

CROMATOGRAFIA DE PFEIFFER COMO INDICADORA DA QUALIDADE DO SOLO EM DIFERENTES USOS DA TERRA NO DISTRITO DE SANTA RITA DE OURO PRETO/MG

PFEIFFER'S CHROMATOGRAPHY AS QUALITY INDICATOR OF SOIL IN DIFFERENT USE OF LAND IN THE DISTRICT OF SANTA RITA DE OURO PRETO/MG

LA CROMATOGRFÍA DE PFEIFFER COMO INDICADOR DE CALIDAD DE SUELO EN DIFERENTES USOS DE SUELO EN EL DISTRITO DE SANTA RITA DE OURO PRETO/MG

AUTOR

¹ Simone Fonseca Alves 
¹ Diego Alves Oliveira 
¹ Elizêne Veloso Ribeiro 

FILIAÇÃO INSTITUCIONAL

¹ INSTITUTO FEDERAL MINAS GERAIS

E-MAIL

simone.alves@ifmg.edu.br
diego.oliveira@ifmg.edu.br
elizene.ribeiro@ifmg.edu.br

DATA DE SUBMISSÃO: 13/05/23

DATA DE APROVAÇÃO: 11/12/25

DOI: 10.12957/GEOUERJ.2025.76082



E-ISSN 1981-9021

ESTE É UM ARTIGO DE ACESSO ABERTO DISTRIBUÍDO SOB OS TERMOS DA LICENÇA CREATIVECOMMONS BY-NC-SA 4.0, QUE PERMITE USO, DISTRIBUIÇÃO E REPRODUÇÃO PARA FINS NÃO COMERCIAIS, COM A CITAÇÃO DOS AUTORES E DA FONTE ORIGINAL E SOB A MESMA LICENÇA.

// RESUMO

A Cromatografia Circular de Pfeiffer (CCP) é uma tecnologia de análise de solo acessível e de baixo custo utilizada para a avaliação qualitativa da saúde do solo de forma integrada. Sendo possível analisar as dimensões físicas, químicas e biológicas do solo. O objetivo deste estudo foi avaliar o uso da CCP como indicadora da qualidade dos solos de diferentes usos da terra no distrito de Santa Rita de Ouro preto, Ouro Preto, MG (DSROP). Foram coletadas em campo 8 amostras compostas por solos de 0 a 15 cm e levadas ao laboratório de Pedologia no Instituto Federal de Minas Gerais campus Ouro Preto para realização da prática da CP. Para a análise das cromatografias foram utilizadas categorias qualitativas visuais observando suas zonas expressas através de cores, formas e conexões entre zonas. Os resultados indicam que houve diferenças de qualidade entre os solos dos diferentes usos da terra analisados, sendo possível classificá-los como excelente, suficiente e não suficiente. Conclui-se que a CCP é uma técnica que pode ser utilizada para avaliação qualitativa do solo tanto de ecossistemas naturais quanto para áreas agricultáveis e degradadas, sendo de simples manuseio técnico e baixo custo, mostrando-se como uma alternativa viável à avaliação de solos por agricultores. O artigo argumenta que a produção de Lia Osório Machado é caracterizada pela integração sistemática entre observação empírica, fundamentação teórica e análise geopolítica. O objetivo é mostrar como sua trajetória espacial não foi apenas pano de fundo, mas elemento constitutivo de um olhar geográfico que redefiniu importantes abordagens sobre o território brasileiro, notadamente sobre a Amazônia e as regiões de fronteira, e influenciou tanto o campo acadêmico quanto o planejamento territorial do Estado.

Palavras-chave: análise qualitativa. Ouro Preto. agricultura familiar. saúde do solo. desenvolvimento rural.

// ABSTRACT

Pfeiffer's circular chromatography (PCC) is an affordable and low-cost soil analysis technology used for the qualitative assessment of soil health in an integrated manner. It is possible to analyze the physical, chemical and biological dimensions of the soil. The objective of this study was to evaluate the use of PCC as an indicator of soil quality of different land uses in the district of Santa Rita de Ouro preto, Ouro Preto, MG (DSROP). Were collected eight samples composed of soils from 0 to 15 cm and taken to the Laboratory Pedagogia in the Instituto Federal de Minas Gerais campus Ouro Preto to carry out the CP practice. For the analysis of the chromatography visual qualitative categories were used observing their zones expressed through colors, shapes and connections between zones. The results indicate that there were quality differences between the soils of the different land uses analyzed, being possible to classify them as excellent, sufficient and not sufficient. It is concluded that PCC is a technique that can be used for qualitative soil assessment of both natural ecosystems and arable and degraded areas, being of simple technical handling and low cost, proving to be a viable alternative to soil assessment by farmers.

Keywords: qualitative analysis. Ouro Preto. family farming. soil health. rural development.

// RESUMEN

La cromatografía circular de Pfeiffer (PCC) es una tecnología de análisis de suelos asequible y de bajo costo utilizada para la evaluación cualitativa de la salud del suelo de manera integrada. Es posible analizar las dimensiones físicas, químicas y biológicas del suelo. El objetivo de este estudio fue evaluar el uso de CCP como indicador de la calidad del suelo para diferentes usos de la tierra en el distrito de Santa Rita de Ouro Preto, Ouro Preto, MG (DSROP). Ocho muestras compuestas por suelos de 0 a 15 cm fueron colectadas en campo y llevadas al laboratorio de Pedología del Instituto Federal de Minas Gerais, campus Ouro Preto, para la realización de la práctica de CP. Para el análisis de las cromatografías se utilizaron categorías cualitativas visuales, observando sus zonas expresadas a través de colores, formas y conexiones entre zonas. Los resultados indican que existieron diferencias de calidad entre los suelos de los diferentes usos de suelo analizados, pudiendo clasificarse en excelente, suficiente y no suficiente. Se concluye que el CCP es una técnica que puede ser utilizada para la evaluación cualitativa de suelos tanto de ecosistemas naturales como de áreas cultivables y degradadas, siendo de manejo técnico sencillo y de bajo costo, demostrando ser una alternativa viable a la evaluación de suelos por parte de los agricultores. El artículo argumenta que la obra de Lia Osório Machado se caracteriza por la integración sistemática de la observación empírica, los fundamentos teóricos y el análisis geopolítico. El objetivo es mostrar cómo su trayectoria espacial no fue solo un telón de fondo, sino un elemento constitutivo de una perspectiva geográfica que redefinió los enfoques del territorio brasileño, en particular la Amazonia y las regiones fronterizas, e influyó tanto en el ámbito académico como en la planificación territorial del Estado.

Palabra Clave: analisis cualitativo. Ouro Preto. agricultura familiar. salud del suelo. desarrollo Rural.

INTRODUÇÃO

O solo é recurso natural que garante a sobrevivência da sociedade, devendo ser utilizado como patrimônio coletivo. Por isso é necessário conscientizar e sensibilizar a sociedade para a sua importância e preservação, utilizando-o de maneira sustentável. Isso porque são registradas várias áreas degradadas, refletindo na sua qualidade, ou seja, na sua saúde devido ao manejo não sustentável e práticas agrícolas que não possibilitam a manutenção ou regeneração da sua fertilidade (BRADY; WEIL, 2013; GONZAGA; DIAS, 2013).

Em sistemas naturais, o solo é responsável pela ciclagem de nutrientes e nutrição de plantas a partir da interação vegetação-solo-rocha e da formação, estabilização e acumulação de matéria orgânica derivada da decomposição de seres vivos. Também é uma camada importante de restos vegetais; desenvolvimento de organismos (a fauna do solo); a infiltração, recarga na zona saturada e a purificação da água; além de manter a fauna do solo dentre diversas outras funções (BRADY; WEIL; 2013). A capacidade do solo em realizar tais funções ecológicas é entendida como medida de qualidade do solo.

De acordo com Zilli *et al.* (2003), o entendimento do conceito de qualidade do solo é abrangente e envolve o equilíbrio entre todos os seus fatores, a saber: os condicionantes geológicos, hidrológicos, químicos, físicos e biológicos. Doran e Parkin (1996) definem a qualidade do solo como “a capacidade do solo funcionar dentro dos limites de um ecossistema, sustentando a produtividade biológica, mantendo a qualidade do meio ambiente e promovendo a saúde dos animais e das plantas”. Segundo Primavesi (2016), um solo saudável implica na presença de diversas formas de organismos interagindo entre si e com os componentes minerais e orgânicos do solo.

Com frequência, o monitoramento da qualidade do solo é utilizado para avaliar a saúde do solo em manejos agroecológicos, por entender que tais sistemas de manejo são mais eficazes em reproduzir o solo em seu estado natural, com condições ecológicas de equilíbrio ambiental.

Avaliar a qualidade do solo requer o monitoramento que envolve uma escala temporal (GONZAGA; DIAS, 2013) de alguns parâmetros inerentes e relativamente imutáveis e de outros que variam com as mudanças no manejo ou fatores externos (BRADY; WEIL; 2013) de acordo com o uso da terra, por exemplo. Os indicadores de qualidade do solo podem ser classificados como físicos, químicos e biológicos (ARAÚJO; MONTEIRO, 2007). Em geral, a qualidade do solo é mensurada através do uso desses indicadores de modo sistêmico, considerando-se um sistema aberto, evidenciado o papel da matéria orgânica, as relações solo-planta e os atributos do solo (VEZZANI; MIELNICZUK, 2009).

No meio acadêmico-científico existem vários métodos de análise de solos, sejam eles quantitativos e/ou qualitativos. Esses possibilitam analisar múltiplas dimensões dos solos e suas respectivas interferências sobre os componentes de um ecossistema (DONAGEMA *et al.* 2011). Apesar disso, esses métodos exigem profissionais capacitados, além de uma demanda das instituições com relação à infraestrutura e equipamentos adequados para a realização das análises.

Pfeiffer (1984) desenvolveu uma metodologia para se obter uma análise de qualidade e vitalidade de solos eficaz e acessível ao pequeno agricultor. Este método foi embasado em sua “Teoria da Vitalidade do Solo”, onde ele propôs que as relações entre microrganismos, solos e plantas promovem contínuas transformações de energia, base para sustentação da vida. Desta maneira, por meio da Cromatografia Circular de Pfeiffer

(CCP) buscou avaliar a saúde do solo, estabelecendo associações das imagens formadas nos cromas com o teor de matéria orgânica, microvida e grau de oxidação/redução de enzimas, vitaminas e proteínas (PINHEIRO, 2015).

Na América do Sul há várias publicações buscando a difusão da técnica (RIVERA; PINHEIRO, 2011; PILON; CARDOSO; MEDEIROS, 2018) e o método tem ganho popularidade junto a agricultores familiares e camponeses que participam de organizações sociais com práticas de agricultura de base ecológica.

A avaliação da qualidade do solo neste método, consiste na interpretação das características reveladas por imagem como cor, forma e harmonia (PERUMAL, *et al.* 2016). Este

método contempla propriedades físicas, químicas, biológicas. Através da CCP é possível obter uma orientação rápida sobre a condição qualitativa do solo (PFEIFFER, 1984). Também é possível observar detalhes da atividade enzimática específica durante a fermentação e o equilíbrio proteico na formação da matéria orgânica do solo. Essa técnica busca auxiliar as operações para uma agricultura ecológica com o objetivo de determinar a qualidade da saúde do solo (RIVEIRA; PINHEIRO, 2011).

Dentro dessa perspectiva, a CCP pode ser utilizada no monitoramento de diferentes usos de terra como indicadora de qualidade dos solos. Esse método também pode ser utilizado para analisar outros materiais, entretanto este artigo discutirá prioritariamente a análise de solos com interesse agrícola para os agrossistemas analisados (PILON, 2018).

O território do município de Ouro Preto é conhecido pela exploração mineral desde sua origem. Situado em sua maior parte no interior do Quadrilátero Ferrífero, com litologias ricas em minérios como Ouro, Ferro, Manganês e Alumínio, além de outros materiais, como a pedra-sabão (RODRIGUES; LIMA, 2012). Nas últimas décadas, há iniciativas que buscam aumentar a diversidade econômica, por meio do turismo do patrimônio cultural e ambiental, além da valorização da agricultura familiar, que ocorre principalmente no DSROP (FERNANDES, 2021).

A agricultura familiar é praticada no município de Ouro Preto, principalmente nos territórios fora da região conhecida como Quadrilátero Ferrífero, sendo fomentada pela existência de políticas públicas como os Programas Nacionais de Alimentação Escolar (PNAE) e o Programa de Aquisição de Alimentos (PAA). Estas atividades econômicas são realizadas no DSROP, sul do Município de Ouro Preto, com ênfase na região de Piedade, onde existe a Associação dos Agricultores Familiares de Piedade e Região (AAFAPRE) (GAIÃO, 2017), na bacia hidrográfica do rio Piranga, afluente do rio Doce. Neste distrito, as políticas públicas têm fomentado a prática da agricultura familiar, com bases ecológicas (FERNANDES, 2021). Assim, a análise da qualidade do solo nestes territórios pode ser divulgada e estimulada.

O presente estudo teve como objetivo avaliar qualitativamente o solo, por meio da comparação de amostras em diferentes usos da terra, utilizando a CCP como indicadora de qualidade do solo no DSROP.

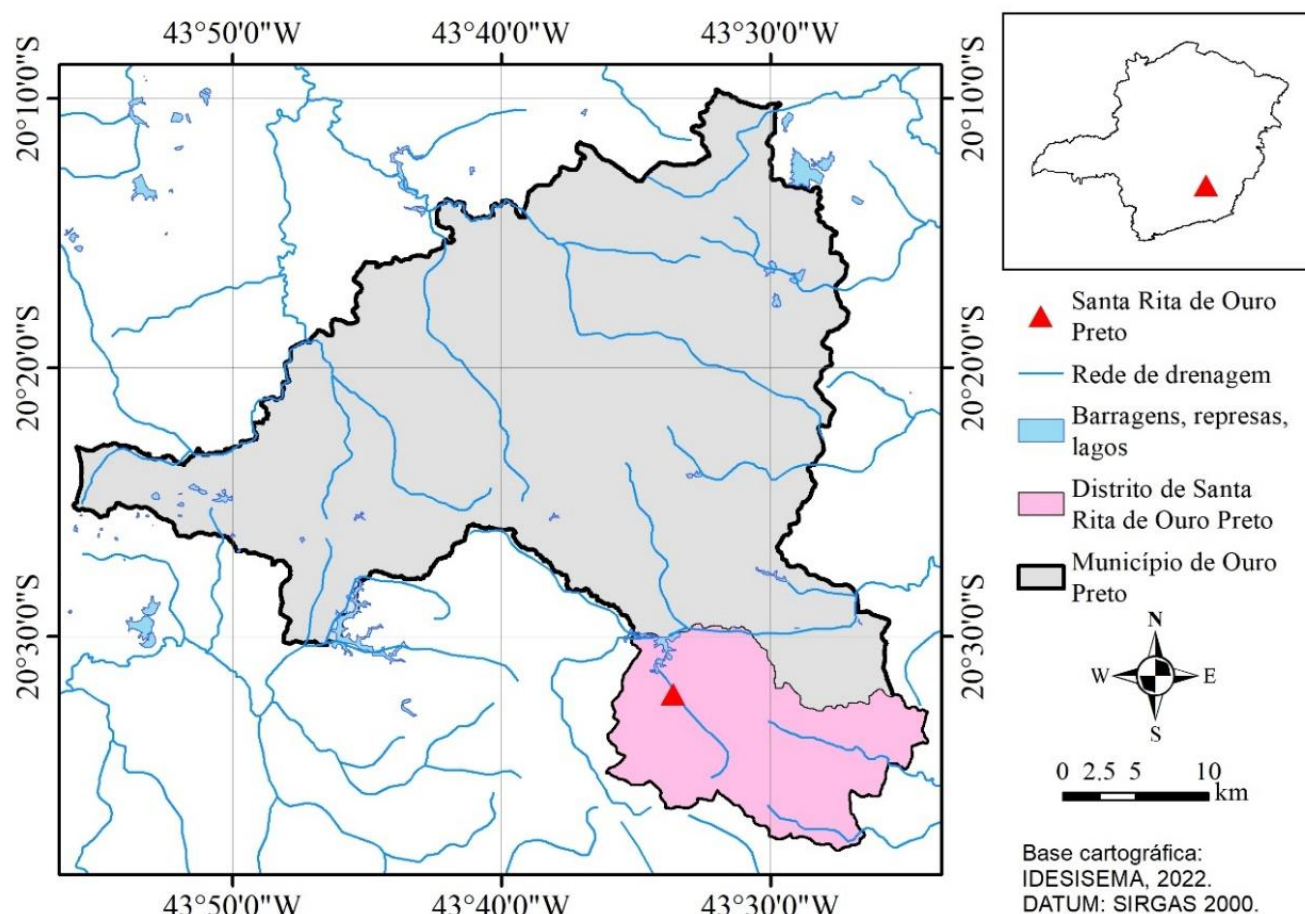
MATERIAL E MÉTODOS

Para a avaliação da qualidade do solo, como não havia levantamentos qualitativos realizados neste distrito, utilizou-se a amostra coletada na área de mata nativa como referência ou ecossistema natural (GONZAGA; DIAS, 2013), para analisar a qualidade dos solos das áreas com outros tipos de uso da terra, como: reflorestamento, agricultura temporária, pastagem, área degradada e com a prática de sistema agroflorestal sintrópico.

A pesquisa foi realizada no distrito de Santa Rita de Ouro Preto, no município de Ouro Preto, Minas Gerais, localizado na figura 1. O município de Ouro Preto encontra-se na porção sudeste do Quadrilátero Ferrífero em área de 1.247 km², é constituído por treze distritos, fazendo parte da Mesorregião Metropolitana de Belo Horizonte e Microrregião de Ouro Preto, juntamente com os municípios de Diogo Vasconcelos, Itabirito e Mariana. Seu território é drenado por duas grandes bacias hidrográficas federais, a do rio São Francisco e a do rio Doce.

Ocupando maior parte do município, a bacia do rio Doce é representada principalmente pelos rios Mainart, Piracicaba, Gualaxo e do Carmo. É a partir da confluência deste último com o rio Piranga que se aplica a denominação de rio Doce, ao curso de água subsequente (PIMENTEL, 2001). O distrito de Santa Rita de Ouro, por sua vez, possui área entre as bacias dos rios Mainart e Piranga.

Figura 1. Localização do distrito de Santa Rita de Ouro Preto, MG, 2021.



Fonte: Os autores, 2022.

Os locais coletados tiveram como objetivo amostrar diferentes tipos de uso da terra, a saber: reflorestamento, agricultura no modelo de sistemas agroflorestais sucessional, mata nativa, terreno agrícola em descanso, pastagem e área degradada, conforme o quadro 1. É importante destacar que o terreno em descanso era antes uma área de plantio de apenas dois consórcios e de acordo com o proprietário não foram utilizados agrotóxicos.

Quadro 1. Localização das amostras.

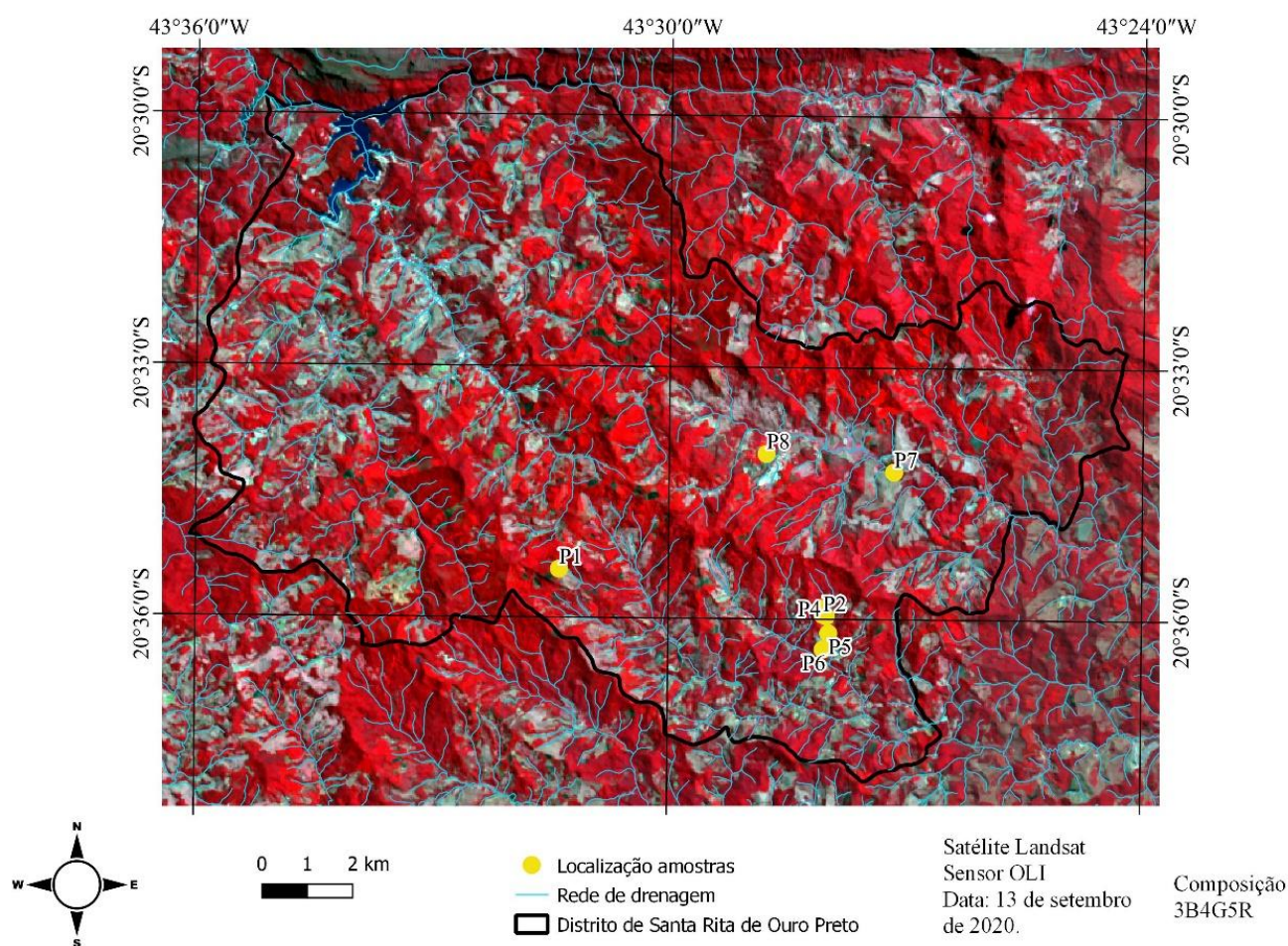
Amostras	Latitude	Longitude	Altitude (m)
P1	20°35'25,42 S	43°31'23,40 O	1.217
P2	20°35'57,93 S	43°27'59,97 O	882
P3	20°35'56,81 S	43°28'2,58 O	898
P4	20°35'52,25 S	43°28'3,68 O	916
P5	20°36'10,12 S	43°27'58,06 O	827

P6	20°36'21,77 S	43°28'2,20 O	842
P7	20°34'14,57 S	43°27'9,14 O	759
P8	20°34'1,95 S	43°28'46,33 O	896

Fonte: Os autores, 2022.

As amostras foram coletadas no mês de abril de 2021, com auxílio de trado e um enxadão, na profundidade entre 0 a 15 cm, conforme os locais indicados na figura 2. Os procedimentos analíticos da Cromatografia de Pfeiffer foram realizados no Laboratório de Geografia Física do Instituto Federal de Minas Gerais campus Ouro Preto. Para obtenção dos cromos utilizou-se a metodologia proposta por Pilon, Cardoso e Medeiros (2018).

Figura 2. Localização das amostragens de solo no distrito de Santa Rita de Ouro Preto.



Fonte: Os autores, 2022.

As amostras foram colocadas para secar ao ar livre e na sombra. Na sequência foram moídas em gral de porcelana e peneiradas para desagregar: silte, areia, argila. Por fim foram peneiradas com peneira metálica de abertura fina.

Para a solução extratora foi pesado 10 g de NaOH e solubilizado em 1.000 ml de água destilada e ao final obtivemos o NaOH a 1 %. Em seguida foi dissolvido 0,5 g de nitrato de prata em 100 ml de água destilada para termos a solução reveladora de nitrato de prata a 0,5%.

Foram peneirados 5 g de solos e, em seguida, foram adicionados 50 ml de NaOH a 1% no copo com as amostras. Após a solução foram realizados leves movimentos giratórios (agitação da amostra) para a dissolução plena: 6 giros de forma alternada, ora para a direita, ora para a esquerda. Até completar um ciclo de 6 vezes (6X). Os giros foram realizados em 3 momentos após a solução: 0-15-60 Minutos. Terminada a agitação, as amostras ficaram em repouso por 6 horas para se efetivar a reação e a decantação da solução.

Utilizando papel-filtro circular com 15 cm de diâmetro, foi realizada uma impregnação das amostras com a substância foto reativa (AgNO_3) a 0,5%, que foram secas em seguida. Após, a solução das amostras solubilizadas no extrator (NaOH) a 1%, que repousaram por seis horas foram postas em contato com o papel-filtro impregnado, sendo separadas por capilaridade as frações do extrato do solo, formando assim, a figura cromatográfica que foi revelada após 10 dias em repouso, com iluminação do sol indireta.

A precipitação desta reação ocorre a várias distâncias do papel filtro do ponto de aplicação (4 cm e 6 cm). Segundo Pfeiffer, a distância, o padrão, a cor e a forma de reação no cromatograma são significativamente utilizadas na interpretação das substâncias contidas no extrato (PFEIFFER, 1984). Para analisar os resultados, a figura é dividida em zonas (do centro à extremidade) e a ligação entre zonas (abrupta ou gradativa), como exemplificado na Figura 3.

Desse modo, os cromos foram analisados levando em consideração cinco aspectos para determinar a fertilidade e a saúde do solo: 1) cor geral do cromatograma; 2) forma e cor das zonas, 3) forma e complexidade das formações radiais; 4) interação entre as principais zonas formadas no cromatograma, 5) forma e características relacionadas a zona externa e suas terminações (RIVERA; PINHEIRO, 2011).

Segundo Pinheiro (2015), a interpretação dos cromatogramas pode ser iniciada a partir da delimitação de pelo menos três diferentes zonas. A Zona Central (ZC) é indicadora das condições de desenvolvimento das atividades fermentativas (microbiológica) com formas desde a ausência

da zona, as cores que variam do preto (mínimo metabolismo microbiano aeróbico e máxima fermentação anaeróbica) ao prata maior plenitude no metabolismo microbiano aeróbico e harmonia estrutural; a Zona Intermediária (ZI), indicadora das condições de desenvolvimento mineral, desde um círculo linear (membrana inorgânica sem vida) até total integração com as outras zonas, com cores variando do preto ao ouro e laranja; e a Zona Externa ou periférica (ZE), considerada das substâncias complexas de alto peso molecular (proteínas, enzimas, vitaminas) e é caracterizada desde a ausência da coloração da zona até sua forma e possuem cores que variam do castanho escuro a prata.

Na leitura e interpretação dos cromatogramas deve-se levar em consideração o tamanho e as cores das diferentes zonas e suas interações regulares ou irregulares (PFEIFFER, 1984). Rivera e Pinheiro (2011) observaram os padrões ideais para o desenvolvimento da agricultura que podem variar de cores escuras ao amarelo ouro. Através dos estudos dos autores supracitados é possível observar a atividade microbiana, presença de matéria orgânica e diversidade mineral, bem estruturado e integrado, proporcionando a ciclagem da matéria orgânica e biodisponibilidade de nutrientes.

Figura 3. Zonas cromatográficas



Fonte: RIVERA; PINHEIRO (2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A CCP possibilita a análise das dimensões físicas, químicas e biológica do solo de forma integrada. A análise dos cromatogramas possibilitou a apuração de variâncias entre os usos de terra avaliados.

Na Figura 4 são apresentados os resultados da CCP das amostras analisadas. Em relação aos cromatogramas dos solos, a maioria das análises apresentaram-se no geral na categoria suficiente.

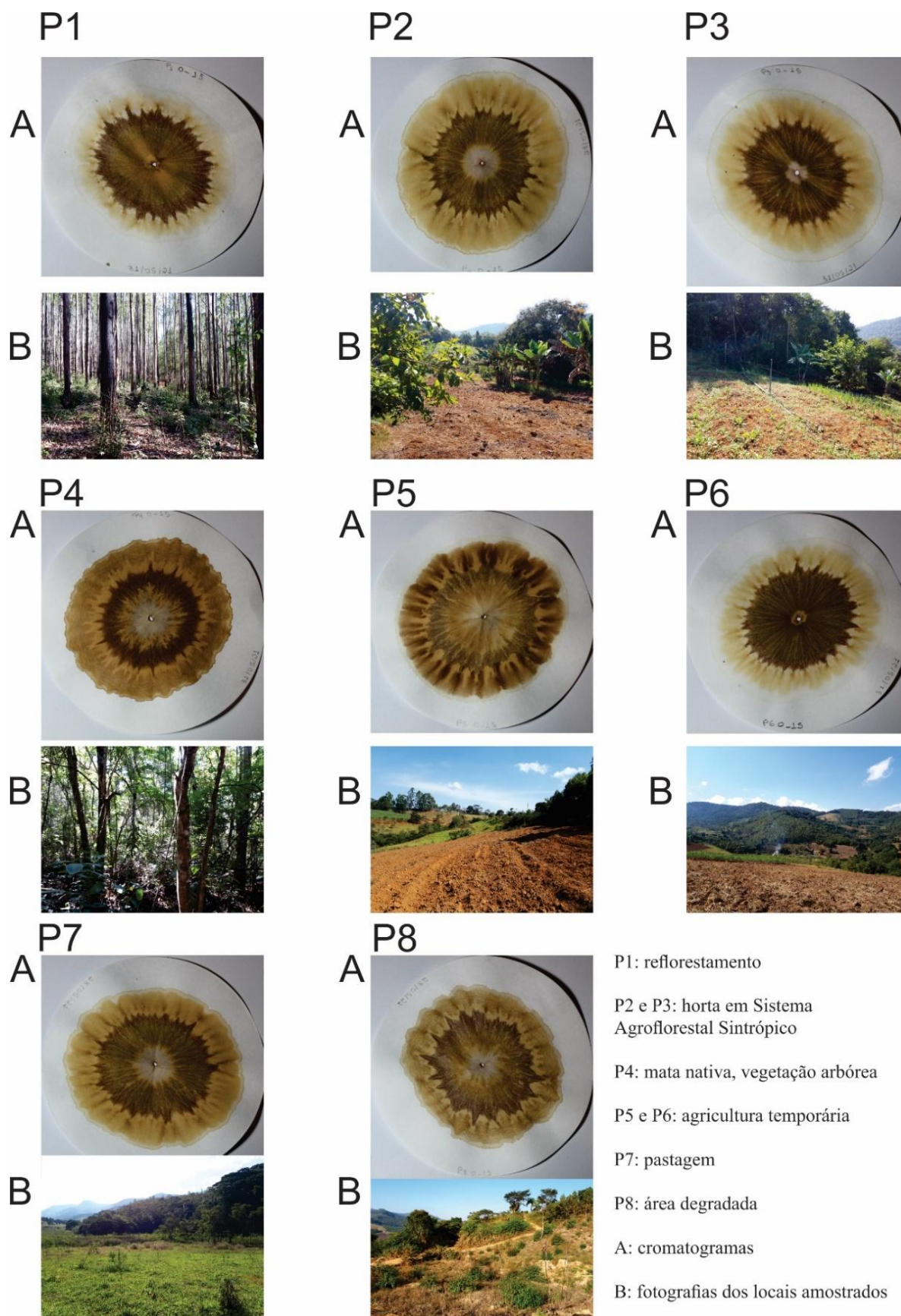
A verificação visual do conjunto de padrões, dos diferentes usos de terra apresentam diferenças que dizem respeito ao tamanho de cada zona, cor e geometria das zonas, sendo que somente a amostra P1 não obteve cor na sua ZC. É importante salientar que uma das hipóteses se deve ao fato do uso da terra na forma de reflorestamento ter sido feito em modelo de monocultura de eucalipto. É sabido que quando a ZC se revela no cromo sem cor ou cor preta é um indicativo de presença de toxina no solo, como por exemplo, metano, amoníaco, gás sulfídrico, entre outros. No caso da amostra P1 é possível afirmar que não existe atividade de oxidação de minerais no solo, visto que não se formou a Zona Central (ZC).

A amostra P6 apresentou pouca ZC, o que indica um solo em condição anaeróbica, não permitindo a oxidação dos minerais. É possível afirmar que tanto na amostra P1 quanto na P6 o solo acumula alguma toxina no solo. A cor ser escura ilustrada pela Zona Central do croma P6 e sua ausência no cromo P1 é devida à falta de oxidação de minerais, ação fermentativa ou respiratória (SIQUEIRA *et al.*, 2016; BEZERRA, 2018; DOMINGUES *et al.*, 2018, FELICIANO, 2018).

A zona interna da amostra P1 é maior que as outras zonas. A cor apresentou-se amarela e com cor clara das linhas radiais, possuindo conexão com a próxima zona. As cores apresentadas nos indicam baixo teor de matéria orgânica. O húmus se acumula no final desta zona, dando cores cinzas, azuis e marrons. A cor marrom evoluiu pouco ao final dessa zona, indicando que o húmus não está tão integrado com os minerais, acarretando uma indisponibilidade de nutrientes para as plantas. A zona intermediária tem cor azulado e cinza e é pouco expressiva no cromo, revelando baixo teor de matéria orgânica, indicando, também, pH ácido e grau elevado de

mineralização (PFEIFFER, 1984; RIVERA; PINHEIRO, 2011), podendo resultar em desequilíbrios nutricionais, o que condiz com a literatura, considerando que as amostras podem ser classificadas como Latossolos, sendo estes bem desenvolvidos e altamente intemperizado, conforme indicado na figura 5 (GOMES; ARAÚJO FILHO; CURI, 2012).

Figura 4. Cromatogramas e usos da terra amostrados

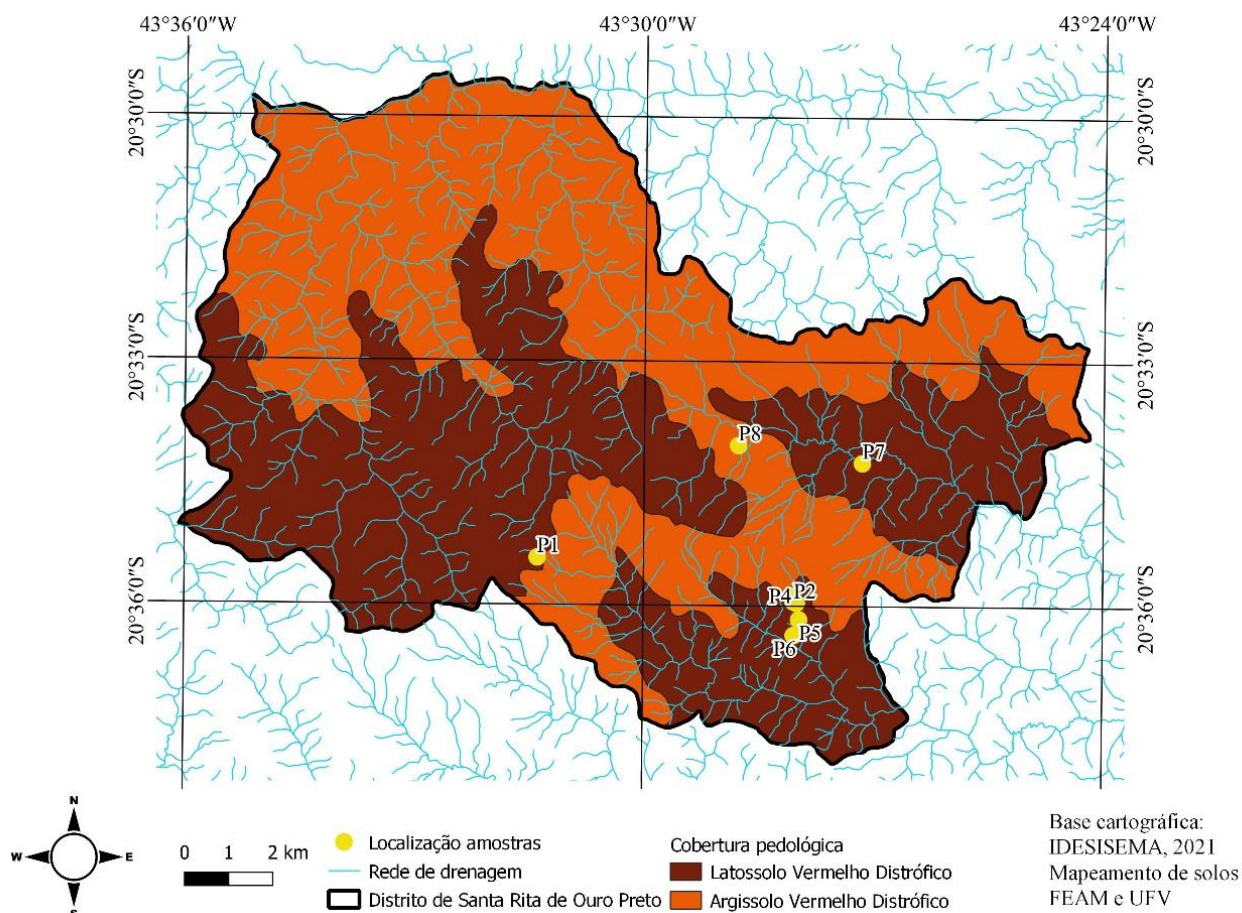


Fonte: Os autores, 2022.

À medida que o azulado/acinzentado da zona intermediária de P1 escurece, os canais permanecem claros e progressivamente alargados. Após o círculo concêntrico, outros canais secundários surgem do canal principal, como flechas. Esses canais trazem integração e dinâmica para o cromo, especialmente para a zona interna e intermediária. Eles são distribuídos ritmicamente ao longo do círculo, isto é, com cada espaço constante aparece um canal, constante e rítmico. O canal resulta na formação de picos que caracterizam a zona externa. Em relação a zona externa é possível ver a formação de dentes e sua ligação com as outras zonas. Tamanho dessa zona apresentou-se de tamanho desejável com formação de manchas escuras, indicando elevada taxa de mineração (PFEIFFER, 1984).

A zona interna da amostra P1 é maior que as outras zonas. A cor apresentou-se amarela e com cor clara das linhas radiais, possuindo conexão com a próxima zona. As cores apresentadas nos indicam baixo teor de matéria orgânica. O húmus se acumula no final desta zona, dando cores cinzas, azuis e marrons. A cor marrom evoluiu pouco ao final dessa zona, indicando que o húmus não está tão integrado com os minerais, acarretando uma indisponibilidade de nutrientes para as plantas. À medida que o azulado/acinzentado da zona intermediária escurece, os canais permanecem claro e progressivamente alargado. Após o círculo concêntrico, outros canais secundários surgem do canal principal, como flechas. Esses canais trazem integração e dinâmica para o cromo, especialmente para a zona interna e intermediária. Eles são distribuídos ritmicamente ao longo do círculo, isto é, com cada espaço constante aparece um canal, constante e rítmico. O canal resulta na formação de picos que caracterizam a zona externa. Em relação a zona externa é possível ver a formação de dentes e sua ligação com as outras zonas. O tamanho dessa zona apresentou-se de tamanho desejável com formação de manchas escuras, indicando elevada taxa de mineração (PFEIFFER, 1984).

Figura 5. Mapa das coberturas pedológicas no distrito de Santa Rita de Ouro Preto.



Fonte: Os autores, 2022.

As amostras P2 e P3 possuem similaridades. No entanto, a zona central da amostra P3 é menor que a P2. Essa zona se apresentou com uma coloração boa, indicativo da presença de substâncias nitrogenadas de origem microbiana (RIVERA; PINHEIRO, 2011). A zona interna das amostras P2 e P3 se revelaram maior que a intermediária, fazendo conexão com a próxima zona, tendo formação de flechas que vem desde a zona central. Essa zona se mostrou suficiente, indicando uma boa condição da atividade biológica do solo, integração e harmonia entre o componente mineral-biológico.

A zona intermediária de P2 e P3 é menor que a zona interna e se conecta com a zona interna e externa. Em relação a zona externa, em ambas as amostras é possível ver a formação de dentes e sua ligação com as outras zonas. O tamanho dessa zona apresentou-se de tamanho desejável com formação de manchas escuras, indicando elevada taxa de mineração (PFEIFFER, 1984). A zona externa das amostras P2e P3 apresentaram-se de tamanho desejável com formação de

manchas escuras, indicando a elevada taxa de mineralização da matéria orgânica e consequentemente biodisponibilidade de nutrientes, com formação de húmus coloidal (PFEIFFER, 1984). Como essas amostras vieram de um ecossistema que desenvolve uma agricultura com a maior diversidade de espécies de plantas, esse tipo de manejo auxilia na rápida mineralização da elevada atividade microbiológica, contribuindo na constante ciclagem de nutrientes, compondo a dinâmica complexa das interações deste ecossistema (MENDES; REIS JUNIOR, 2004).

A amostra P4 proveniente de uma mata manifestou uma zona central considerada excelente de tom cor prata (desejável) e seu tamanho é desejável, mostrando conexão com as outras zonas. Essa zona revelou que o solo possui excelente metabolismo microbiano. As zonas interna e intermediária foram consideradas satisfatórias, indicando boa condição mineralógica e biológica do solo e alto teor de matéria orgânica. A zona externa se mostrou do tamanho desejável com formação de manchas escuras e sendo evidente o aparecimento de dentes e explosões em nuvens indicando maior atividade no metabolismo secundária do solo, indicando a elevada taxa de mineralização da matéria orgânica e consequentemente biodisponibilidade de nutrientes, com formação de húmus coloidal (PFEIFFER, 1984). Essa amostra pode ser considerada amostra de referência para a região de estudo.

Os resultados dos cromos das amostras P5 e P6 remetem a área agrícola em repouso, sendo que o terreno da amostra P6 já foi usado como pasto. A zona central da amostra P5 se revelou suficiente, pois o tamanho e a cor estão dentro da categoria boa: cor prata e tamanho grande e mostra-se bem integrada com as demais zonas, partindo da zona central, até a zona externa, sendo pontuado por Pinheiro (2011), o metabolismo primário e secundário, devido à largura e extensão dos canais. Dessa forma, podem ser visualizadas pontas de flechas minúsculas que partem da zona central à zona externa e são sobrepostas umas às outras (BEZERRA, 2018) indicando boa oxidação e quantidade de nitrogênio suficiente.

A zona central da amostra P6 possui uma cor mais escura e com um tamanho bem reduzido, indicando que esse solo possui pouca aeração, está compactado e com tendência ao metabolismo anaeróbio, acumulando toxinas. A zona interna da amostra P5 se revelou

suficiente, em conexão com a próxima zona e de cor amarelo e marrom claro indicando a presença de matéria orgânica se conectando com a zona intermediária. A zona interna da amostra P6 possui ramificações lineares indicando que esse solo precisa ser melhor manejado. A zona externa das amostras P5 e P6 se apresentou larga e de cor bege claro com cores marrons que aponta a capacidade salutar do solo em prover condições suficientes para sustentar um possível cultivo que possa ser empregado neste local, já que expressa potencial nutritivo do solo.

A CCP da amostra P7 se revelou bastante similar ao da amostra P3. A zona central se apresentou com uma coloração boa, indicativo da presença de substâncias nitrogenadas de origem microbiana (RIVERA; PINHEIRO, 2011). A zona interna possui uma boa coloração, fazendo conexão com a próxima zona, tendo formação de flechas que vem desde a zona central. Essas características nos revelam que o solo se apresenta com uma boa condição da atividade biológica, integração e harmonia entre o componente mineral-biológico. A zona intermediária se conecta com a zona interna e externa. Em relação a zona externa é possível ver a formação de dentes e sua ligação com as outras zonas. O tamanho dessa zona apresentou-se de tamanho desejável com formação de manchas escuras, indicando elevada taxa de mineração (PFEIFFER, 1984). A zona externa da amostra P7 é considerada do tamanho desejável com formação de manchas escuras, indicando a elevada taxa de mineralização da matéria orgânica e consequentemente biodisponibilidade de nutrientes, com formação de húmus coloidal (PFEIFFER, 1984).

A zona central da amostra P8 é de cor cinza mostrando que existe uma boa oxigenação do solo. As manifestações das zonas interna e intermediária do cromatograma gerado apresentou tonalidade amarela indo para uma escala de cinza-azulado, que de acordo com Torres (2017) indicam solos de textura argilosa, conforme a figura 4, tratando-se de Argissolos, não sendo está uma característica desejável e de acordo com Pfeiffer (1984) são solos ácidos e altamente intemperizados. Embora de modo não muito expressivo, houve formação de dentes na zona externa mostrando atividade microbiológica. Na análise geral do cromatograma é possível afirmar que ocorre uma deficiência no metabolismo dos minerais e baixos teores de matéria orgânica no solo. Por estar localizada em uma área que foi ocupada por reflorestamento, mas que no

momento da coleta estava com a presença de vários processos erosivos, entende-se que está baixa qualidade está associada aos solos de uma área degradada.

CONCLUSÕES

A técnica da CCP mostrou-se viável economicamente, pois é de baixo custo, é de fácil realização, e reprodutibilidade, sendo que a fase que exige mais experiência, por apresentar maior complexidade é da interpretação dos cromos. Alguns cromatogramas gerados apresentaram similaridades quanto às variações de cores, padrões formados e integridade harmônica gerada. Vale salientar ainda que a CCP se mostrou capaz de discriminar as alterações qualitativas dos solos, com um resultado que integra as dimensões física, química e biológica dos solos, influenciadas pelo tipo de uso da terra.

Os resultados obtidos podem auxiliar os agricultores da região no que tange ao conhecimento dos seus solos, servindo de referência para que eles se iniciem nessa metodologia. Neste contexto os resultados apresentados e analisados podem auxiliar os agricultores e técnicos na tomada de decisão sobre as práticas de manejo a serem adotadas.

Por fim, a CCP se mostra não somente como um método complementar à análise convencional, comumente realizada para avaliar a fertilidade dos solos, mas como uma ferramenta com outra perspectiva no sentido de focar na saúde do solo, sendo acessível para os agricultores familiares, que praticam a agroecologia ou a agricultura orgânica. Sem dúvida, há ainda muito o que avançar na interpretação dos cromatogramas e o intuito estudos como esse são relevantes para difundir a prática a auxiliar os agricultores a terem mais autonomia.

AGRADECIMENTOS

À Pró-Reitoria de Pesquisa, Inovação e Pós-Graduação (PRPPG) do Instituto Federal de Minas Gerais (IFMG) pela concessão de recursos no Edital 87/2019 ao projeto 545 e à Diretoria de Pesquisa, Inovação e Pós-Graduação (DPIPG) do IFMG campus Ouro Preto pela concessão de recursos financeiros e infraestrutura no Edital 10/2020 ao projeto 653.

REFERÊNCIAS

- ARAUJO, A. S. F. de; MONTEIRO, R. T. R.. Indicadores biológicos de qualidade do solo. **Bioscience Journal**. Uberlândia, p. 66-75. set. 2007.
- BEZERRA, L. P. **Implantação de sistemas agroflorestais na agricultura familiar: um caminho para a transição agroecológica**. Mestrado em Agroecologia e Desenvolvimento Rural—Araras-SP: Universidade Federal de São Carlos, 2018.
- BRADY, N. C.; WEIL, R. R. **Elementos da natureza e propriedade dos solos**. 3rd ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.
- DOMINGUES, S; FAEDO, F; FARINA, É; CONTINI, R; GABARDOS, R; BONADIMAN, A. Revisão da cromatografia de Pfeiffer como método de avaliação qualitativa de solos. **Revista da Jornada de Pós-Graduação e Pesquisa - Congrega URCAMP**, v. 1, p. 1471–1479, 2018.
- DONAGEMMA, G. K.; FREITAS, P. L. DE; BALIEIRO, F. DE C.; FONTANA, A.; SPERA, S. T.; LUMBRERAS, J. F.; VIANA, J. H. M.; ARAÚJO FILHO, J. C. DE; SANTOS, F. C. DOS; ALBUQUERQUE, M. R. DE. Characterization, agricultural potential, and perspectives for the management of light soils in Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 9, p. 1003–1020, 2016.
- DORAN, J. W.; PARKIN, Timothy B. Quantitative Indicators of Soil Quality: a minimum data set. **Soil Science Society Of America**, Madison, v. 49, n. 1, p.25-37, jan. 1996.
- FELICIANO, C.A. **A avaliação da qualidade do solo em dois diferentes sistemas de manejo orgânico e convencional**. 105. p., 2018.
- FERNANDES, Nícolas de Oliveira. **A agricultura familiar de base agroecológica como alternativa de desenvolvimento para as áreas rurais de Ouro Preto: um estudo em Santa Rita de Ouro Preto**. Monografia (Graduação em Arquitetura e Urbanismo) — Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2021. Acesso em: 25 jan. 2023. Disponível em: https://monografias.ufop.br/handle/35400000/3580?utm_source=chatgpt.com

GAIÃO, L. M. **Agricultura familiar e políticas públicas: os efeitos do PAA e do PNAE na comunidade de Piedade de Santa Rita, município de Ouro Preto - MG.** 2017. 74 f. Monografia (Graduação em Ciências Econômicas) - Departamento de Ciências Econômicas e Gerenciais, Instituto de Ciências Sociais Aplicadas, Universidade Federal de Ouro Preto, Mariana, 2017.

GOMES, J. B. V.; ARAÚJO FILHO, J. C.; CURTI, N. Solos de tabuleiros costeiros sob florestas naturais e sob cultivo. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 32, n. 71, p. 233-246, 2012.

GONZAGA, M. I. S.; DIAS, N. S. Qualidade do solo em agrossistemas. **Manejo e Conservação dos solos e da Água.** São Paulo: Livraria da Física, 2013. p. 91-106.

MENDES, I. de C.; DOS REIS JUNIOR, F. B. Uso de parâmetros microbiológicos como indicadores para avaliar a qualidade do solo e a sustentabilidade dos agroecossistemas. **Embrapa Cerrados- Documentos (INFOTECA-E)**, 2004.

PERUMAL, K.; ANANTHI, S.; ARUNKUMAR, J. Innovative and simplest alternative analytical technology (AAT) for testing soil nutrients. **Journal of Soil Science Research**, v. 1, n. 1, p. 10, 2016.

PFEIFFER, E. **Chromatography applied to quality testing.** SteinerBooks, 1984.

PILON, L. C.; CARDOSO, J. H.; MEDEIROS, F. S. **Guia Prático de Cromatografia de Pfeiffer.** Embrapa Clima Temperado. DOCUMENTOS 455. Pelotas, RS. 2018.

PIMENTEL, H. S.. **Caracterização Geoquímica das Águas na Serra de Ouro Preto, Minas Gerais.** Departamento de Geologia, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, Tese de Mestrado, 2001, 112p.

PINHEIRO, S. **Cartilha da saúde do solo – Cromatografia de Pfeiffer.** Juquira Candiru Satyagraha, 2011.

PINHEIRO, S.. **Saúde do Solo: Biopoder camponês versus agronegócio.** Rio Grande do Sul: Salles Editora, 224 p. 2015.

PRIMAVESI, A.. **Manual do solo vivo.** São Paulo: Expressão Popular, 2016.

RIVERA, J. R.; PINHEIRO, S. **Cromatografía: imágenes de vida y destrucción del suelo**. Cali: Feriva, 252 p. 2011.

RODRIGUES, M. L. M.; LIMA, R. M. F. Cleaner production of soapstone in the Ouro Preto region of Brazil: A case study. **Journal of Cleaner Production**, v. 32, p. 149–156, 2012. Acesso em: 28 jan. 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.03.028>

SIQUEIRA, I. **Avaliação da fertilidade e vitalidade do solo pela cromatografia de Pfeiffer e seu potencial para motivar manejos agroecológicos**. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Maria, 2016.

TORRES, N. I. **Análisis del uso de la cromatografía como herramienta cualitativa de diagnóstico de la fertilidad del suelo en sistemas de producción agrícola**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Mosquera, 2017.

VEZZANI, F. M.; MIELNICZUK, J. Uma visão sobre qualidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, vol. 33, no. 4, p. 743–755, Ago. 2009. DOI 10.1590/S0100-06832009000400001. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832009000400001&lng=pt&tlng=pt. Acesso em: 9 Jan. 2022.

ZILLI, J. Édson; RUMJANEK, N. G.; XAVIER, G. R.; COUTINHO, H. L. da Costa; PRATA NEVES, M. C.. **Diversidade microbiana como indicador de qualidade do solo**. Cadernos de Ciência & Tecnologia, Brasília, v. 20, n. 3, p. 391-411, 2003.