,04	0,19	21,4	1,52	39,1	3,84	43,62	167,73	372,0	309,0	319,3					

Continua...

Abreviações e unidades: pH = grau de acidez, sem unidade; P e K = fósforo e potássio, respectivamente, mg/dm³; Al (Al³⁺) = alumínio trocável e H+Al = acidez potencial, cmol_c/dm³; m = saturação por alumínio [Al]/(Ca+Mg+K+Al)] x100, %; Ca, Mg = cálcio e magnésio, respectivamente, cmol_d/dm³; Ca+Mg, cmol_d/dm³; MO = matéria orgânica, g/dm³; SB (ou S) = soma de bases (Ca+Mg+K), cmol_d/dm³; T (ou CTC) = capacidade de troca catiônica, medida em pH7 (SB+H+Al), cmol_d/dm³; V = saturação por bases, %; t = CTC efetiva (SB+Al), cmol_d/dm³; C bio e N bio = carbono e nitrogênio da biomassa microbiana, mg/kg; C total e N total = carbono e nitrogênio total, %; N-NO₃ e N-NH₄ = nitrogênio nítrico e amoniacal, mg/kg; umidade, %; DA = densidade aparente, g/dm³; mic., mac. e por. total = microporosidade, macroporosidade e porosidade total, respectivamente, %; CE = condutividade elétrica, μS/cm. Área de referência = 'cerrado' em ambas as propriedades, sendo cerrado ralo em Catalão e cerrado típico em Silvânia.

Tabela 2. Continuação.

Fazenda Corinales, Catalão, GO															
C bio	N bio	C total	N total	N-NH ₄	N-NO ₃	Umidade	D.A.	Mic	Mac	Por. total	CE	Areia	Silte	Argila	
2017															
0-10	187,8	<LD	1,03	0,07	6,12	50,59	20,89	1,38	33,51	8,08	41,58	175,70	-	-	-
10-20	144,7	<LD	0,91	0,06	8,18	52,24	22,22	1,39	33,39	6,71	40,11	110,80	-	-	-
2018															
0-10	37,4	2,9	1,78	0,13	8,55	10,44	18,93	1,46	36,02	6,54	39,65	233,10	-	-	-
10-20	33,8	1,4	1,64	0,12	4,05	15,30	20,20	1,59	36,55	3,44	39,99	215,03	-	-	-
Ref 0-10	36,39	3,02	1,31	0,12	5,9	3,32	13,77	1,23	33,4	11,25	44,65	95,80			
Ref 10-20	29,53	1,69	1,21	0,11	6,4	1,1	17,1	1,33	40,23	6,71	46,95	43,70			

Continua...

Abreviações e unidades: pH = grau de acidez, sem unidade; P e K = fósforo e potássio, respectivamente, mg/dm³; Al (Al³⁺) = alumínio trocável e H+Al = acidez potencial, cmol_c/dm³; m = saturação por alumínio [Al/(Ca+Mg+K+Al)] x100, %; Ca, Mg = cálcio e magnésio, respectivamente, cmol_c/dm³; Ca+Mg, cmol_c/dm³; MO = matéria orgânica, g/dm³; SB (ou S) = soma de bases (Ca+Mg+K), cmol_c/dm³; T (ou CTC) = capacidade de troca catiônica, medida em pH7 (SB+H+Al), cmol_c/dm³; V = saturação por bases, %; t = CTC efetiva (SB+Al), cmol_c/dm³; C bio e N bio = carbono e nitrogênio da biomassa microbiana, mg/kg; C total e N total = carbono e nitrogênio total, %; N-NO₃ e N-NH₄ = nitrogênio nítrico e amoniacal, mg/kg; umidade, %; DA = densidade aparente, g/dm³; mic., mac. e por. total = microporosidade, macroporosidade e porosidade total, respectivamente, %; CE = condutividade elétrica, µS/cm. Área de referência = 'cerrado' em ambas as propriedades, sendo cerrado ralo em Catalão e cerrado típico em Silvânia.

Tabela 2. Continuação.

Fazenda Piracanjuba, Silvânia, GO																			
pH água	pH CaCl ₂	P	K	Al	H+Al	M	Ca	Mg	Ca+Mg	MO	SB	t	T	V	Cu	Fe	Mn	Zn	
2016																			
0-10	6,0	4,8	16,7	148,20	0	1,9	0	3,0	1,7	4,6	51,7	5,0	6,9	72,2	0,6	15,0	42,33	0,8	
10-20	5,9	4,6	19,7	128,70	0	2,0	0	2,6	1,3	3,8	41,2	4,2	4,2	6,1	67,6	0,6	19,3	41,67	0,5
2018																			
0-10	6,3	4,9	35,3	195,00	0	1,4	0	4,9	1,9	6,7	47,2	6,8	6,8	8,2	82,9	0,6	20,7	41,3	3,2
10-20	6,3	4,9	22,2	117,00	0	1,5	0	5,0	1,9	6,9	45,6	7,0	7,0	8,5	82,5	0,6	22,7	40,8	2,9
Ref 0-10	6,3	3,9	24	327,60	0	1,6	0	4,5	2,1	6,6	64,1	7,4	7,4	9,0	82,2	0,6	25,3	65,4	2,9
Ref 10-20	6,3	3,9	8,3	208,80	0	1,6	0	3,4	1,5	4,9	48,0	5,6	5,6	7,2	77,7	0,5	18,0	42,3	1,4
C bio	N bio	C total	N total	N-NH ₄	N-NO ₃	Umidade	D.A.	Mic	Mac	Por. total	CE	Área	Silte	Argila					
2016																			
0-10	745,0	350,0	2,17	0,17	0,07	0,80	19,50	1,45	35,27	8,80	40,67	386,40	378,0	327,7	299,0				
10-20	768,6	350,3	2,05	0,16	0,07	0,61	16,00	1,55	36,40	4,69	41,37	344,20	376,0	331,0	293,7				
2018																			
0-10	43,8	1,6	2,61	0,19	6,65	11,31	16,60	1,44	34,17	8,96	43,13	315,57	-	-	-				
10-20	38,4	1,3	2,58	0,20	6,50	12,66	16,57	1,47	31,45	9,14	40,60	286,49	-	-	-				
Ref 0-10	73,4	7,8	3,46	0,25	25,3	9,4	27,95	1,24	37,27	7,40	44,67	306,50							
Ref 10-20	39,8	1,4	2,56	0,19	14,4	14,4	24,73	1,30	40,17	6,70	46,87	210,00							

Abreviações e unidades: pH = grau de acidez, sem unidade; P e K = fósforo e potássio, respectivamente, mg/dm³; Al (Al³⁺) = alumínio trocável e H+Al = acidez potencial, cmol/dm³; m = saturação por alumínio [Al]/[Ca+Mg+K+Al)] x100, %; Ca, Mg = cálcio e magnésio, respectivamente, cmol/dm³; Ca+Mg, cmol/dm³; MO = matéria orgânica, g/dm³; SB (ou S) = soma de bases (Ca+Mg+K), cmol/dm³; T (ou CTC) = capacidade de troca catiônica, medida em pH7 (SB+H+Al), cmol/dm³; V = saturação por bases, %; t = CTC efetiva (SB+ Al), cmol/dm³; C bio e N bio = carbono e nitrogênio da biomassa microbiana, mg/kg; C total e N total = carbono e nitrogênio total, %; N-NO₃ e N-NH₄ = nitrogênio nítrico e amoniacal, mg/kg; umidade, %; DA = densidade aparente, g/dm³; mic., mac. e por. total = microporosidade, macroporosidade e porosidade total, respectivamente, %; CE = condutividade elétrica, µS/cm. Área de referência = 'cerrado' em ambas as propriedades, sendo cerrado ralo em Catalão e cerrado típico em Silvânia.

No solo da Fazenda Corinalves, a saturação por bases (V) na camada de 0 cm–10 cm variou de 45,4% em 2016 para 65,1% em 2018, mostrando uma melhora considerável, passando de médio para bom (Freire, 2003). O mesmo comportamento aconteceu no solo da Fazenda Piracanjuba, em que a V na camada de 0 cm–10 cm foi de 72,2% em 2016 para 82,9% em 2018, passando de bom para muito bom (Freire, 2003). O alcance de altos valores de V é um indício de que a fertilidade química do solo está sendo bem manejada, o que é extremamente desejável nos sistemas agroecológicos.

Mesmo com a inserção das plantas condicionadoras, é importante associar seu uso com a aplicação de fertilizantes orgânicos ou de fertilizantes minerais próprios para sistemas agroecológicos/orgânicos. Essa associação é a chave para trazer estabilidade ao manejo da fertilidade integral dos solos nesses sistemas, pois as plantas condicionadoras proveem uma matéria orgânica mais estável, que pode ter efeitos positivos sobre os atributos físicos do solo, além dos químicos e biológicos, quando comparada à matéria orgânica proveniente dos fertilizantes orgânicos, como, por exemplo, estercos ou mesmo compostos, que proveem a matéria orgânica menos estável, mas têm um efeito mais direto e imediato sobre a fertilidade do solo e a nutrição das plantas (Alcântara, 2017). Ainda são poucos os estudos a esse respeito em sistemas agroecológicos. Um exemplo é o de Cunha et al. (2011) que, em trabalho sobre a influência de crotalaria juncea, guandu, mucuna-preta e sorgo vassoura sobre atributos químicos do solo, observaram que a reciclagem dos nutrientes pelas plantas de cobertura não foi suficiente para a manutenção dos teores de nutrientes como P, K, Fe e Mn.

Entre os nutrientes, destaca-se o comportamento dos teores de P no solo e a questão de sua suplementação via fertilizantes. Na Fazenda Corinalves, o teor desse nutriente esteve sempre baixo ou muito baixo, o que demonstra a necessidade de aplicação de fertilizantes orgânicos enriquecidos com P ou mesmo de uma fosfatagem corretiva na área. É importante ressaltar que a utilização de fosfato natural de forma corretiva não elimina a necessidade de utilização de um fertilizante orgânico naturalmente rico em P, como as camas de frango, ou de produção de composto enriquecido com uma fonte mais solúvel, porém não sintética, como por exemplo, o termofosfato magnésiano. Na Fazenda Piracanjuba, o teor de P esteve sempre médio a alto, inclusive na área referência. De toda forma, mesmo nesse caso, como as culturas agrícolas “exportam” os nutrientes com as colheitas, é necessário que novo P

seja adicionado via adubação orgânica a cada novo cultivo/safra ou que o P já presente no solo seja reciclado via adubação verde. É importante ressaltar que os solos altamente intemperizados da região do Cerrado apresentam, normalmente, teores muito baixos desse nutriente na solução do solo, bem como alta capacidade de retenção do P na fase sólida (Souza; Lobato, 2003).

Em relação aos atributos físicos avaliados, nas duas fazendas, observou-se uma perda na qualidade do solo com o cultivo, em comparação aos solos das áreas de referência. Isso ocorre, muito provavelmente, pelo próprio cultivo/preparo do solo. Nos sistemas orgânicos ou agroecológicos, de forma geral, o cultivo mínimo é evitado por causa de suas potenciais consequências negativas no avanço de plantas espontâneas (Grubber; Claupein, 2009; Peigné et al., 2018), mas, ao mesmo tempo, o cultivo mínimo ou o plantio direto podem melhorar os atributos físicos do solo nesses sistemas (Vakali et al., 2011). Portanto, trata-se de uma escolha difícil para o agricultor. Por outro lado, o desafio de reduzir a densidade do solo também pode ser alcançado com o aumento dos teores de MO, o que pode ser conseguido com o cultivo das plantas condicionadoras nos corredores e com a própria adubação orgânica. Aliado ao aumento da MO do solo, as plantas condicionadoras desempenham um importante papel de descompactação de solo, devido aos seus sistemas radiculares profundos, principalmente o caso das leguminosas, o que reforça a necessidade e a importância de sua manutenção na rotação dos corredores. No caso da Fazenda Piracanjuba, em que os teores de MO já são altos, a importância das plantas condicionadoras, em relação à condição física do solo, reside mais na minimização da compactação do solo via raízes dessas plantas do que de necessariamente aumentar os teores de MO.

Atividade micorrízica: densidade de glomerosporos, potencial de inóculo e teor de glomalina facilmente extraível

Na Fazenda Corinalves, a densidade de glomerosporos (DG) reduziu após o primeiro ano de implantação dos corredores (T1), em relação a T0, e aumentou no ciclo seguinte, T2 (Figura 7). Dentro da mesma época de coleta, em T2, a DE foi maior nas áreas de corredores em relação às áreas de pastagem e Cerrado. Já o potencial de inóculo micorrízico não se alterou com os cultivos sucessivos dos corredores agroecológicos e nem diferiu em T2 entre

as áreas estudadas (Figura 8). Com relação à glomalina facilmente extraível (GFE), foi observado o mesmo comportamento verificado para a DG, que diminuiu após o primeiro ciclo e sofreu um ligeiro aumento em T2 (Figura 9). Nesse período, o teor de GFE não diferiu entre as áreas estudadas.

Na Fazenda Piracanjuba, Silvânia, GO, a densidade de glomerosporos aumentou após os dois ciclos de cultivo dos corredores agroecológicos e foi menor no Cerrado em relação a essas áreas em T2 (Figura 10). Durante os períodos estudados, o potencial de inóculo de FMA do solo permaneceu praticamente inalterado na área dos corredores que apresentou maior capacidade infectiva do fungo em relação ao cerrado em T2 (Figura 11). Nesse período, a GFE diminuiu em relação a T0 na área dos corredores e não diferiu estatisticamente em relação ao cerrado (Figura 12).

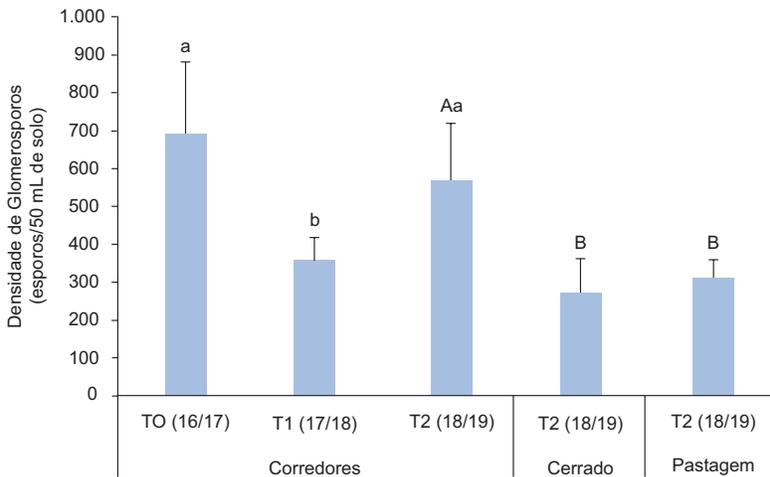


Figura 7. Densidade de glomerosporos em amostras de solo de áreas sob corredores agroecológicos, pastagem e cerrado nativo, em coletas realizadas em diferentes anos na Fazenda Corinalves, Catalão, GO. As médias e barras de erro (desvio padrão) foram calculadas a partir dos valores de três repetições. Letras minúsculas diferentes indicam diferença estatística significativa entre datas dentro da mesma área. Letras maiúsculas diferentes indicam diferença estatística significativa entre áreas dentro da mesma data (Kruskal-Wallis; alfa= 0,05).

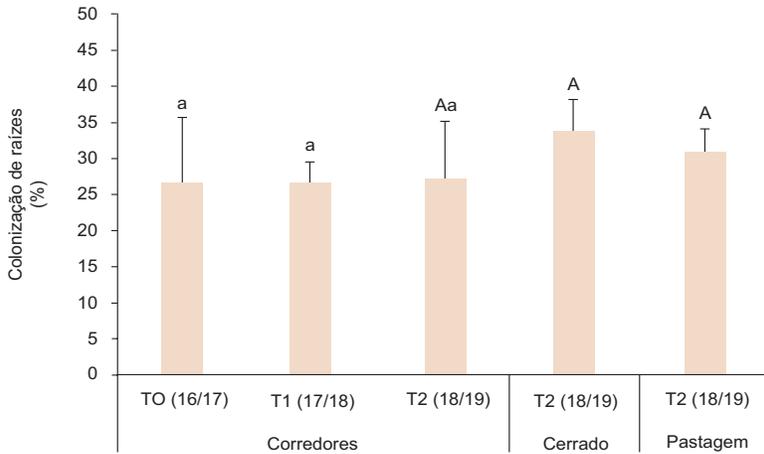


Figura 8. Potencial de inóculo de FMA em amostras de solo de áreas sob corredores agroecológicos, pastagem e cerrado nativo, em coletas realizadas em diferentes anos na Fazenda Corinalves, Catalão, GO. As médias e barras de erro (desvio padrão) foram calculadas a partir dos valores de três repetições. Letras minúsculas diferentes indicam diferença estatística significativa entre datas dentro da mesma área. Letras maiúsculas diferentes indicam diferença estatística significativa entre áreas dentro da mesma data (Kruskal-Wallis; alfa= 0,05).

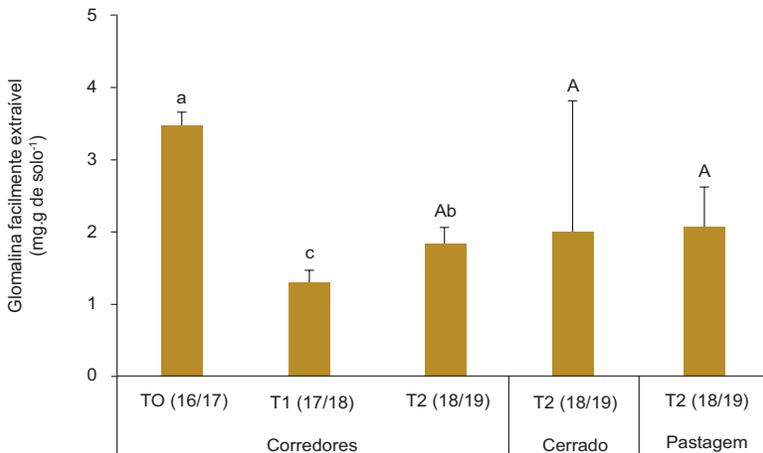


Figura 9. Glomalina facilmente extraível em amostras de solo de áreas sob corredores agroecológicos, pastagem e cerrado nativo, em coletas realizadas em diferentes anos na Fazenda Corinalves, Catalão, GO. As médias e barras de erro (desvio padrão) foram calculadas a partir dos valores de três repetições. Letras minúsculas diferentes indicam diferença estatística significativa entre datas dentro da mesma área. Letras maiúsculas diferentes indicam diferença estatística significativa entre áreas dentro da mesma data (Kruskal-Wallis; alfa= 0,05).

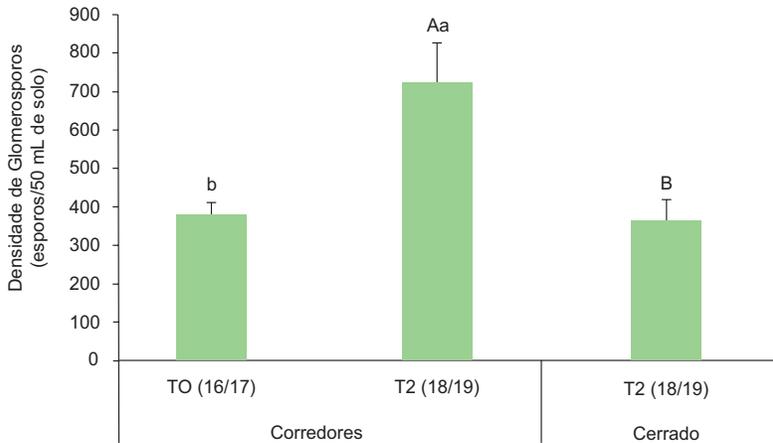


Figura 10. Densidade de glomerosporos em amostras de solo de áreas sob corredores agroecológicos e cerrado nativo, em coletas realizadas em diferentes anos na Fazenda Piracanjuba, Silvânia, GO. As médias e barras de erro (desvio padrão) foram calculadas a partir dos valores de três repetições. Letras minúsculas diferentes indicam diferença estatística significativa entre datas dentro da mesma área. Letras maiúsculas diferentes indicam diferença estatística significativa entre áreas dentro da mesma data (Kruskal-Wallis; alfa= 0,05).

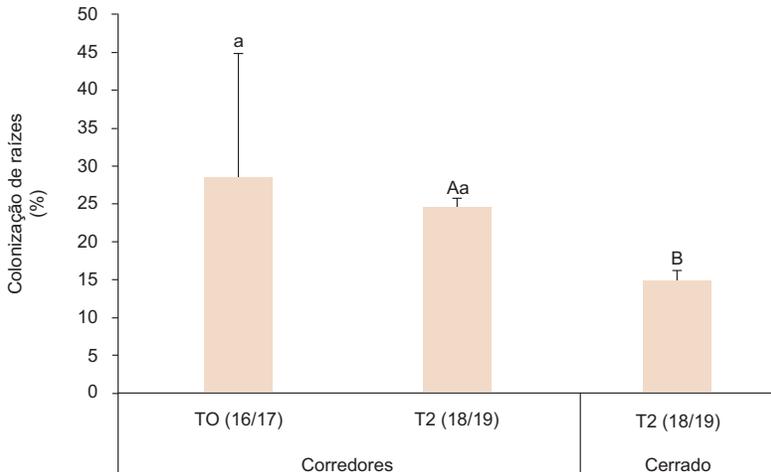


Figura 11. Potencial de inóculo de FMA em amostras de solo de áreas sob corredores agroecológicos e cerrado nativo, em coletas realizadas em diferentes anos na Fazenda Piracanjuba, Silvânia, GO. As médias e barras de erro (desvio padrão) foram calculadas a partir dos valores de três repetições. Letras minúsculas diferentes indicam diferença estatística significativa entre datas dentro da mesma área. Letras maiúsculas diferentes indicam diferença estatística significativa entre áreas dentro da mesma data (Kruskal-Wallis; alfa= 0,05).

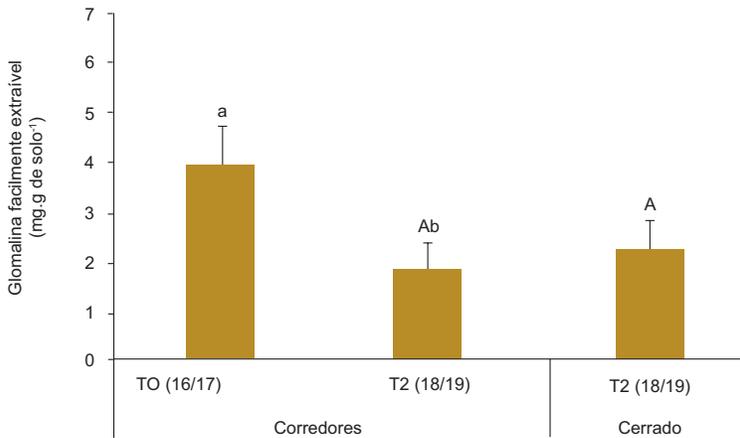


Figura 12. Glomalina facilmente extraível em amostras de solo de áreas sob corredores agroecológicos e cerrado nativo, em coletas realizadas em diferentes anos na Fazenda Piracanjuba, Silvânia, GO. As médias e barras de erro (desvio padrão) foram calculadas a partir dos valores de três repetições. Letras minúsculas diferentes indicam diferença estatística significativa entre datas dentro da mesma área. Letras maiúsculas diferentes indicam diferença estatística significativa entre áreas dentro da mesma data (Kruskal-Wallis; alfa= 0,05).

A variação observada nos parâmetros micorrízicos avaliados nas áreas em estudo pode ser explicada, entre outros fatores, pela implantação dos corredores e dos manejos associados. Na Fazenda Corinalves, os corredores agroecológicos foram estabelecidos em área que teve sua exploração iniciada há cerca de 30 anos, com o plantio de capim andropogon (*Andropogon gayanus*), que nunca foi reformado e que aos poucos tornou-se uma pastagem degradada, composta por outras gramíneas, além do andropogon. Nesse período, até 2014, a área permaneceu coberta com essas gramíneas e plantio eventual de lavouras de subsistência. Na Fazenda Piracanjuba, a área de cultivo dos corredores agroecológicos era um cerrado nativo e antropizado até 2008, quando começou a ser cultivada com milho até 2011. Depois desse período, foi mantida em pousio com vegetação espontânea, com predomínio de braquiária e, entre 2013 a 2015, voltou a ser cultivada com mandioca e milho.

Durante a implantação dos corredores, o preparo do solo (Kabir, 2005) e as mudanças na composição da vegetação (Moreira; Siqueira, 2002), entre outros fatores, podem ter afetado a atividade micorrízica. Em T0, a densidade de glomerosporos (DG) foi 694 e 362 na Fazenda Corinalves e Piracanjuba,

respectivamente. Em T2, ambas propriedades apresentaram DG similares, após uma ligeira queda em T1, observada na Fazenda Piracanjuba. Os FMA são determinantes para o crescimento das culturas nos sistemas de plantio com culturas anuais e a DG desses fungos nativos varia em função de uma diversidade de fatores bióticos e abióticos como o genótipo dos fungos, cobertura vegetal e cultura utilizada, tempo de cultivo e atributos físicos e químicos do solo, como teor de umidade, acidez e nível de fertilidade do solo (Miranda et al., 2005; Moreira; Siqueira, 2002; Miranda; Miranda, 2004; Miranda; Miranda, 2007; De Pontes et al., 2017). Dessa forma, entre diversos fatores já mencionados, o maior estresse hídrico na Fazenda Corinalves, na época da coleta das amostras em T0, pode ter contribuído para a maior DG em relação à Fazenda Piracanjuba, uma vez que teores de umidade do solo mais elevados podem diminuir a DG pois estimulam a germinação dessas estruturas (Carneiro et al., 2016). Outro fator a ser considerado é a disponibilidade de fósforo nas áreas dos corredores. A alta disponibilidade de nutrientes no solo, em especial fósforo, limita o estabelecimento da associação micorrízica arbuscular com as plantas (Siqueira; Moreira, 2002). De forma geral, observa-se uma relação inversa entre o teor de P disponível no solo e a DG de FMA. Assim, o menor teor de P observado na Fazenda Corinalves, pode ter contribuído para a maior DG observada nas áreas dos corredores. Entretanto, o efeito do P na produção de esporos é controverso e estudos mostram que a produção de esporos é influenciada positivamente pelo incremento de P, em outros, a influência é negativa ou, ainda, não ocorre influência na esporulação. O efeito inibitório do P é muito acentuado apenas acima de 100 mg de P kg⁻¹ de solo (Moreira; Siqueira, 2002) e seu efeito na esporulação depende da espécie de FMA. Miranda e Harris (1994) verificaram que a maior disponibilidade desse elemento no solo diminuiu a abundância de esporos de *Scutellospora heterograma* e não afetou a de *Glomus* ssp.

Para ambas propriedades, a DG nas áreas de referência foi menor em relação às respectivas áreas de corredores. Segundo Miranda (2004), em solos de Cerrado, em condições naturais, o número de esporos é baixo e aumenta gradativamente com o cultivo de plantas. As culturas, o sistema de cultivo e de produção são fatores determinantes para produção de esporos (Miranda, 2007), que é, em geral, maior em solo cultivado em relação a solo sob vegetação nativa ou pastagem (Caproni, 2003; Siqueira et al., 1989; Miranda, 2005; Munyanziz et al., 1997) e decorre da menor interferência antrópica no ecossistema.

A umidade do solo devido a diferenças no início do período chuvoso entre os diferentes períodos de coleta pode ter contribuído para diferenças na DG entre e dentro de uma mesma área. Em geral, maior DG prevalece na época seca do ano, pois, na época chuvosa, acredita-se predominar outras estruturas, como as hifas, que iniciam a fase mais ativa desses organismos (Cardoso et al., 2003; Guardarrama; Alvarez-Sanches, 1999), e estímulo à germinação dos glomerosporos (Carneiro et al., 2016).

Foi observado diminuição da GFE nas áreas de implantação dos corredores agroecológicos das duas propriedades no decorrer dos períodos coletados, apesar do registro de um ligeiro aumento dessa proteína no solo em T2 na Fazenda Corinalves. Em estudos realizados por Zhu e Miller (2003), foi observado que a glomalina no solo leva de 6 a 42 anos para sua completa mineralização, período bem superior ao de permanência das hifas dos FMA (5–7 dias), por exemplo. Entretanto, a diminuição de glomalina nas áreas de corredores pode ser explicada, pois a GFE é considerada a fração dessa proteína localizada em sítios do solo que são mais suscetíveis à produção e decomposição e, portanto, que exibem maiores variações no tempo (Lutgen et al., 2003) já que representa a fração recentemente depositada que ainda não sofreu transformação bioquímica (Wright; Upadhyaya, 1996).

O acúmulo de glomalina no solo depende de vários fatores, incluindo a riqueza dos FMA, a composição da comunidade vegetal e as propriedades físicas e químicas do solo (Treseder et al., 2007; Singh et al., 2016). A deposição dessa proteína no solo ainda pode ser influenciada pelo sistema de uso do solo (Souza et al., 2012; Fokom et al., 2012), sendo menor em solos agrícolas do que em solos nativos ou não cultivados (Rillig et al., 2003; Bird et al., 2002). O rompimento e o ressecamento das hifas podem afetar o teor de glomalina (Sousa et al., 2012), sendo menor em solos agrícolas do que em solos sob vegetação natural ou não cultivados (Rillig et al., 2003). A produção dessa proteína ainda pode ser afetada por fatores que influenciam a micorrização das plantas, como a fertilização do solo. O efeito da fertilização, a produção e a distribuição de glomalina nas diferentes classes de agregados ainda são controversos e precisam ser mais bem entendidos. De acordo com Souza et al. (2012), a fertilização e o aumento do teor de carbono e nutrientes, sobretudo do fósforo, reduz a produção de glomalina. Wright et al. (2007) encontraram resultados diferentes, em que o efeito da fertilização aumentou a concentração de glomalina nos agregados. Essa dualidade pode acontecer

também para os Latossolos e dificulta explicar os teores muito similares de GFE nas duas áreas de corredores agroecológicos avaliadas, quando considerado, por exemplo, o teor de fósforo no solo que é, em média, 12 vezes maior na Fazenda Piracanjuba.

O potencial de inóculo de FMA permaneceu estável ao longo dos períodos de coletas e não houve variações importantes entre as áreas de corredores agroecológicos estudadas, mesmo com diferenças expressivas entre essas áreas para os teores de P. Níveis mínimos de nutrientes são necessários para promover a associação simbiótica, como afirma Miranda (2008) e o incremento de doses de P afeta o estabelecimento da simbiose entre diferentes espécies de FMA e seu hospedeiro (Nogueira; Cardoso, 2000), levando a diminuição do potencial de inóculo micorrízico (Corbin et al., 2003). Entretanto, a maior disponibilidade de P na área de corredor da Fazenda Piracanjuba não reduziu o potencial de inóculo micorrízico em relação à área da Fazenda Corinalves. Da mesma forma, diferenças na densidade de esporos encontradas entre as áreas de corredores, em diferentes épocas de coletas, não interferiram nesse parâmetro micorrízico, que se relaciona com o número de esporos, fragmentos de raízes micorrizadas e micélio fúngico (Collozi-Filho; Balota, 1994).

Atividade de enzimas indicadoras da qualidade do solo: fosfatase ácida, arilsulfatase e β -glicosidase

Na área de estudo da Fazenda Corinalves, em Catalão, GO (Figuras 13, 14 e 15), observou-se uma tendência de diminuição da atividade das enzimas avaliadas, após o primeiro ano de implantação dos corredores agroecológicos (T1), apesar de essa diferença ser significativa apenas para a atividade da arilsulfatase. Por outro lado, na coleta seguinte, nota-se uma recuperação da atividade dessas enzimas (T2). Nesse caso, provavelmente, a redução da atividade enzimática se deu em resposta ao estresse inicial sofrido pela biota do solo, em especial, a comunidade microbiana, proporcionado pela conversão de uma antiga área sob pastagem (com plantio eventual de lavouras de subsistência) em área agrícola, associado ao rompimento do equilíbrio do solo com seu preparo para o cultivo. Em contrapartida, o manejo agroecológico, que favorece o aporte de matéria orgânica e a diversidade vegetal, entre outros benefícios, permitiu uma rápida recuperação da atividade biológica.

Nesse caso, destaca-se a recuperação observada para a atividade de enzima arilsulfatase, tida como uma das mais sensíveis às alterações ocorridas no solo em resposta aos diferentes tipos de manejo agrícola (Mendes et al., 2019). A atividade dessa enzima não apenas foi recuperada em T2, mas superou os valores mensurados inicialmente em 42%, mostrando os benefícios do novo manejo adotado na área.

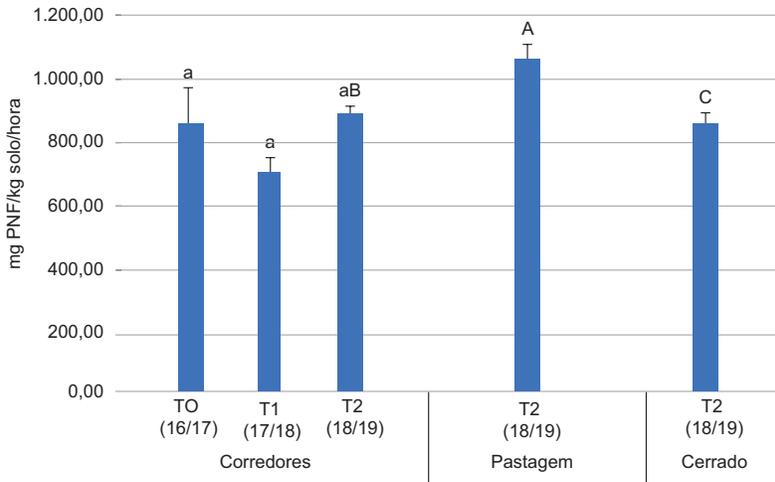


Figura 13. Atividade da enzima fosfatase ácida em amostras de solo de áreas sob corredores agroecológicos, pastagem e cerrado nativo, em coletas realizadas em diferentes anos na Fazenda Corinalves, Catalão, GO. As médias e barras de erro (desvio padrão) foram calculadas a partir dos valores de três repetições. Letras minúsculas diferentes indicam diferença estatística significativa entre datas dentro da mesma área. Letras maiúsculas diferentes indicam diferença estatística significativa entre áreas dentro da mesma data (Kruskal-Wallis; alfa= 0,05).

As áreas sob pastagem e cerrado nativo servem como referências às condições originais do solo. Geralmente, esperam-se reduções na atividade da fosfatase ácida em áreas agrícolas, decorrentes do efeito inibidor dos adubos fosfatados utilizados nas áreas cultivadas sobre a atividade dessa enzima. No entanto, como o manejo adotado nessas áreas utiliza fontes orgânicas e/ou pouco solúveis de P, esse efeito inibitório não foi marcante. As áreas cultivadas sob corredores agroecológicos apresentaram menor atividade dessa enzima em comparação a pastagem, mas sua atividade mostrou-se superior àquela apresentada na área sob cerrado nativo. Com relação à atividade da arilsulfatase, observou-se que, em T2, após dois ciclos, a área sob corredor

agroecológico apresentava os mesmos valores que as áreas de referência. Deve ser ressaltado que a comparação de vegetação nativa x área cultivada depende do sistema de manejo utilizado, pois, à medida que a qualidade dos sistemas de manejo melhora, espera-se um aumento da atividade dessas enzimas (Mendes et al., 2019).

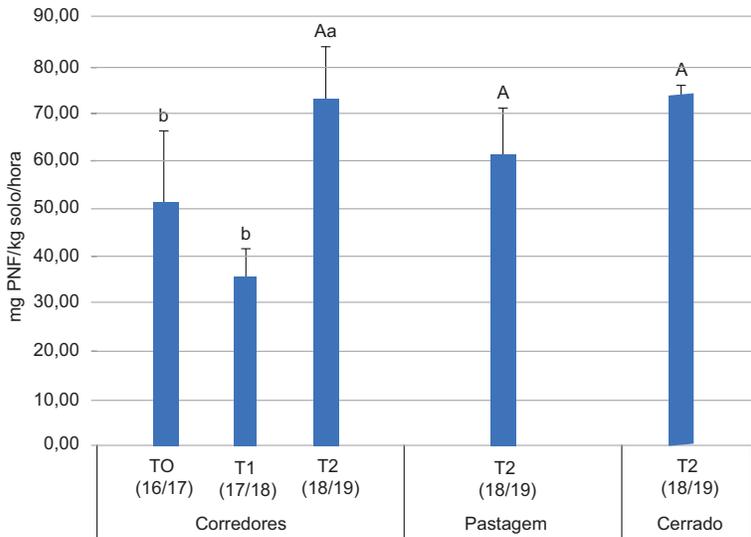


Figura 14. Atividade da enzima arilsulfatase em amostras de solo de áreas sob corredores agroecológicos, pastagem e cerrado nativo, em coletas realizadas em diferentes anos na Fazenda Corinalves, Catalão, GO. As médias e barras de erro (desvio padrão) foram calculadas a partir dos valores de três repetições. Letras minúsculas diferentes indicam diferença estatística significativa entre datas dentro da mesma área. Letras maiúsculas diferentes indicam diferença estatística significativa entre áreas dentro da mesma data (Kruskal-Wallis; alfa= 0,05).

Quanto à atividade da enzima β -glicosidase, os menores valores apresentados para as áreas de pastagem e cerrado nativo denotam uma peculiaridade do funcionamento biológico dos solos de Cerrado (Mendes et al., 2019). Essa observação apresenta uma estreita relação com a quantidade e a qualidade dos resíduos vegetais aportados ao solo, que são mais complexos nas áreas nativas de Cerrado do que nas áreas agrícolas. Como a β -glicosidase atua na etapa final de decomposição da celulose, sua atividade é menor nas áreas nativas, onde os resíduos vegetais que retornam ao solo são mais complexos do que nas áreas cultivadas. Fatores relacionadas à acidez do solo nas áreas de pastagem e áreas nativas, comparados às áreas sob cultivo, também podem influenciar na atividade da β -glicosidase.

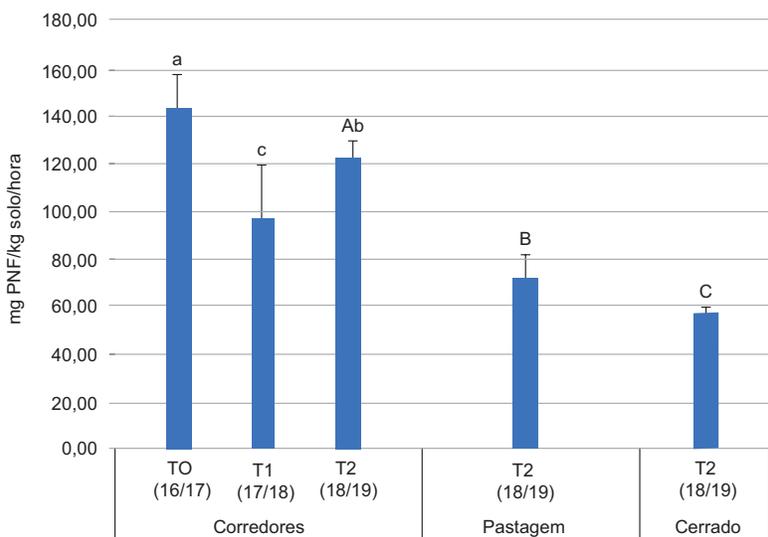


Figura 15. Atividade da enzima β -glicosidase em amostras de solo de áreas sob corredores agroecológicos, pastagem e cerrado nativo, em coletas realizadas em diferentes anos na Fazenda Corinalves, Catalão, GO. As médias e barras de erro (desvio padrão) foram calculadas a partir dos valores de três repetições. Letras minúsculas diferentes indicam diferença estatística significativa entre datas dentro da mesma área. Letras maiúsculas diferentes indicam diferença estatística significativa entre áreas dentro da mesma data (Kruskal-Wallis; alfa= 0,05).

Na área de estudo da Fazenda Piracanjuba, Silvânia, GO (Figuras 16, 17 e 18), não houve uma coleta intermediária entre T0 e T2 e os valores de atividade para as três enzimas avaliadas são praticamente os mesmos entre as duas épocas de coleta. Espera-se que, tanto em Catalão quanto em Silvânia, a atividade enzimática e, conseqüentemente, a qualidade do solo respondam positivamente ao manejo dos corredores agroecológicos. Em Silvânia, a área de cerrado nativo apresenta maior atividade das enzimas fosfatase ácida e arilsulfatase que as áreas cultivadas. Importante destacar a influência do solo (naturalmente mais fértil) e da vegetação mais densa sobre a atividade dessas enzimas, em especial, para a arilsulfatase, com valores bastante altos, como já observado por Mendes et al. (2012). Aqui não foi observado uma menor atividade da enzima β -glicosidase na área sob cerrado nativo, como nas áreas de Catalão. Essa observação reflete a diferença dos teores de matéria orgânica das áreas de cerrado nativo em relação à área cultivada.

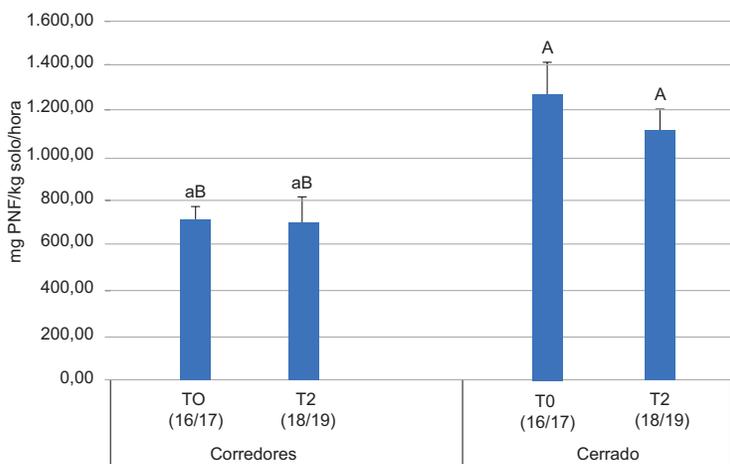


Figura 16. Atividade da enzima fosfatase ácida em amostras de solo de áreas sob corredores agroecológicos e cerrado nativo, em coletas realizadas em diferentes anos na Fazenda Piracanjuba, Silvânia, GO. As médias e barras de erro (desvio padrão) foram calculadas a partir dos valores de três repetições. Letras minúsculas diferentes indicam diferença estatística significativa entre datas dentro da mesma área. Letras maiúsculas diferentes indicam diferença estatística significativa entre áreas dentro da mesma data (Kruskal-Wallis; $\alpha = 0,05$).

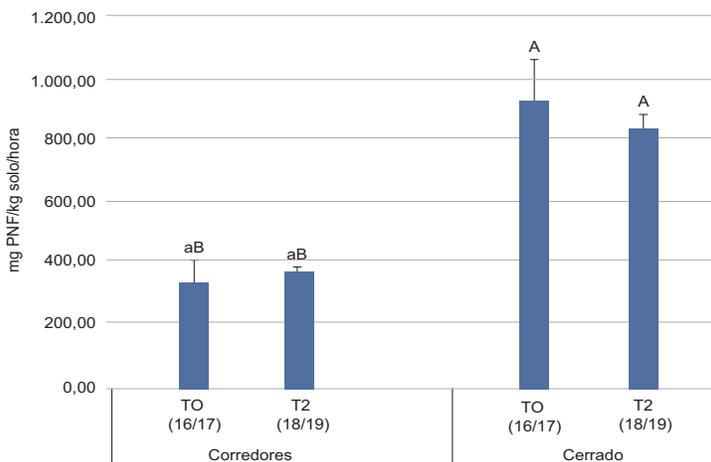


Figura 17. Atividade da enzima arilsulfatase em amostras de solo de áreas sob corredores agroecológicos e cerrado nativo, em coletas realizadas em diferentes anos na Fazenda Piracanjuba, Silvânia, GO. As médias e barras de erro (desvio padrão) foram calculadas a partir dos valores de três repetições. Letras minúsculas diferentes indicam diferença estatística significativa entre datas dentro da mesma área. Letras maiúsculas diferentes indicam diferença estatística significativa entre áreas dentro da mesma data (Kruskal-Wallis; $\alpha = 0,05$).

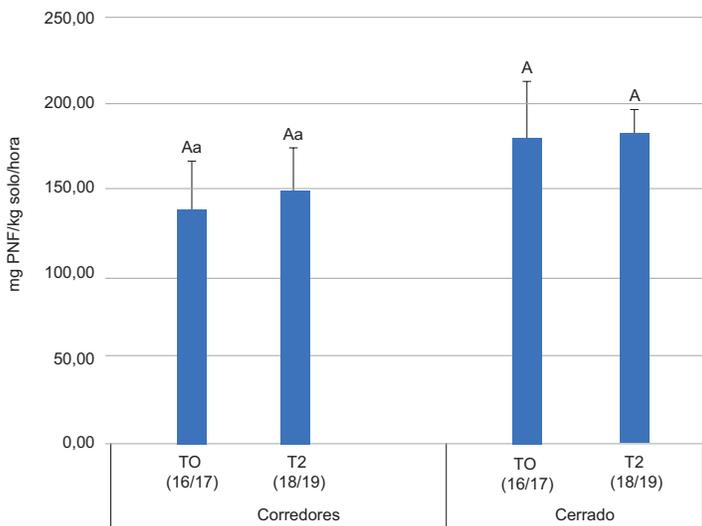


Figura 18. Atividade da enzima β -glicosidase em amostras de solo de áreas sob corredores agroecológicos e cerrado nativo, em coletas realizadas em diferentes anos na Fazenda Piracanjuba, Silvânia, GO. As médias e barras de erro (desvio padrão) foram calculadas a partir dos valores de três repetições. Letras minúsculas diferentes indicam diferença estatística significativa entre datas dentro da mesma área. Letras maiúsculas diferentes indicam diferença estatística significativa entre áreas dentro da mesma data (Kruskal-Wallis; alfa= 0,05).

Fauna edáfica e sua relação com a qualidade do solo nas áreas dos corredores agroecológicos

Os valores de densidade populacional média de enquitreídeos em Catalão e Silvânia, no T0, antes da implantação dos corredores, foram idênticos, alcançando cerca de 23 mil ind.m² nos solos amostrados após preparo antes do plantio (Figura 19). No ano seguinte (T1), em Catalão, a área do corredor apresentou uma densidade elevada de aproximadamente 58 mil indivíduos por metro quadrado, enquanto, no ano subsequente, a densidade foi de apenas 170 ind.m². O teste estatístico de Kruskal-Wallis apontou diferença significativa apenas para o T2. Da mesma forma, a riqueza de gêneros foi significativamente menor apenas no segundo ano. A área com monocultivo de milho apresentou densidade de enquitreídeos 10x menor em comparação à área do corredor no T1, mas não diferiu no T2 (Figura 19). Os coeficientes de variação da densidade populacional foram sempre maiores, pelo menos

o dobro, na área do corredor do que na área do milho, tanto no T1 como no T2, e também no T0 (Tabela 3). O mesmo não se observou para a riqueza comparando-se as áreas no mesmo ano. Porém, no T2, o coeficiente de variação foi maior que no T0 para riqueza, o que pode estar relacionado com o baixo número de indivíduos coletados e muitas amostras com ausência de enquitreídeos.

Em Silvânia, não houve coleta no T1, devido ao atraso no manejo do solo do local. As comparações no tempo demonstraram que não houve alteração na densidade populacional de enquitreídeos no solo do corredor agroecológico, mas a riqueza aumentou significativamente (Kruskal-Wallis; $\alpha=0,05$), enquanto o solo da área com monocultivo de feijão apresentou uma população significativamente menor de enquitreídeos em relação ao solo do corredor (Figura 19). Ao contrário de Catalão, os valores de coeficiente de variação em Silvânia não foram tão altos e não variaram muito no tempo e nem entre as áreas (Tabela 3), ou seja, os dados sugerem que a qualidade do solo em Silvânia talvez esteja mais estabilizada do que em Catalão.

Cabe ressaltar que, nos T0 e T1, em Catalão, a riqueza variou de 2 a 4, em que o gênero *Enchytraeus* correspondeu a 83% ou mais da população, e *Hemienchytraeus*, a 13%–17% da população. No T2, as amostras revelaram populações quase nulas, o que comprometeu a avaliação da riqueza de gêneros. Em contrapartida, o número de diferentes gêneros aumentou de T0 para o T2, de 4 para 5 em Silvânia, em que *Enchytraeus* reduziu de 84% para 55% na área do corredor e *Fridericia* passou a constiuir 20% da população. Na área de monocultivo de feijão adjacente à área do corredor, o gênero *Enchytraeus* constiuuiu 71% e *Fridericia*, 8% da população. A ocorrência do gênero *Hemienchytraeus* variou de 13% a 20%. Já os gêneros *Guaranidrilus* e *Xetadrilus* tiveram sua ocorrência registrada na área do corredor e do feijão em Silvânia em T0 e T2 e, em Catalão, apenas na área do milho no T1, em proporções menores que 1%. Apesar de inconclusivos, os dados sugerem um possível aumento com o tempo na riqueza de gêneros da área do corredor.

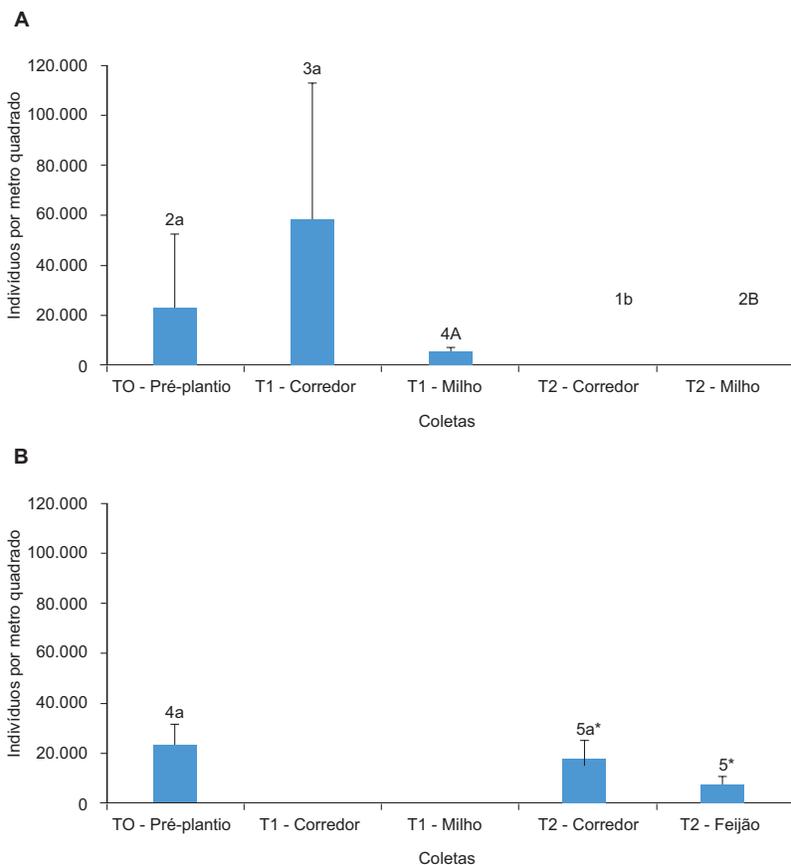


Figura 19. Densidade populacional média de microminhocas (Enchytraeidae) (indivíduos/m²) em cada data de coleta nas áreas do corredor agroecológico e áreas adjacentes na Fazenda Corinalves, Catalão (A) e na Fazenda Piracanjuba, Silvânia (B), nos anos de 2016 (T0), 2017 (T1) e 2018 (T2). Barras representam o desvio padrão e números acima de cada coluna são os valores de riqueza de gêneros. Letras diferentes indicam diferença estatística entre as densidades de cada data de coleta dentro de cada área. Asterisco indica diferença significativa entre áreas com culturas diferentes (Kruskal-Wallis; $\alpha=0,05$).

Enchytraeus e *Fridericia* são gêneros com espécies comumente encontradas em áreas com um grau maior de perturbação como agroecossistemas (Jänsch et al., 2005; Dezi et al., 2013; Zagatto et al., 2020), ao passo que *Guaranidrilus* spp são mais característicos de áreas com um grau de preservação maior, como áreas de vegetação nativa (Niva et al., 2015; Assis, 2015;

Zagatto et al., 2020). Assis (2015), comparando solos de produção de olerícola convencional e orgânica, encontraram número de enquitreídeos semelhantes, mas maiores que em lavoura de milho convencional. Assim como no presente trabalho, *Enchytraeus* e *Fridericia* foram predominantes nas áreas cultivadas. A presença de *Guaranidrilus* e *Xetadrilus* nas áreas estudadas podem ser um indicativo positivo da qualidade do solo.

Tabela 3. Coeficiente de variação da densidade populacional e riqueza de gêneros de enquitreídeos e da atividade alimentar de invertebrados em cada local e data de coleta.

Área	Local	Época	Coeficiente de variação		
			Densidade populacional	Riqueza	Atividade de invertebrados
Corredor	Catalão	T0	127%	24,7%	-
Corredor	Catalão	T1	47%	24,7%	19,4%
Corredor	Catalão	T2	124,8%	86,6%	13,6%
Milho	Catalão	T1	23,4%	21,7%	4,2%
Milho	Catalão	T2	50%	173,2%	2,3%
Corredor	Silvania	T0	40%	21,7%	-
Corredor	Silvania	T2	45,4%	12,4%	0,2%
Feijão	Silvania	T2	38,2%	15,7%	0,6%

A avaliação da atividade alimentar de invertebrados edáficos decompositores por meio do método *bait-lamina* permite uma avaliação funcional do ponto de vista biológico do solo, pois mensura o consumo de iscas à base de celulose e aveia em pó nos locais de interesse. Entre as avaliações realizadas, observou-se diferença significativa na atividade alimentar entre T1 e T2 na área de milho, mas não apontou diferença entre o corredor e milho 2 dois anos (Figura 20).

Digno de nota é o consumo quase total de iscas no período de 14 dias de exposição em Silvânia, enquanto, em Catalão, durante o mesmo período de exposição, o consumo variou de 78% a 96%. Apesar de vários fatores poderem influenciar a atividade alimentar, de modo geral, a área estudada em Silvânia pode ter apresentado condições mais favoráveis para que a atividade alimentar fosse um pouco maior que em Catalão. De fato, a qualidade do solo em termos de fertilidade química da área de Silvânia é melhor que em Catalão, tanto pelo histórico da área como pelos resultados da análise química. A área destinada ao corredor em Catalão coincide com a área de passagem de uma antiga estrada, o que poderia explicar uma qualidade de

solo mais comprometida na faixa 3 e menos na faixa 1 do corredor. A área de Silvânia já mostra um histórico um pouco mais longo de melhoria do solo, manejado ecologicamente e sem maiores impactos de ações antrópicas, a não ser a implantação das lavouras. Quando se analisa o consumo de iscas por faixa dentro da área do corredor, observa-se que os valores foram sempre menores na faixa 3 tanto em T1 como em T2.

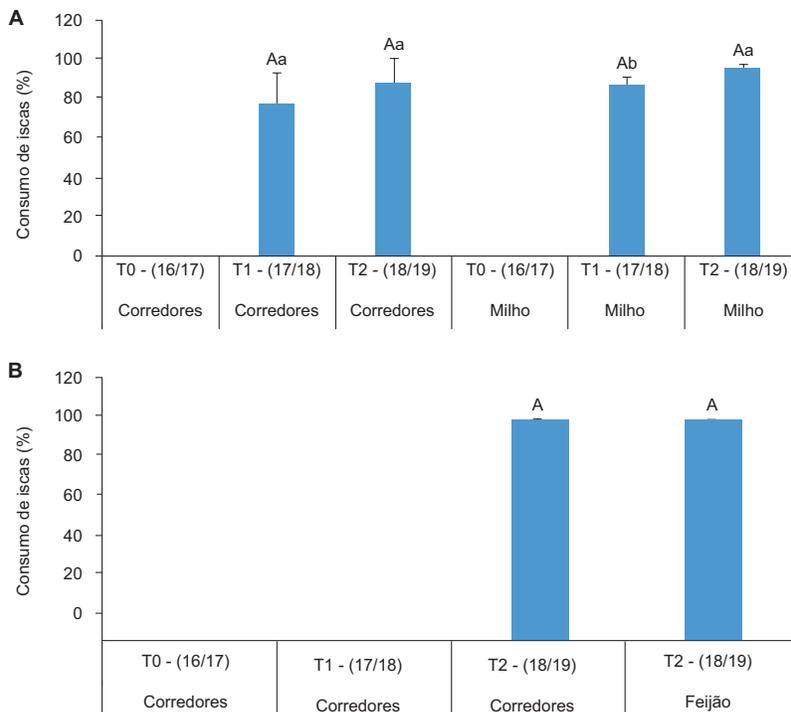


Figura 20. Atividade alimentar de invertebrados do solo mensuradas pela quantidade de iscas consumidas (%) pelo método *bait-lamina* em cada data de coleta nas áreas do corredor agroecológico e áreas adjacentes em Catalão (A) e Silvânia (B) nos anos de 2016 (T0), 2017 (T1) e 2018 (T2). Letras minúsculas diferentes indicam diferença estatística significativa entre datas dentro da mesma área. Letras maiúsculas diferentes indicam diferença estatística significativa entre áreas dentro da mesma data (Kruskal-Wallis; alfa= 0,05).

O aumento na atividade alimentar em áreas com maior cobertura ou diversificação de cobertura vegetal (Graenitz; Bauer, 2000; Birkhofer et al., 2011) e em áreas com uso de adubação a partir de resíduos orgânicos (Graenitz;

Bauer, 2000; Tao et al., 2016) também já foram relatados. De certa forma, esses trabalhos corroboram com as observações do presente trabalho.

A atividade alimentar de invertebrados não diferiu entre o corredor e a área do milho, mas corroborou com o resultado de densidade de enquitreídeos quando se refere ao coeficiente de variação no corredor (Tabela 3). Além da possível heterogeneidade no solo proveniente das diferentes plantas do corredor, que pode ter se refletido na grande variabilidade dos dados, o consumo de iscas foi menor nas subamostras da faixa 3 em Catalão, área do experimento em que o solo sofreu um impacto maior da antiga estrada. No geral, em Silvânia, os coeficientes de variação da atividade alimentar de invertebrados foram bem menores do que em Catalão, resultado que reflete a fertilidade do solo mais homogênea e estabilizada observada em Silvânia.

A avaliação da atividade alimentar não permite a identificação dos invertebrados que consumiram as iscas, mas partindo da premissa de que são principalmente invertebrados decompositores, supõe-se que onde há maior atividade alimentar haverá uma decomposição maior da matéria orgânica. Os invertebrados podem potencializar a decomposição por meio da fragmentação do material orgânico em pedaços menores, digestão parcial da matéria orgânica no trato digestório e regulação de fungos e bactérias pela predação e ingestão dos microrganismos que crescem sobre a matéria morta e também por serem alimento de predadores e parasitas (Brown et al., 2015).

Neste trabalho, os enquitreídeos foram utilizados para se ter dados de densidade e de riqueza da população de um representante da fauna edáfica decompositora nas avaliações como contraponto à avaliação da atividade alimentar que não permite identificar os organismos que se alimentam da isca. Já foi constatado que os enquitreídeos se alimentam da isca da *bait-lamina*, além de outros invertebrados, como as minhocas, colêmbolos e ácaros (Van Gestel et al., 2003). A não correspondência da maior atividade alimentar com o maior número de enquitreídeos é até esperado, pois a comunidade de invertebrados potencialmente presente é diversificada, como é o caso dos locais estudados. Por exemplo, nas lâminas expostas e trazidas de Catalão e Silvânia, observou-se a presença de alguns enquitreídeos se alimentando dentro de algumas iscas, e também colêmbolos e um pequeno diplópoda. Ao recolher as lâminas no campo, também se observou a presença de minhocas bem próximas às iscas em alguns pontos. Em uma avaliação

visual rápida nas áreas, apenas andando em zigue-zague e cavando o solo aleatoriamente, se observou a presença de pelo menos três morfotipos de coleópteros adultos, corós (coleópteros na forma larval), formigas, cupins, três morfotipos de minhocas, pequenos diplópodos e aracnídeos. A presença de invertebrados na avaliação visual foi mais marcante em Silvânia do que em Catalão, o que, de certa forma, corrobora com a atividade alimentar ligeiramente maior em Silvânia.

Muitos trabalhos que utilizam o método *bait-lamina* para uma avaliação funcional do solo observam uma influência negativa do uso de agrotóxicos sobre a atividade alimentar dos invertebrados e de grupos da fauna edáfica (Santos et al., 2011; Niemeyer et al., 2018). No presente trabalho, não se comparou o efeito de agrotóxicos, mas as áreas estudadas deixaram de usar esses insumos. Portanto, existe a expectativa de que haja um incremento na atividade e diversidade de organismos com a adoção do corredor agroecológico.

De modo geral, os dados ainda não são conclusivos quanto à melhoria da qualidade biológica do solo com a implantação dos corredores, considerando os invertebrados edáficos. Entretanto, foi possível aprender algumas lições em relação aos métodos utilizados. Em relação ao uso de enquitreídeos, os resultados sugerem que a riqueza de gêneros pode indicar melhor os efeitos do sistema do que apenas a densidade populacional. A análise multivariada sugeriu que a riqueza de gêneros foi uma variável biológica importante na caracterização da qualidade do solo, porém estudos complementares em anos subsequentes nas áreas de interesse seriam necessários para confirmar essa informação.

O método *bait-lamina* precisa de ajustes para uma aplicação mais eficaz. O tempo de exposição de 14 dias foi longo demais para a estação chuvosa no local, causando um consumo quase que completo das iscas, inviabilizando comparações. A redução da exposição para 10 dias poderia aumentar consideravelmente a sensibilidade do método. Por ser um método simples, um rápido treinamento do próprio agricultor poderia auxiliar na retirada das lâminas no tempo mais adequado, sem necessidade de a equipe se deslocar até o local periodicamente. Ao menos mais uma avaliação aplicando esse ajuste metodológico seria desejável para obtenção de um resultado mais conclusivo em relação ao uso da atividade alimentar de invertebrados como indicador

da melhoria do solo nas áreas do corredor. O tempo de exposição é crucial para uma avaliação eficiente (Römbke, 2014; International Organization for Standardization, 2016).

Análises de componentes principais (PCA)

Nos resultados das análises de componentes principais (PCA), observa-se a representação da distribuição dos tratamentos avaliados de acordo com a variabilidade dos dados das propriedades químicas, físicas e biológicas dos solos, em duas dimensões. A dispersão dos escores obtidos para cada um dos tratamentos em um sistema de eixos cartesianos, representados pelos componentes principais, permite visualizar as semelhanças entre os tratamentos com base nas “n” variáveis analisadas, maximizando o aproveitamento da variabilidade disponível.

Fazenda Corinalves, Catalão, GO

Na Figura 21, mostra-se que as amostragens realizadas em 2016 e 2017, na área onde foi implantado o sistema de corredores, formaram dois grupos distintos, porém, relativamente próximos. Em contrapartida, as amostras coletadas em 2018 ficaram em um grupo claramente separado. Como esperado, as amostras de pastagem e Cerrado, analisadas em 2018, formaram um quarto grupo, distante dos demais. Esses resultados enfatizam a influência que o manejo do solo exerce sobre suas características, químicas, físicas e biológicas.

Na Figura 22, quanto maior o comprimento dos raios atribuídos a cada atributo do solo, mais correlacionada é esta variável com os eixos aos quais elas estão associadas. O eixo 1 explica 51,24% da variabilidade total dos dados, sendo que as variáveis que mais se correlacionaram (> 60%) com este eixo foram pH (H_2O e $CaCl_2$), P, H + Al, Ca, Mg, Al, soma de bases, CTC efetiva (t), CTC total (T), saturação por bases (V%), saturação por Al (m), densidade aparente, densidade de esporos de FMA e atividade da enzima β -glicosidase (Figura 22; Tabela 1). Por outro lado, tiveram maior correlação com o eixo 2 (> 60%) os atributos K, MO, umidade, riqueza de enquitreídeos e as atividades das enzimas fosfatase ácida e arilsulfatase (Figura 22; Tabela 4). Os atributos mais associados ao eixo 1 são os principais responsáveis

pela separação das áreas no sentido horizontal do gráfico. De maneira geral, os atributos relacionados a fertilidade química do solo separam as áreas, em um sentido crescente, da mata e cerrado, às amostras coletadas nos corredores em 2018. Por outro lado, os atributos associados a acidez do solo seguem o sentido contrário, em direção a mata e ao cerrado. Essas observações denotam a melhoria da fertilidade do solo com a adoção dos corredores agroecológicos. Já os atributos mais associados ao eixo 2 são os principais responsáveis pela separação das áreas no sentido vertical do gráfico. A MO, o K e a riqueza de enquitreídeos estão mais associadas às amostras de corredores coletadas em 2016 e 2017, ao passo que as atividades das enzimas fosfatase ácida e arilsulfatase estão associadas, em especial, às amostras coletadas nos corredores em 2018.

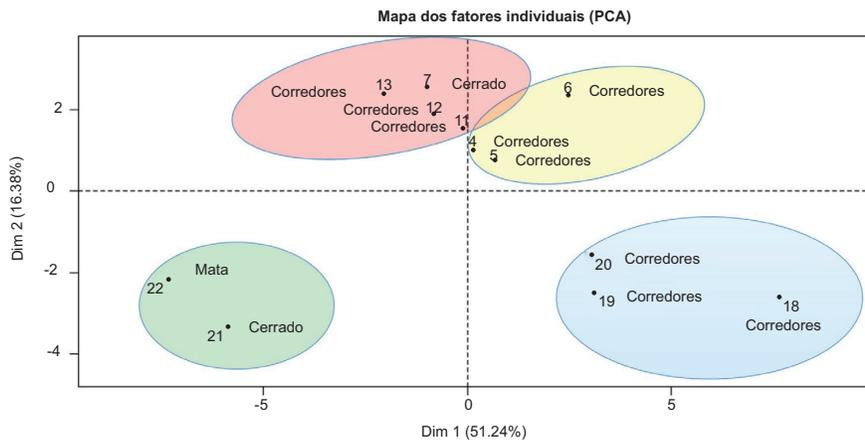


Figura 21. Análise de componentes principais (PCA) representando a distribuição das áreas avaliadas na Fazenda Corinalves, Catalão, GO, nos anos 2016, 2017 e 2018.

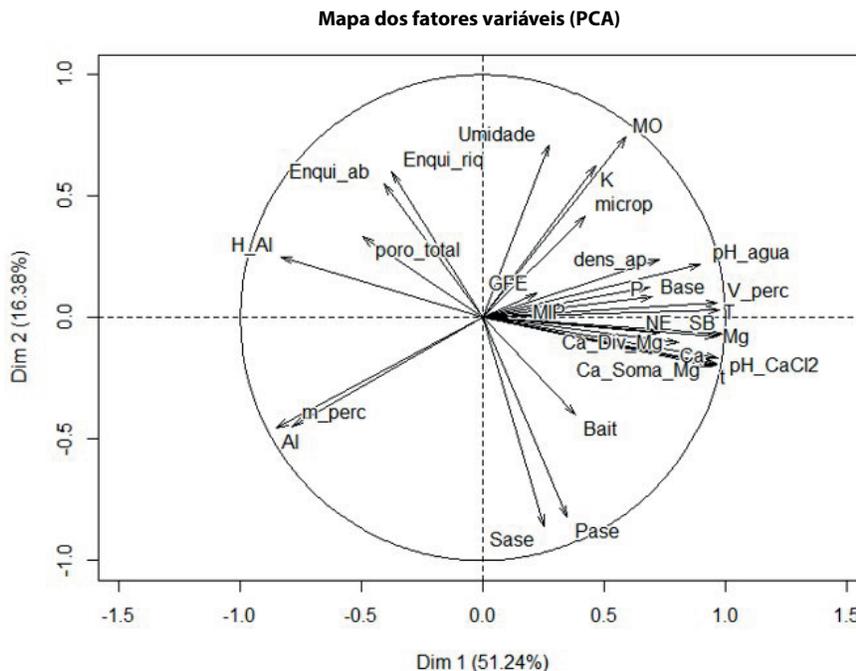


Figura 22. Análise de componentes principais (PCA) das áreas avaliadas na Fazenda Corinalves, Catalão, GO, com a representação gráfica da correlação dos atributos do solo com os eixos aos quais eles estão associados.

Tabela 4. Valores de correlação dos atributos do solo com os eixos da análise de componentes principais (PCA) das áreas avaliadas na Fazenda Corinalves (Catalão, GO) e na Fazenda Piracanjuba (Silvânia, GO).

Correlação Variáveis	Fazenda Corinalves		Fazenda Piracanjuba	
	Dim 1	Dim 2	Dim 1	Dim 2
pH água	0,899	0,220	0,802	0,024
pH CaCl2	0,962	-0,194	-0,028	-0,895
P	0,691	0,125	0,782	-0,380
K	0,466	0,626	0,713	0,624
H+Al	-0,831	0,249	-0,530	0,087
Ca+Mg	0,972	-0,164	0,986	-0,087
Ca	0,947	-0,200	0,949	-0,146

Continua...

Tabela 4. Continuação.

Correlação Variáveis	Fazenda Corinalves		Fazenda Piracanjuba	
	Dim 1	Dim 2	Dim 1	Dim 2
Mg	0,965	-0,076	0,714	0,145
MO	0,593	0,746	0,397	0,438
Al	-0,849	-0,453	NaN	NaN
SB	0,989	-0,066	0,989	0,004
T	0,965	-0,190	0,989	0,004
t	0,977	0,030	0,921	0,032
m (%)	-0,785	-0,477	NaN	NaN
V (%)	0,969	0,061	0,901	-0,047
Ca/Mg	0,808	-0,103	0,560	-0,284
Umidade	0,271	0,711	-0,254	0,886
Densidade aparente (densa p)	0,731	0,241	-0,270	-0,683
Microporosidade (microp)	0,425	0,416	-0,450	0,653
Porosidade total (poro total)	-0,495	0,332	0,896	0,166
Glomalina facilmente extraível (GFE)	0,226	0,099	-0,744	-0,061
Densidade de glomerosporos (NE)	0,728	-0,065	0,359	-0,704
Potencial de inóculo de FMA (MIP)	0,277	-0,019	-0,564	-0,285
Abundância enquitreídeos (enquiab)	-0,405	0,552	-0,405	0,177
Riqueza enquitreídeos (enquiriq)	-0,375	0,601	0,763	-0,274
<i>Bait-lamina</i> (atividade alimentar)	0,384	-0,400	0,310	-0,122
Fosfatase (Pase)	0,347	-0,821	0,096	0,888
Arilsulfatase (Sase)	0,254	-0,858	0,332	0,895
B- glicosidades (Base)	0,701	0,085	0,204	0,654

NaN = *not a number*

Fazenda Piracanjuba, Silvânia, GO

Na Figura 23, mostra-se que as amostragens realizadas em 2016, 2017 e 2018, na área onde foi implantado o sistema de corredores, formaram três grupos distintos, porém próximos. Entretanto, o grupo com a amostragem nos corredores em 2016, ficou um pouco mais deslocado dos grupos das amostragens de 2017 e 2018. Assim como em Catalão, mais uma vez as amostras sob cerrado, analisadas em 2018, formaram um quarto grupo, bem distante dos demais.

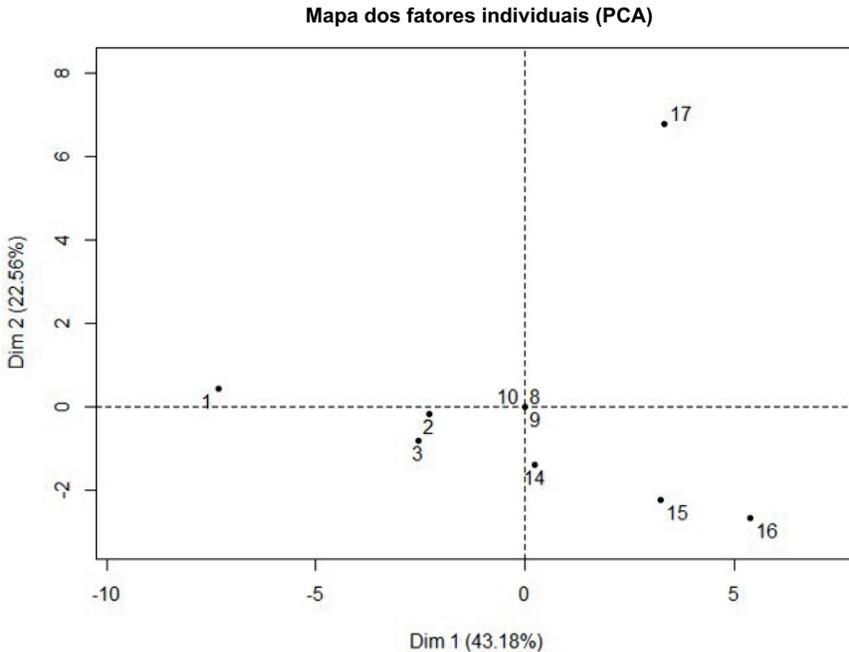


Figura 23. Análise de componentes principais (PCA) representando a distribuição das áreas avaliadas na Fazenda Piracanjuba, Silvânia, GO, nos anos 2016, 2017 e 2018.

Na Figura 24, observa-se que eixo 1 explicou 43,18% da variabilidade total dos dados, sendo as variáveis que mais se correlacionaram (> 60%) com este eixo pH (H₂O), P, K, Ca, Mg, soma de bases, CTC efetiva (t), CTC total (T), saturação por Al (m), porosidade total, GFE e riqueza de enquitreídeos. Já os que mostraram maior correlação com o eixo 2 foram os atributos pH (CaCl₂), K, umidade, densidade aparente, microporosidade, densidade de glomerosporos e as atividades das enzimas fosfatase ácida, arilsulfatase e β-glicosidase (Tabela 4). O solo de Silvânia apresenta uma qualidade naturalmente superior ao solo de Catalão e essa diferença é refletida nos resultados. Os atributos relacionados à fertilidade química do solo estão, de maneira geral, mais associados ao eixo 1, seguindo, em sentido crescente, das amostras coletadas nos corredores em 2016 até as amostras coletadas no cerrado e corredores (coletas 2017 e 2018), com o GFE no sentido contrário. Com relação ao eixo 2, destacam-se a microporosidade, a umidade e as atividades das enzimas fosfatase ácida, arilsulfatase e β-glicosidase, sepa-

randando as áreas de cerrado com maior atividade das áreas dos corredores. No sentido contrário, a densidade aparente, o pH em CaCl_2 e o DE são os outros atributos responsáveis pela diferenciação dessas áreas.

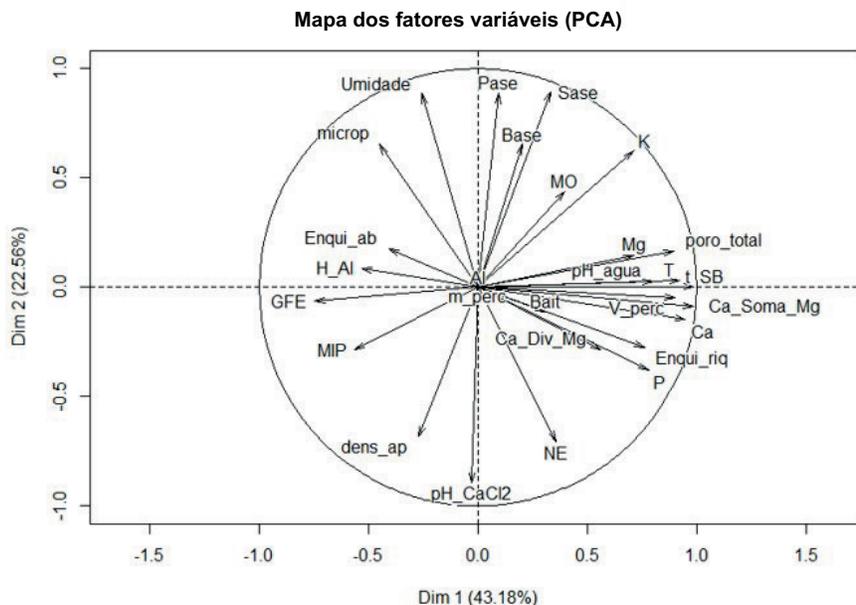


Figura 24. Análise de componentes principais (PCA) das áreas avaliadas na Fazenda Piracanjuba (Silvânia - GO), com a representação gráfica da correlação dos atributos do solo com os eixos aos quais eles estão associados.

Índices de qualidade dos solos

Fazenda Corinalves

O IQSFertbio para as amostras de solo coletadas em T0, T1 e T2 foi de 0,61, 0,54 e 0,65, respectivamente. Na Figura 25, são representados os valores atribuídos a cada função, sendo: (F1) capacidade de ciclar nutrientes; (F2) capacidade de armazenar nutrientes; e (F3) capacidade de suprir nutrientes. De T0 para T1, observa-se que houve uma redução de 23% na capacidade de ciclar nutrientes e 8% na capacidade de armazenar nutrientes. Em T2, foi observado uma recuperação dessas funções do solo, inclusive com

incremento de 15% na capacidade de armazenar nutrientes e 8% na capacidade de suprir nutrientes. Na Figura 26, são apresentados os resultados para IQSQuim e o IQSBio, que, seguindo a tendência observada para as funções do solo, também diminuíram de T0 para T1, apresentando recuperação em T2.

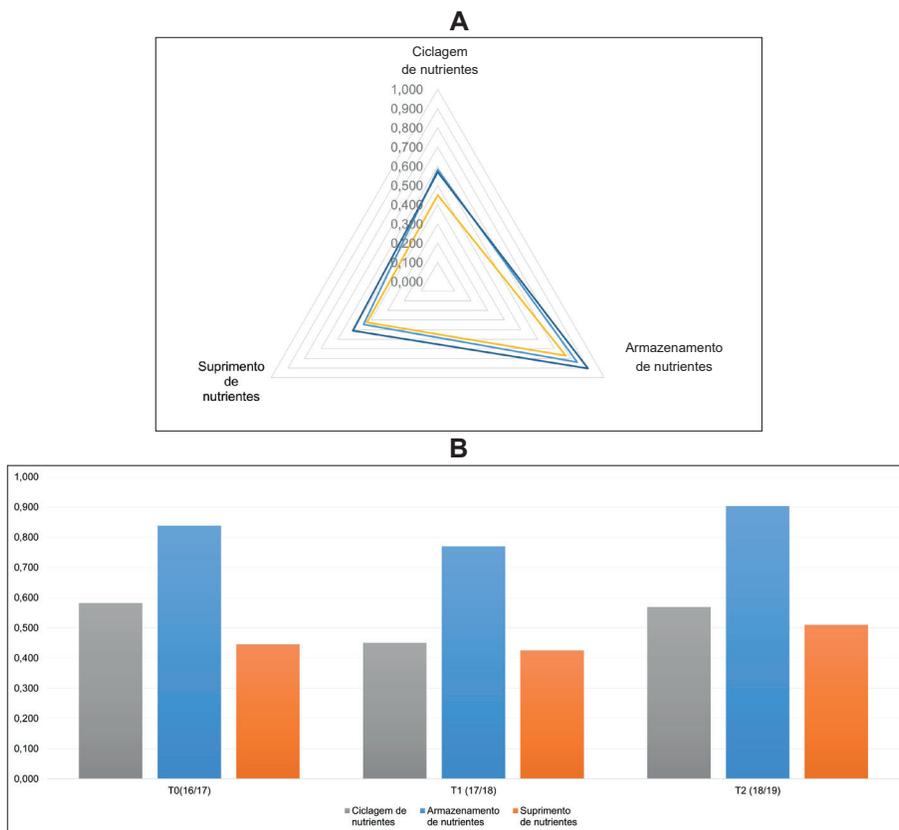


Figura 25. Funções (F1) capacidade de ciclar nutrientes; (F2) capacidade de armazenar nutrientes; e (F3) capacidade de suprir nutrientes apresentadas em gráfico tipo “radar” (A) e gráfico de barras (B), atribuídas ao solo sob corredores agroecológicos da Fazenda Corinalves, em T0 (2016/2017), T1 (2017/2018) e T2 (2018/2019).

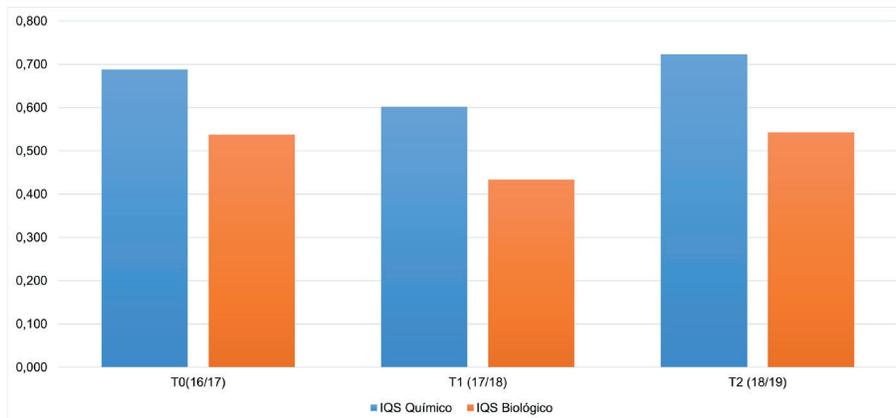


Figura 26. Índice de qualidade química (IQSQuim) e índice de qualidade biológica (IQSBio) de solo sob corredores agroecológicos da fazenda Corinalves, em T0 (2016/2017), T1 (2017/2018) e T2 (2018/2019).

Na Fazenda Corinalves, o IQSFertbio apresentou valores médios até, no máximo, 0,65 (T2), limite acima do qual um solo pode ser considerado de boa qualidade (Mendes et al., 2021). O solo dessa propriedade tem problemas com a ciclagem de nutrientes, associados à baixa atividade biológica observada, e sua função de suprir nutrientes também deve ser melhorada, principalmente com a manutenção da adubação fosfatada. Em T2, o IQSQuim apresentou uma pontuação de 0,72 resultado do manejo dos corredores agroecológicos, enquanto o IQSBio, com pontuação 0,54, ainda precisa ser melhorado. Espera-se que os corredores agroecológicos, com seu manejo que privilegia a agrobiodiversidade, a cobertura e o retorno de material vegetal ao solo e o uso de fontes orgânicas e minerais pouco solúveis de fertilizantes (especificamente para P), continuem melhorando as condições desse solo, conseqüentemente, aumentando sua qualidade.

Fazenda Piracanjuba

O IQSFertbio para as amostras de solo coletadas em T0 e T2 foi de 0,84 e 0,87, respectivamente. Na Figura 27, são representados os valores atribuídos a cada função, sendo: (F1) capacidade de ciclar nutrientes; (F2) capacidade de armazenar nutrientes; e (F3) capacidade de suprir nutrientes. De T0 para T2, observa-se que houve um pequeno incremento de 4% na capacidade de ciclar nutrientes e de 7% na capacidade de armazenar nutrientes. Na Figura 28, são apresentados os resultados para IQSQuim e o IQSBio, que, seguin-

do a tendência observada para as funções do solo, mantêm a qualidade ou apresentam um pequeno incremento de T0 para T2.

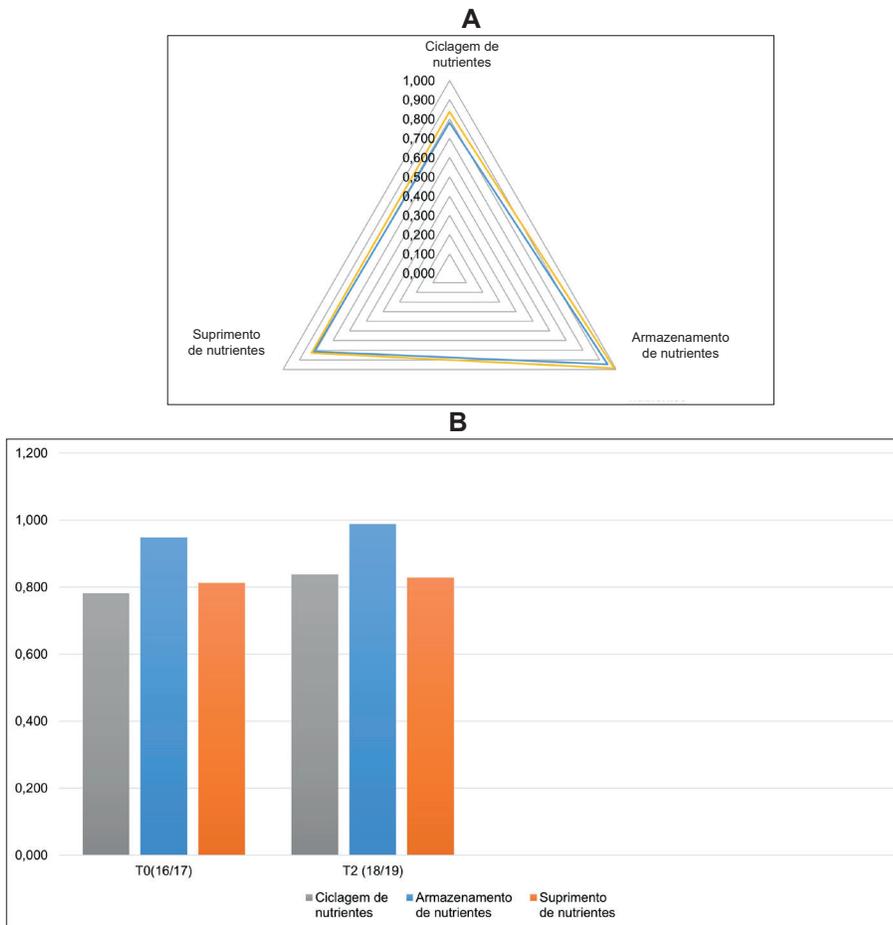


Figura 27. Funções (F1) capacidade de ciclar nutrientes, (F2) capacidade de armazenar nutrientes e (F3) capacidade de suprir nutrientes apresentadas em gráfico tipo “radar” (A) e gráfico de barras (B), atribuídas ao solo sob corredores agroecológicos da Fazenda Piracanjuba, em T0 (2016/2017) e T2 (2018/2019).

Na Fazenda Piracanjuba, a situação é bastante diferente da observada na Fazenda Corinalves, com o solo apresentando IQSFertbio > 0,80 e equilíbrio entre o desempenho das três funções observadas. Destaca-se a capacidade

de armazenar nutrientes, que, em função dos teores de matéria orgânica e CTC potencial, atingiu uma pontuação de 0,98 em T2. O solo da Fazenda Piracanjuba se mostra um solo saudável e de alta qualidade e espera-se que a adoção dos corredores agroecológicos possa manter ou melhorar ainda mais essa condição.

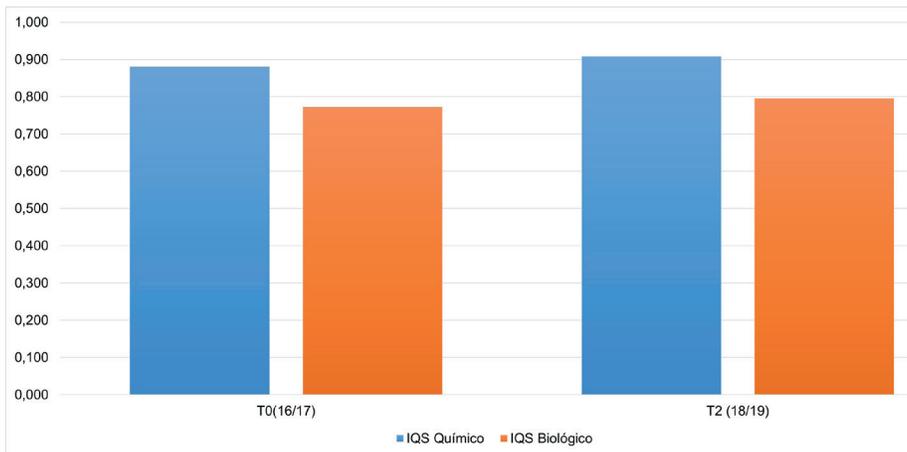


Figura 28. Índice de qualidade química (IQSQuim) e índice de qualidade biológica (IQSBio) de solo sob corredores agroecológicos da Fazenda Piracanjuba, em T0 (2016/2017) e T2 (2018/2019).

Conclusões

Para todos os atributos avaliados, os resultados de 3 anos de amostragens e de avaliações em áreas de corredores agroecológicos foram insuficientes para conclusões mais robustas. Foram observadas tendências de variações, porém não conclusivas. É sabido que alterações no manejo levam tempo para se refletirem no solo e essas determinações foi o ponto de partida para avaliações em longo prazo.

Para os atributos químicos do solo, na Fazenda Corinalves, observou-se que o cultivo dos corredores, com adubação balanceada e com as fontes empregadas, tem melhorado a fertilidade em relação à área de referência, principalmente nos teores de bases trocáveis e MO, bem como nos valores de pH e de acidez trocável e potencial. Na Fazenda Piracanjuba, que possui melhor fertilidade natural em seus solos, o cultivo da área com adubação tem

mantido ou melhorado a fertilidade do solo, principalmente nos teores de MO e P, além dos valores de pH e V. Quanto aos atributos físicos, houve uma tendência de compactação do solo em relação às áreas de referência, em ambas as fazendas, o que, muito provavelmente, está relacionado ao próprio uso da área para cultivo e a seu preparo com maquinário. A introdução de plantas de cobertura, com efeito descompactador e de incremento de MO ao solo, poderá reverter esse processo, mas, para averiguar essa hipótese, seria necessário um maior tempo de estudo.

Com relação à atividade micorrízica, em ambas as propriedades, a densidade de glomerosporos nas áreas de referência foi menor em relação às respectivas áreas de corredores e os teores de GFE diminuíram no decorrer dos períodos avaliados, apesar do registro de um ligeiro aumento dessa proteína no solo em T2 na Fazenda Corinalves. Já o potencial de inóculo de FMA permaneceu estável ao longo dos períodos de coletas e não houve variações importantes entre as áreas de corredores agroecológicos das duas fazendas estudadas, mesmo com diferenças expressivas entre essas áreas para os teores de P.

Para as enzimas indicadoras da qualidade de solo, na Fazenda Corinalves, houve diminuição da atividade da β -glicosidase, da arilsulfatase e da fosfatase ácida, após o primeiro ano de implantação dos corredores agroecológicos, com recuperação no ano seguinte. Na área de estudo da Fazenda Piracanjuba, não houve a coleta intermediária e os valores de atividade para as três enzimas avaliadas são praticamente os mesmos entre as duas épocas de coleta (T0 e T2).

Para os atributos de fauna de solo, os dados também são inconclusivos quanto à melhoria da qualidade biológica com a implantação dos corredores. Entretanto, algumas sugestões importantes para estudos futuros foram percebidas, como o curto espaço de tempo para detectar alterações biológicas consistentes, a indicação que a riqueza de gêneros pode indicar melhor os efeitos do sistema do que apenas a densidade populacional e aspectos relacionados à amostragem e tempo de exposição de lâminas para a avaliação de atividade alimentar.

A questão do curto espaço de tempo é recorrente para todos os atributos, inclusive para as determinações químicas e físicas. As variações em função da alteração no uso das áreas e na implementação do manejo das culturas,

das rotações e das práticas de correção e fertilização das áreas ocorrem em médio e longo prazo e, por isso, a continuidade dos estudos se faz necessária para que os resultados contribuam efetivamente na construção e na validação dos corredores agroecológicos enquanto sistema de produção. Também por essa razão (variações em médio e longo prazo), percebeu-se que as amostragens e análises podem ser feitas em intervalos maiores, otimizando recursos financeiros em projetos futuros. As ACPs confirmam essas tendências e justificam a continuidade dos estudos, de modo a reforçar as observações.

O IQS serviu como uma ótima ferramenta para resumir os dados apresentados neste trabalho, revelando que o solo da área de corredores da Fazenda Corinalves ainda pode ser melhorado em relação ao solo da área dos corredores da Fazenda Piracanjuba, que apresenta maior atividade biológica e equilíbrio entre o desempenho de armazenar, suprir e ciclar nutrientes.

Agradecimentos

Aos agricultores das fazendas Corinalves e Piracanjuba, parceiros indispensáveis para a realização deste trabalho.

Referências

- ALCÂNTARA, F. A. de. **Manejo agroecológico do solo**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2017. 28 p. (Embrapa Arroz e Feijão. Documentos, 314).
- ARAUJO, L. H. A.; SOARES, J. J.; OLIVEIRA, J. M. C. de; SOUSA, S. L. de; OLIVEIRA, J. N. de; SILVA, E. P. da; OLIVEIRA, F. P. de; LIMA, P. J. B. F. **Gergelim: cultura armadilha para a Mosca Branca em algodão**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2001. 3 p. (Comunicado Técnico, 143).
- ASSIS, O. **Enquitreídeos (Enchytraeidae, Oligochaeta) como indicadores do manejo do solo e em ensaios ecotoxicológicos**. 2015. 75 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2016.
- BAGO, B.; PFEFFER, P. E.; SHACHAR, H. Y. Carbon metabolism and transport in arbuscularmycorrhizas. **Plant Physiology**, v. 124, p. 949-957, 2000.
- BIRD, S. B.; HERRICK, J. E.; WANDER, M. M.; WRIGHT, S. F. Spatial heterogeneity of aggregate stability and soil carbon in semi-arid rangeland. **Environmental Pollution**, v. 116, p. 445-455, 2002.
- BIRKHOFFER, K.; DIEKÖTTER, T.; BOCH, S.; FISCHER, M.; MÜLLER, J.; SOCHER, S.; WOLTERS, V. Soil fauna feeding activity in temperate grassland soils increases with legume and grass species richness. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 43, n. 10, p. 2200-2207, 2011.

- BLANCANEAU, P.; CARVALHO JUNIOR, W. de; MOTTA, P. E. F. da; CARVALHO FILHO, A. de; PEREIRA, N. R.; CHAGAS, C. da S. **Sistemas pedológicos no Cerrado de Goiás:** Município de Silvânia, região Centro-Oeste do Brasil. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2007. 93 p. (Embrapa Solos. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 117).
- BRADFORD, M. M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. **Analytical Biochemistry**, v. 7, n. 72, p. 248-254, 1976.
- BROWN, G. G.; NIVA, C. C.; ZAGATTO, M. R. G.; FERREIRA, S. de A.; NADOLNY, H. S.; CARDOSO, G. B. X.; SANTOS, A.; MARTINEZ, G. de A.; PASINI, A.; BARTZ, M. L. C.; SAUTTER, K. D.; THOMAZINI, M. J.; BARETTA, D.; SILVA, E. da; ANTONIOLLI, Z. I.; DECAËNS, T.; LAVELLE, P. M.; SOUSA, J. P.; CARVALHO, F. Biodiversidade da fauna do solo e sua contribuição para os serviços ambientais. In: PARRON, L. M.; GARCIA, J. R.; OLIVEIRA, E. B. de; BROWN, G. G.; PRADO, R. B. (Ed.). **Serviços ambientais em sistemas agrícolas e florestais do Bioma Mata Atlântica**. Brasília, DF: Embrapa, 2015. p. 121-154. Capítulo 10.
- BRUSSAARD, L.; AANEN, D. K.; BRIONES, M. J. I.; DECAËNS, T.; DE DEYN, G. B.; FAYLE, T. M.; NOBRE, T. Biogeography and phylogenetic community structure of soil invertebrate ecosystem engineers, global to local patterns, implications for ecosystem, functioning and services and global, environmental change impacts. In: WALL, D. H.; Richard D. BARDGETT, R. D.; BEHAN-PELLETIER, V.; HERRICK, J. E.; JONES, T. H.; RITZ, K.; SIX, J.; STRONG, D. R.; van der PUTTEN, W. H. **Soil Ecology Ecosystems Services**. Oxford: Oxford Scholarship Online, 2012. p. 201-232.
- CAPRONI, A. L.; FRANCO, A. A.; BERBARA, R. L. L.; GRANHA, J. R. D. O.; RIBEIRO, S. E. M.; SAGGIN-JÚNIOR, O. J. Capacidade infectiva de fungos micorrízicos arbusculares em áreas reflorestadas após mineração de bauxita no Pará. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, p. 937-945, 2003.
- CARDOSO, I. M.; BODDINGTON, C.; JANSSEN, B. H.; OENEMA, O.; KUYPER, T. W. Distribution of mycorrhizal fungal spores in soils under agroforestry and monocultural coffee systems in Brazil. **Agroforestry Systems**, v. 58, p. 33-43, 2003.
- CARNEIRO, R. F. V.; CARDOSO JÚNIOR, F. M.; ARAÚJO, A. S. F.; MATOS FILHO, C. H. A.; SOUSA, R. F. Atributos dos fungos micorrízicos arbusculares como indicadores de áreas degradadas e em recuperação no estado do Piauí. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 11, p. 61-69, 2016.
- COLLOZI FILHO, A.; BALOTA, E. L. 1994. Micorrizas Arbusculares. In: HUNGRIA, M.; ARAÚJO, R. S. (ed.). **Manual de Métodos Empregados em Estudos de Microbiologia Agrícola**. Brasília, DF: Embrapa, 1994. p. 383-418.
- CORBIN, J. D.; AVIS, P. G.; WILBUR, R. B. The role of phosphorus availability in the response of soil nitrogen cycling, understory vegetation and arbuscular mycorrhizal inoculum potential to elevated nitrogen inputs. **Water, Air, and Soil Pollution**, v. 147, p. 141-161, 2003.
- CUNHA, E. Q.; STONE, L. F.; FERREIRA, E. P. B.; DIDONET, A. D.; MOREIRA, J. A. A. Atributos físicos, químicos e biológicos de solo sob produção orgânica impactados por sistemas de cultivo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 1, p. 56-63, 2011.
- DAVIDSON, D. A.; GRIEVE, I. C. Relationships between biodiversity and soil structure and function: evidence from laboratory and field experiments. **Applied Soil Ecology**, v. 33, p. 176-185, 2006.

- DE PONTES, J. S.; OEHL, F.; PEREIRA, C. D.; M, C. T.; COYNE, D.; SILVA, D. K. A.; MAIA, L. C. Diversity of arbuscular mycorrhizal fungi in the Brazilian's Cerrado and in soybean under conservation and conventional tillage. **Applied soil ecology**, v. 117-118, p. 178-189, 2017.
- DEZI, S.; LAL, D.; LAL, V. B. Enchytraeids sustainability and tolerance against agro-chemicals in Zea mays cropland. **The Bioskan**, v. 8, p. 213-217, 2013.
- DIAS, A. S.; MARUCCI, R. C.; MENDES, S. M.; MOREIRA, S. G.; ARAÚJO, O. G.; SANTOS, C. A. dos; BARBOSA, T. A. Bioecology of Spodoptera frugiperda (Smith, 1757) in diferente cover crops. **Bioscience Journal**, v. 32, p. 337-345, 2016.
- EL MUJTAR, V., MUÑOZ, N., MC CORMICK, B. P., PULLEMAN, M.; TITTONELL, P. Role and management of soil biodiversity for food security and nutrition; where do we stand. **Global food security**, v. 20, p. 132-144, 2019.
- EMBRAPA. Manual de métodos de análise de solo. 2. ed. ver. atual. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1997. 212 p.
- FARIA, A. B. de C.; UKAN, D.; SOUSA, N. J. Efeito das Sementes de Gergelim (Sesamum sp) sobre o fungo simbiote de formigas do gênero Acromyrmex spp (Formicidae: Hymenoptera). **Revista Ciências Exatas e Naturais**, v. 12, p. 133-141, 2010.
- FOKOM, R., ADAMOU, S., TEUGWA, M. C., BOYOGUENO, A. D. B., NANA, W. L., NGONKEU, M. E. L. TCHAMENI, N. S., NWAGA, D.; NDZOMO, G. T.; ZOLLO, P. H. A. Glomalin related soil protein, carbon, nitrogen and soil aggregate stability as affected by land use variation in the humid forest zone of south Cameroon. **Soil & Tillage Research**, v. 120, p. 69-75, 2012.
- FREIRE, F. M. **Interpretação de resultados de análise de solo**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2003. 4 p.
- GERDEMANN, J. W.; NICOLSON, T. H. Spores of mycorrhizal endogone species extracted from soil by wetsieving and decanting. **Transactions of the British Mycological Society**, v. 46, p. 235-244, 1963.
- GIOVANNETTI, M.; MOSSE, B. An evaluation of techniques for measuring vesicular arbuscular mycorrhizal infection in roots. **New Phytologist**, v. 84, p. 489-500, 1980.
- GOIÁS. SEPLAN. **Anuário estatístico do estado de Goiás**. Goiânia, 2005. p. 41.
- GOMATHY, M.; SABARINATHAN, K. G.; SIVASANKARI DEVI, T.; PANDIYARAJAN, P. Arbuscular mycorrhizal fungi and glomalin: super glue. **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences**, v. 7, p. 2853-2857, 2018.
- GRACE, C.; STRIBLEY, D. P. A safer procedure for routine staining of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. **Mycological Research**, v. 95, p. 1160-1162, 1991.
- GRAENITZ, J.; BAUER, R. The effect of fertilization and crop rotation on biological activity in a 90 year long-term experiment. **Bodenkultur-wien and munchen**, v. 51, n. 2, p. 99-106, 2000.
- GRUBBER, S.; CLAUPEIN, W. Effect of tillage intensity on weed infestation in organic farming. **Soil and Tillage Research**, v. 105, p. 104-111, 2009.
- GUADARRAMA, P.; ÁLVAREZ-SÁNCHEZ, F. J. Abundance of arbuscular mycorrhizal fungi spores in different environments in a tropical rain forest, Vera Cruz, Mexico. **Mycorrhiza**, v. 8, p. 267-270, 1999.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 18311**: soil quality: method for testing effects of soil contaminants on the feeding activity of soil dwelling organisms: bait-lamina test. Geneve, 2016.

- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 23611-3**: soil quality: sampling of soil invertebrates part 3: sampling and soil extraction of enchytraeids. Geneva, 2007.
- JÄNSCH, S.; RÖMBKE, J.; DIDDEN, W. The use of enchytraeids in ecological soil classification and assessment concepts. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 62, p. 266-277, 2005.
- KABIR, Z. Tillage or no-tillage: impact on mycorrhizae. **Canadian Journal of Plant Science**, v. 85, p. 23-29, 2005.
- KARLEN, D. L.; STOTT, D. E. A framework for evaluating physical and chemical indicators of soil quality. In: DORAN, J. W.; COLEMAN, D. C.; BEZDICEK, D. R.; STEWART, B. A. (ed). **Defining soil quality for a sustainable environment**. Madison: Soil Science Society of America, 1994. p. 53-72. (Special Publication, 35).
- KRATZ, W. The bait-lamina test. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 5, p. 94-96, 1998.
- LUTGEN, E. R.; MUIR-CLAIRMONT, D.; GRAHAM, J.; RILLIG, M. C. Seasonality of arbuscular mycorrhizal hyphae and glomalin in a western Montana grassland. **Plant and Soil**, v. 257, p. 71-83, 2003.
- MACHADO, A. T.; MACHADO, C. T. de T. Agrobiodiversidade e corredores agroecológicos. In: SANTILLI, J.; BUSTAMANTE, P. G.; BARBIERI, R. L. (ed). **Agrobiodiversidade**. Brasília, DF: Embrapa: ABA, 2015. p. 103-124. (Coleção Transição Agrocológica).
- MEDEIROS, M. A., HARTEITEN-SOUZA, E. S.; TOGNI, P. H. B.; MILANE, P. V. G. N.; PIRES, C. S. S.; CARNEIRO, R. G.; SUJII, E. R. **Princípios e práticas ecológicas para o manejo de insetos-praga na agricultura**. Brasília, DF: Emater-DF, 2010. 44 p.
- MELO, D. S.; BLEICHER, E. Comportamento da mosca-branca em plantios de gergelim e feijão de corda. **Revista Ciência Agronômica**, v. 37, p. 391-394, 2006.
- MENDES, I. C.; FERNANDES, M. F.; CHAER, G. M.; REIS JUNIOR, F. B. Biological functioning of Cerrado soils under different vegetation types. **Plant Soil**, v. 359, p. 183-195, 2012.
- MENDES, I. C.; SOUSA, D. M. G.; DANTAS, O. D.; LOPES, A. A. C.; REIS JUNIOR, F. B.; OLIVEIRA, M. I. L.; CHAER, G. M. Soil quality and grain yield: a win-win combination in clayey tropical Oxisols. **Geoderma**, v. 388, p. 114880-10, 2021.
- MENDES, I. C.; SOUSA, D. M. G.; REIS JUNIOR, F. B.; LOPES, A. A. C.; SOUSA, L. M.; CHAER, G. M. Bioanálise de solo: aspectos teóricos e práticos. **Tópicos em Ciência do Solo**, v. 10, p. 1-64, 2019.
- MIRANDA, J. C. C. **Cerrado**: micorriza arbuscular: ocorrência e manejo. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2008. 169 p.
- MIRANDA, J. C. C.; HARRIS, P. J. The effect of soil phosphorus on the external mycelium growth of arbuscular mycorrhizal fungi during the early stages of mycorrhizal formation. **Plant and Soil**, v. 166, p. 271-280, 1994.
- MIRANDA, J. C. C. de; MIRANDA, L. N. de. **Dependência micorrízica de diferentes culturas anuais, adubos verdes e pastagens em solos de cerrado**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2004. 3 p. (Embrapa Cerrados. Comunicado Técnico, 114).
- MIRANDA, J. C. C. de; MIRANDA, L. N. de. **Impacto do sistema de plantio direto na diversidade de espécies de fungos micorrízicos arbusculares nativos em solo de cerrado**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2007. 4 p. (Embrapa Cerrados. Comunicado Técnico, 135).

- MIRANDA, J. C. C.; VILELA, L.; MIRANDA, L. N. Dinâmica e contribuição da micorriza arbuscular em sistemas de produção com rotação de culturas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, p. 1005-1014, 2005.
- MOORMAN, T.; REEVES, S. B. The role of endomycorrhizae in revegetation practices in the semi-arid west. II. A bioassay to determine the effect of land disturbance on endomycorrhizal populations. **American Journal of Botany**, v. 66, p. 14-18, 1979.
- MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2006.
- MUNYANZIZ, E.; KEHRI, H. K.; BAGYARAJ, D. J. Agricultural intensification, soil biodiversity and agroecosystem function in the tropics: the role of mycorrhiza in crops and trees. **Applied Soil Ecology**, v. 6, p. 77-85, 1997.
- NELSON, D. W.; SOMMERS, L. E. Total carbon, organic carbon, and organic matter. In: SPARKS, D.; PAGE, A. L.; HELMKE, P. A.; LOEPPERT, R. H.; SOLTANPOUR, P. N.; TABATABAI, M. A.; JOHNSTON, C. T.; SUMNER, M. E. (ed.). **Methods of soil analysis**: Part 3. [S. l.]: American Society of Agronomy, 1996. p. 961-1010. Chapter 34. (SSSA Book Series, n. 5).
- NIEMEYER, J. C.; DE SANTO, F. B.; GUERRA, N.; RICARDO FILHO, A. M.; PECH, T. M. Do recommended doses of glyphosate-based herbicides affect soil invertebrates? Field and laboratory screening tests to risk assessment. **Chemosphere**, v. 198, p. 154-160, 2018.
- NIVA C. C.; CEZAR R. M.; FONSECA, P. M.; ZAGATTO, M. R. G.; OLIVEIRA, E. M.; BUSH, E. F.; CLASEN, L. A.; BROWN, G. G. Enchytraeid abundance in araucaria mixed forest determined by cold and hot wet extraction. **Brazilian Journal of Biology**, v. 75, p. 169-175, 2015.
- NIVA, C. C.; RÖMBKE, J.; SCHMELZ, R. M.; BROWN, G. G. Enchytraeídeos (Enchytraeidae, Oligochaeta, Annelida). In: MOREIRA, F. M. S.; E. J. HUISING, E. J.; BIGNELL, D. E. (ed). **Manual de biologia dos solos tropicais**: amostragem e caracterização da biodiversidade. Lavras: UFLA, v. 351-365, 2010.
- NOGUEIRA, M. A.; CARDOSO, E. J. B. N. Produção de micélio externo por fungos micorrízicos arbusculares e crescimento da soja em função de doses de fósforo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, p. 329-338, 2000.
- PEIGNÉ, J.; VIAN, J. F.; PAYET, V.; SABY, N. P. A. Soil fertility after 10 years of conservation tillage in organic farming. **Soil and Tillage Research**, v. 175, p. 194-204, 2018.
- PELOSI, C.; RÖMBKE, J. Enchytraeids as bioindicators of land use and management. **Applied soil ecology**, v. 123, p. 775-779, 2018.
- PHILLIPS, J. M.; HAYMAN, D. S. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. **Transaction of the British Mycological Society**, v. 55, p. 158-161, 1970.
- REINALDO, H. C. **Hidrelétrica Serra do facão no Rio São Marcos: tramas e dramas sobre Davinópolis (GO)**. 2012. 142 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Goiás, Catalão, 2012.
- RESENDE, M. J. G. **Distribuição dos solos de Goiás: Classes de solos dos municípios goianos**. Goiânia: Emater-GO, 2016. 57 p.
- RIBEIRO, P. E. de A.; MENDES, S. M. M.; MATRANGOLO, W. J. R.; CAMPANHA, M. M.; MALTA, P. C. C.; COSTA e SILVA, J. P. D. Diversidade e entomofauna em milho consorciado com sorgo e crotalária em diferentes arranjos. In: Congresso Nacional De Milho E Sorgo, 31.,

- 2016, Bento Gonçalves. **Milho e Sorgo: inovações, mercados e segurança alimentar: anais**. Sete Lagoas: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2016.
- RILLIG, M. C.; RAMSEY, P. W.; MORRIS, S.; PAUL, E. A. Glomalin an arbuscular-mycorrhizal fungal soil protein, responds to land-use change. **Plant and Soil**, v. 2, p. 293-299, 2003.
- SANTOS, M. J.; MORGADO, R.; FERREIRA, N. G. C.; SOARES, A. M.; LOUREIRO, S. Evaluation of the joint effect of glyphosate and dimethoate using a small-scale terrestrial ecosystem. **Ecotoxicology and environmental safety**, v. 74, n. 4, p. 1994-2001, 2011.
- SCHMELZ, R. M.; NIVA, C. C.; RÖMBKE, J.; COLLADO, R. Diversity of terrestrial Enchytraeidae (Oligochaeta) in Latin America: Current knowledge and future research potential. **Applied Soil Ecology**, v. 69, p. 13-20, 2013.
- SIEGEL, S.; CASTELLAN JUNIOR, N. J. **Estatística não-paramétrica para ciências do comportamento**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2006. 448 p.
- SIEVERDING, E. **Vesicular-arbuscular mycorrhiza management in tropical agrosystems**. Eschborn: Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit, 1991. 371 p.
- SILVA, F. C. **Manual de análises químicas, físicas e biológicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. 604 p.
- SINGH, A. K.; RAI, A.; SINGH, N. Effect of long term land use systems on fractions of glomalin and soil organic carbon in the Indo-Gangetic plain. **Geoderma**, v. 277, p. 41-50, 2016.
- SIQUEIRA, J. O.; MOREIRA, F. M. S. **Biologia e bioquímica do solo**. Lavras: UFLA, 2002. 291 p.
- SIQUEIRA, J. O.; COLOZZI-FILHO, A.; OLIVEIRA, E. Ocorrência de micorrizas vesicular arbusculares em agro e ecossistemas do estado de Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 24, p. 1499-1506, 1989.
- SIQUEIRA, J. O.; SAGGIN JÚNIOR, O. J. The importance of mycorrhizae association in natural low-fertility soils. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ENVIRONMENTAL STRESS, 1., 1992, Belo Horizonte. **Maize in perspective: proceedings**. Sete Lagoas: Embrapa-CNPMS; México: CIMMYT/UNDP, 1995. p. 239-280.
- SOUZA, C. S.; MENEZES, R. S. C.; SAMPAIO, E. V. S. B.; LIMA, F. S. Glomalina: características, produção, limitações e contribuição nos solos. **Ciências Agrárias**, v. 33, p. 3033-3044, 2012.
- SOUZA, D. M. G.; LOBATO, E. 2003. **Adubação fosfatada em solos da região do Cerrado**. Piracicaba: Potafos, 2003. 16 p. (Informações Agronômicas, 102).
- TABATABAI, M. A. Enzymes. In: WEAVER, R. W.; AUGLE, S.; BOTTOMLY, P. J.; BEZDICEK, D.; SMITH, S.; TABATABAI, A.; WOLLUM, A. (ed.). **Methods of soil analysis: microbial and biochemical properties**. Madison: SSSA, 1994. p. 775-833. Part 2.
- TAO, H. H.; SLADE, E. M.; WILLIS, K. J.; CALIMAN, J. P.; SNADDON, J. L. Effects of soil management practices on soil fauna feeding activity in an Indonesian oil palm plantation. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 218, p. 133-140, 2016.
- TRESEDER, K. K.; TURNER, K. M.; MACK, M. C. Mycorrhizal responses to nitrogen fertilization in boreal ecosystems: potential consequences for soil carbon storage. **Global Change Biology**, v. 13, p. 78-88, 2007.
- VAKALI, C.; ZALLER, J.; KÖPKE, U. Reduced tillage effects on soil properties and growth of cereals and associated weeds under organic farming. **Soil and Tillage Research**, v. 111, p. 33-141, 2011.

VAN GESTEL, C. A.; KRUIDENIER, M.; BERG, M. P. Suitability of wheat straw decomposition, cotton strip degradation and bait-lamina feeding tests to determine soil invertebrate activity.

Biology and Fertility of Soils, v. 37, n. 2, p. 115-123, 2003.

WRIGHT, S. F.; GREEN, V. S.; CAVIGELLI, M. A. Glomalin in aggregate size classes from three diferente farming systems. **Soil & Tillage Research**, v. 94, p. 546-549, 2007.

WRIGHT, S. F.; UPADHYAYA, A. Extraction of an abundant and unusual protein from soil and comparison with hyphal protein of arbuscular mycorrhizal fungi. **Soil Science**, v. 161, p. 1-12, 1996.

ZAGATTO, M. R. G.; OLIVEIRA FILHO, L. C. I.; POMPEO, P. N.; NIVA, C. C.; BARETTA, D.; CARDOSO, E. J. B. N. Mesofauna and Macrofauna in Soil and Litter of Mixed Plantations. In: **MIXED Plantations of Eucalyptus and Leguminous Trees**. [S. l.]: Springer, 2020. p. 155-172.

ZHU, Y. -G; MILLER, R. M. Carbon cycling by arbuscular mycorrhizal fungi in soil-plant systems. **Trends in Plant Science**, v. 8, p. 407-409, 2003.