

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MINAS GERAIS
CAMPUS OURO PRETO
LICENCIATURA EM GEOGRAFIA

Mateus Moreira e Penna

**ANÁLISE DA QUALIDADE DO SOLO POR MEIO DA CROMATOGRAFIA DE
PFEIFFER APLICADA AO DISTRITO DE SANTA RITA DE OURO PRETO, MG**

Ouro Preto
2025

MATEUS MOREIRA E PENNA

ANÁLISE DA QUALIDADE DO SOLO POR MEIO DA CROMATOGRAFIA DE
PFEIFFER APLICADA AO DISTRITO DE SANTA RITA DE OURO PRETO, MG

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao
Curso de Licenciatura em Geografia do Instituto
Federal de Minas Gerais - *Campus* Ouro Preto
para obtenção do grau de Licenciado em
Geografia.

Orientador: Dr. Diego Alves de Oliveira

Ouro Preto

2025

P412a

Penna, Mateus Moreira e.

Análise da qualidade do solo por meio da cromatografia de Pfeiffer aplicada ao distrito de Santa Rita de Ouro Preto, MG [manuscrito] / Mateus Moreira e Penna. – 2025.

50 f. : il.

Orientador: Diego Alves de Oliveira.

Trabalho de Conclusão de Curso (licenciatura) – Instituto Federal de Minas Gerais. *Campus* Ouro Preto, 2025.

1. Cromatografia de Pfeiffer. 2. Solos - Qualidade. 3. Agricultura orgânica. I. Oliveira, Diego Alves de. II. Instituto Federal de Minas Gerais. *Campus* Ouro Preto. III. Título.

CDU: 631.4

Catálogo: Kelly Cristiane Santos Morais - CRB-6/3217



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MINAS GERAIS
Campus Ouro Preto
Diretoria de Ensino
Docência de Área de Geografia
Rua Pandiá Calogeras, 898 - Bairro Bauxita - CEP 35400-000 - Ouro Preto - MG
- www.ifmg.edu.br

FOLHA DE APROVAÇÃO

MATEUS MOREIRA E PENNA

ANÁLISE DA QUALIDADE DO SOLO POR MEIO DA CROMATOGRÁFIA DE PFEIFFER APLICADA AO DISTRITO DE SANTA RITA DE OURO PRETO, MG

Monografia apresentada ao Curso de Licenciatura em Geografia do Instituto Federal Minas Gerais – *Campus* Ouro Preto, como requisito parcial para obtenção do título de Licenciado em Geografia.

Aprovado em: 03 de outubro de 2024, pela banca examinadora:

Professor Doutor Diego Alves de Oliveira - Coordenadoria de Geografia - IFMG *Campus* Ouro Preto - Orientador

Professora Doutora Elizêne Veloso Ribeiro - Coordenadoria de Geografia - IFMG *Campus* Ouro Preto

Professora Doutora Marcela Camargo Matteuzzo - Representante das Ciências Biológicas do IFMG *Campus* Betim

Ouro Preto, 07 de outubro de 2024.



Documento assinado eletronicamente por **Diego Alves de Oliveira, Professor**, em 07/10/2024, às 11:43, conforme Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



Documento assinado eletronicamente por **Elizene Veloso Ribeiro, Professora**, em 07/10/2024, às 12:25, conforme Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



Documento assinado eletronicamente por **Marcela Camargo Matteuzzo, Professora**, em 08/10/2024, às 19:05, conforme Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



A autenticidade do documento pode ser conferida no site <https://sei.ifmg.edu.br/consultadocs> informando o código verificador **2062472** e o código CRC **E2FF3838**.

RESUMO

A Cromatografia de Pfeiffer (CP) é um método de análise da vitalidade e da qualidade de solos, a qual envolve uma visão multifatorial que leva em consideração fatores físicos, químicos e bióticos do solo como base para avaliação da sua qualidade como propriedade para manter a vida. A CP é uma excelente ferramenta para auxílio no manejo do solo, pois além de ser eficaz esse método possui baixo custo, pode ser realizado com insumos de fácil acesso em contextos rurais demandando apenas uma capacitação básica do agricultor. Esta pesquisa objetivou aplicar a CP para o diagnóstico qualitativo de solos em seis diferentes sistemas de uso da terra no distrito de Santa Rita, em Ouro Preto, MG. A CP se mostrou eficiente e importante em diferentes contextos de uso da terra, principalmente como norteadora de manejo de solo em cultivos orgânicos.

Palavras-chave: Cromatografia de Pfeiffer. Qualidade do solo. Agricultura orgânica.

ABSTRACT

The Pfeiffer Chromatography (PC) is a method for analyzing the vitality and quality of soils, involving a multifactorial approach that considers physical, chemical, and biotic factors of the soil as a basis for assessing its quality as a property to sustain life. PC is an excellent tool for aiding soil management, as this method is not only effective but also low-cost, can be performed with easily accessible inputs in rural contexts, and requires only basic training for the farmer. This research aimed to apply PC for the qualitative diagnosis of soils in six different land-use systems in the district of Santa Rita, in Ouro Preto, MG. PC proved to be efficient and important in different land-use contexts, especially as a guiding tool for soil management in organic farming.

Keywords: Pfeiffer chromatography. Soil quality. Organic agriculture.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Localização Preto e Santa Rita.....	23
Figura 2 – Local de coleta das amostras e seus respectivos cromas.....	25
Figura 3 – P1	30
Figura 4 – P2	32
Figura 5 – P3	34
Figura 6 – P4	36
Figura 7 – P5	38
Figura 8 – P6	40
Figura 9 – P7	42
Figura 10 – P8	43

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	9
2	OBJETIVOS	12
2.1	Objetivo geral	12
2.2	Objetivos específicos.....	12
3	REFERENCIAL TEÓRICO	13
3.1	A importância do solo para a sociedade e o papel da análise do solo para a garantia da segurança alimentar	13
3.2	A fertilidade do solo como reflexo da vitalidade.....	15
3.3	Cromatografia de Pfeiffer.....	16
4	MATERIAIS E MÉTODOS	22
4.1	Área de estudo	22
4.2	Técnicas	26
4.3	Preparo do filtro para impregnação	27
4.4	Preparo do capilar	27
4.5	Preparo da solução reveladora.....	27
4.6	Preparo da solução extratora	27
4.7	Preparo da solução com solo	27
4.8	Realização do teste	28
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES: ANÁLISE DOS CROMAS	29
5.1	Croma P1	29
5.1.1	Zona central (zona 1).....	30
5.1.2	Zona interna (zona 2)	30
5.1.3	Zona intermediária (zona 3).....	31
5.1.4	Zona externa (zona 4)	31
5.2	Croma P2	31
5.2.1	Zona central (zona 1).....	32
5.2.2	Zona interna (zona 2)	32
5.2.3	Zona intermediária (zona 3).....	32
5.2.4	Zona externa (zona 4)	33
5.3	Croma P3	33
5.3.1	Zona central (zona 1).....	34
5.3.2	Zona interna (zona 2)	34

5.3.3	Zona intermediária (zona 3).....	35
5.3.4	Zona externa (zona 04)	35
5.4	Croma P4	35
5.4.1	Zona central (zona 1).....	36
5.4.2	Zona interna (zona 2)	36
5.4.3	Zona intermediária (zona 3).....	36
5.4.4	Zona externa (zona 4)	37
5.5	Croma P5	37
5.5.1	Zona central (zona 1).....	38
5.5.2	Zona interna (zona 2)	38
5.5.3	Zona intermediária (zona 3).....	38
5.5.4	Zona externa (zona 4)	39
5.6	Croma P6	39
5.6.1	Zona central (zona 1).....	40
5.6.2	Zona interna (zona 2)	40
5.6.3	Zona intermediária (zona 3).....	41
5.6.4	Zona externa (zona 4)	41
5.7	Croma P7	41
5.7.1	Zona central (zona 1).....	42
5.7.2	Zona interna (zona 2)	42
5.7.3	Zona intermediária (zona 3).....	42
5.7.4	Zona externa (zona 4)	43
5.8	Croma P8	43
5.8.1	Zona central (zona 1).....	44
5.8.2	Zona interna (zona 2)	44
5.8.3	Zona intermediária (zona 3).....	44
5.8.4	Zona externa (zona 4)	44
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	45
	REFERÊNCIAS.....	46

1 INTRODUÇÃO

Ao pensar nas principais bases para a existência da vida humana, geralmente consideramos a disponibilidade de água, o ar, as florestas e boas fontes de alimento para garantir a segurança alimentar da população. Muitas vezes é ignorada a importância do solo. Ele desempenha papel essencial para a vida, principalmente na produção de alimentos e no auxílio ao equilíbrio dos ecossistemas no planeta.

Segundo a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO), cerca de 95 % de todo alimento produzido no mundo depende, mesmo que indiretamente, do solo (FAO, 2022). A segurança alimentar, ou segurança alimentar nutricional, pode ser definida como:

[...] realização do direito de todos ao acesso regular permanente a alimentos de qualidade, em quantidade suficiente sem comprometer o acesso a outras necessidades essenciais tendo como base práticas alimentares promotoras de saúde que respeitem a diversidade cultural e que sejam ambiental, cultural, econômica e socialmente sustentáveis (BRASIL, 2006).

Esse tema há muitos anos já vem sendo trabalhado no Brasil, como nas análises de Josué de Castro na década de 1930. Entretanto, apenas no final da década de 1980 a segurança alimentar ganhou espaço em políticas públicas, apesar de resultar em poucos efeitos práticos na época (VALENTE *et al.*, 1996).

O pensar em segurança alimentar ganhou um destaque maior a partir de 2006 após a formulação e a aprovação da Lei Federal nº 11.346 a Lei Orgânica de Segurança Alimentar e Nutricional (LOSAN), que cria o Sistema Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional (SISAN). Este tema está presente nas políticas de estado e demanda ações do governo e o envolvimento da sociedade para que se possa garantir a segurança alimentar de toda a população. Para isso é preciso pensar no tema de forma mais ampla levando em consideração a participação social e a sustentabilidade e tendo objetivos claros e incentivos (SPINELLI; CANESQUI, 2020).

Segundo os dados da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD) Contínua do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), em 2019 24 % da população brasileira estavam em situação de insegurança alimentar leve, ou seja, teve dificuldade para se alimentar adequadamente. Os dados mais recentes

desse mesmo instituto de pesquisa mostraram que em 2022 esse número já caiu para 15,5 % e em 2023 chegou a 4,1 % (IBGE 2022; IBGE 2023).

A falta de acesso a alimentos saudáveis e nutritivos, aliada à falta de recursos financeiros, leva a uma alimentação inadequada e aumenta o risco de doenças crônicas, como obesidade e diabetes. Por isso se faz necessário termos políticas públicas de incentivo ao cultivo e ao consumo de alimentos orgânicos certificados, como o Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE), que determina que no mínimo 30 % dos recursos do Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE) sejam destinados para adquirir alimentos produzidos pela agricultura familiar sem demandar licitação, garantindo alimentos de qualidade para os estudantes do ensino público e renda para as famílias produtoras (SPINELLI; CANESQUI, 2020).

Políticas públicas como o PNAE garantem o acesso a alimentos nutricionalmente adequados e livres de agrotóxicos, pois há de se ter um olhar prioritário para os cultivos orgânicos em relação à agricultura tradicional, principalmente diante da realidade brasileira, já que o país está entre os maiores consumidores de agrotóxicos do mundo (CARNEIRO *et al.*, 2015). E é diante dessa realidade de valorização e priorização da agricultura orgânica, livre de agrotóxicos e preferencialmente familiar, que este trabalho se faz importante.

O solo na agricultura orgânica tem que estar sadio e vivo, como dito por Ana Primavesi em entrevista ao Estadão em 2012: *“o segredo da vida é o solo, porque do solo dependem as plantas, a água, o clima e nossa vida. Tudo está interligado. Não existe ser humano sadio se o solo não for sadio e as plantas, nutridas”*. Por isso é importante que tenhamos métodos de análise e estudo de qualidade e vitalidade de solo que condizem com essa realidade.

Para conhecer a qualidade de um solo é preciso ter métodos de análise eficientes e acessíveis. Existem vários métodos que levam em consideração indicadores químicos, físicos e biológicos do solo, que podem evidenciar sua qualidade. Entretanto, grande parte desses métodos é cara, difícil de realizar e demanda, muitas vezes, a necessidade de um laboratório e mão de obra especializada, de modo que o acesso a estes fatores é um impeditivo para a maioria dos produtores (PRIMAVESI, 2016).

Por isso se faz necessária a utilização de técnicas alternativas, apropriadas e acessíveis, como a cromatografia de Pfeiffer (CP), que, apesar de ainda ser pouco

conhecida no Brasil, é uma técnica de baixo custo capaz de trazer resultados qualitativos em relação à vitalidade do solo, tornando possível evitar a degradação do solo identificando e antecipando problemas, permitindo a implementação de práticas de manejo adequadas que garantam a sua vitalidade, saúde e contribuindo para a segurança alimentar (RIVERA; PINHEIRO, 2011).

O presente trabalho se mostra importante em relação ao tema, pois a CP é uma técnica barata e acessível e resulta em uma análise de vitalidade holística do solo de modo a evidenciar suas características de evolução, bem como auxiliar para boas práticas de manejo, levando em consideração a participação social, a sustentabilidade e a produção de alimentos orgânicos, visando a auxiliar na garantia da segurança alimentar da população principalmente diante da realidade do distrito de Santa Rita de Ouro Preto que possui um papel importante na produção de agricultura familiar no município.

Esta pesquisa é produto do projeto de pesquisa financiado pela Diretoria de Pesquisa, Inovação e Pós-Graduação (DPIPG) do IFMG campus Ouro Preto no edital 10/2020 - Programa de Fomento à Pesquisa intitulado "Proposta metodológica para análise qualitativa de solos como alternativa tecnológica social e diagnóstico integrado do distrito de Santa Rita de Ouro Preto, Ouro Preto – MG.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Aplicar a técnica da cromatografia de Pfeiffer a fim de conhecer a qualidade do solo em diferentes sistemas de uso da terra no distrito de Santa Rita – Ouro Preto.

2.2 Objetivos específicos

- Conhecer as bases teóricas e a aplicação da cromatografia de Pfeifer;
- Avaliar a qualidade do solo sob diferentes pressões de uso e técnicas de manejo.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 A importância do solo para a sociedade e o papel da análise do solo para a garantia da segurança alimentar

O solo é uma camada fundamental no sistema terrestre, e serve como zona de interação entre diversos componentes naturais. O solo compõe a pedosfera, sendo uma camada essencial, pois integra processos físicos, químicos e biológicos que contribuem para o suporte à vida e a regulação dos ecossistemas (KER, 2015).

O processo de formação de solo ou pedogênese é resultado da interação dinâmica entre fatores naturais ao longo do tempo. Esse processo ocorre pela combinação de cinco fatores principais: o clima, o relevo, o material de origem, o tempo e os organismos. Essas interações, especialmente em solos tropicais como os do Brasil, revelam um ambiente dinâmico, em que as condições climáticas e a biota local desempenham papéis centrais na maturação dos solos e na formação de camadas com propriedades distintas, essenciais para a sustentação de ecossistemas e a fertilidade agrícola (ROSS, 1996).

O solo é um dos componentes mais importantes para a vida na Terra, com diversas funções. É nele que se dá a maior parte da produção de alimentos no mundo. Ele também auxilia a regular a temperatura do planeta, sendo um reservatório de matérias que emitem gases do efeito estufa e participa da filtragem da água das chuvas, entre outros fatores (DIAS, 2017). Ao se falar sobre a importância do solo é preciso inicialmente definir o que é “solo”:

[...] é uma coleção de corpos naturais, constituídos por partes sólidas, líquidas e gasosas, tridimensionais, dinâmicos, formados por materiais minerais e orgânicos que ocupam a maior parte do manto superficial das extensões continentais do nosso planeta, contém matéria viva e podem ser vegetados na natureza onde ocorrem e, eventualmente, terem sido modificados por interferências antrópicas (EMBRAPA, 2013).

Essa definição evidencia, entre outras coisas, que o solo muda e que a sociedade pode modificá-lo. Nós estamos de fato mudando o solo, mas infelizmente essa mudança tem sido negativa, principalmente por meio da erosão, da compactação, da acidificação, da salinização e da perda de fertilidade, que, apesar

de serem processos naturais, têm sido intensificados pela ação humana mediante o uso intenso do solo e seu manejo inadequado (DE SOUZA, 2021).

A degradação do solo ameaça a capacidade deste em sustentar ecossistemas e a agricultura. A erosão, provocada por água e vento, remove a camada superficial geralmente a mais fértil, reduzindo sua produtividade. Já a compactação do solo, causada principalmente pelo uso intensivo de máquinas e pisoteio de animais, diminui a porosidade, dificultando a infiltração de água e a troca de gases, comprometendo o crescimento das plantas. A salinização, associada a práticas inadequadas de irrigação, gera acúmulo de sais, inviabilizando o uso agrícola. A desertificação, particularmente em regiões áridas e semiáridas, transforma solos produtivos em áreas inférteis e ameaça à segurança alimentar (BETTIOL, 2023).

Para avaliar a fertilidade de um solo é preciso analisar suas propriedades químicas, físicas e biológicas, de modo a verificar se estão beneficiando ou prejudicando o seu potencial para suportar a vegetação e os organismos do solo. Para realizar tais avaliações normalmente são coletadas amostras do solo para análises laboratoriais de seus atributos químicos, físicos e biológicos – como a identificação dos teores de matéria orgânica (MO) e de alumínio (Al) a quantificação dos macronutrientes e micronutrientes, o pH, a densidade, a umidade, a capacidade de retenção de água, a porosidade etc. (DE ALCÂNTARA, 2017).

Alguns autores vão pensar a fertilidade do solo e sua avaliação de forma um pouco distinta da supracitada, como Howard (2012). Ele diz que a fertilidade só pode ser entendida se considerarmos a natureza como um todo, pois todas as fases do ciclo da vida estão estritamente relacionadas – todas estão integradas nas atividades da natureza e são igualmente importantes –, e que devemos, portanto, estudar a fertilidade do solo em sua relação com o sistema natural em funcionamento, adotando métodos de investigação de estrita relação com esse sistema. O autor afirma ainda, que não devemos nos esforçar em buscar resultados quantitativos; os qualitativos bastarão.

Diante disso a cromatografia pode se mostrar uma boa ferramenta para avaliação da fertilidade de um solo, visto que seus resultados indicam dados de forma qualitativa e holística e que, quando aplicada no mesmo solo em períodos de tempo diferentes, pode indicar a evolução da fertilidade deste solo auxiliando no alinhamento de práticas de manejo que beneficiem sua vitalidade como uma forma de monitoramento de sua qualidade.

Compreender as propriedades do solo é essencial para garantir a segurança alimentar, pois podemos utilizar este conhecimento para o cultivo, norteando as práticas de manejo a serem utilizadas. Por meio do monitoramento, pode-se melhorar a vitalidade e a fertilidade do solo estudado, levando em conta a forma como o solo reage e evolui diante das práticas de manejo aplicadas (MUÑOZ-ROJAS *et al.*, 2016).

Sua importância é tão evidente que a ONU decretou o ano de 2015 como Ano Internacional do Solo e a FAO decretou o dia 5 de dezembro como o Dia Mundial do Solo, com o intuito de chamar a atenção da sociedade para essa temática e alertar sobre a sua degradação. A importância dos solos também se faz presente em dois dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável apontados pela ONU: Fome zero e agricultura sustentável e Vida terrestre. As metas relacionadas a estes objetivos contemplam a vitalidade e saúde dos solos como formas de se obter o desenvolvimento sustentável.

3.2 A fertilidade do solo como reflexo da vitalidade

O solo é essencial para a vida na biosfera e desempenha um papel crucial como suporte para a vegetação, porém, muitas vezes a compreensão total de suas propriedades e suas funções é limitada, principalmente em relação à sua importância ecológica e a necessidade de práticas de manejo sustentáveis que levem em consideração que um solo saudável é um solo vivo (PRIMAVESI, 2016).

A vitalidade do solo é um conceito adotado a partir da ideia de saúde do solo e pode ser definida como a capacidade de um solo em sustentar a vida e manter processos biológicos ativos que favorecem a saúde dos ecossistemas (PRIMAVESI, 2016). Ela é determinada pela interação entre fatores físicos, químicos e biológicos que promovem o crescimento de plantas, a atividade microbiana e a ciclagem de nutrientes essenciais. Um solo com boa vitalidade apresenta elevada atividade microbiana, com uma comunidade diversificada de organismos (bactérias, fungos, minhocas) que decompõem a matéria orgânica e reciclam nutrientes. Possui também boa estrutura física, facilitando a infiltração de água e aeração, o que permite um ambiente propício para raízes, para a vida no solo e equilíbrio químico, com níveis

adequados de nutrientes e um pH que favoreça a disponibilidade desses nutrientes (PRIMAVESI, 2016).

O solo é composto basicamente por matéria orgânica, minerais, água e ar, os quais, juntos, formam um sistema vivo que interage dinamicamente com a vegetação, podendo ter a capacidade de armazenar água, de atuar como filtro purificador e de servir como habitat para inúmeros organismos vivos, o que faz dele um elemento vital para a sustentação da vida vegetal (OLIVEIRA, 2023).

Mas nem sempre a vitalidade do solo é considerado como fator importante quando se pensa em cultivo em grande escala, principalmente para o agronegócio, pois neste tipo de prática o foco é a fertilidade do solo, ou seja: a capacidade do solo de fornecer nutrientes essenciais para o crescimento das plantas, mesmo que apenas de forma temporária e imediata, utilizando, com o passar dos anos, cada vez mais fertilizantes químicos para garantir os nutrientes para as plantas e agrotóxicos como herbicidas, inseticidas e fungicidas para eliminar toda a vida que não agregue na produção ou no lucro final (PIGNATI; MACHADO, 2011).

Em contrapartida a esse tipo de prática estão os diversos tipos de cultivo orgânicos que pensam no solo como um ser vivo, o qual, para ser saudável e fértil, precisa ter algumas características, como: não possuir lajes na superfície que impeçam ou dificultem a infiltração da água e o desenvolvimento radicular das plantas; ser agregado e com poros; estar em um contexto biodiverso e não em monoculturas; possuir matéria orgânica e cobertura morta (*serrapilheira*) evitando ficar exposto diretamente aos raios solares e às gotas de chuva; não possuir resíduos tóxicos; e ter a presença de microrganismos decompositores de matéria orgânica como fungos e bactérias (PRIMAVESI, 2016; PRIMAVESI, 2020).

Estas características, aliadas a boas práticas de manejo, garantem uma vitalidade duradoura, a recuperação de solos degradados e uma boa produtividade sustentável, resultando em solos saudáveis, plantas saudáveis e seres humanos saudáveis.

3.3 Cromatografia de Pfeiffer

A CP uma técnica de análise qualitativa da vitalidade e da fertilidade de solo desenvolvida pelo alemão Ehrenfried Pfeiffer. Essa técnica, apesar de antiga, é pouco difundida pelo mundo, pois sua análise depende de uma visão multifatorial que leva em consideração a vitalidade do solo como base para a sua fertilidade. Sendo

assim sua aplicação se mostra ideal para cultivos orgânicos, que não fazem uso de herbicidas e fertilizantes químicos.

A CP tem como principal utilidade apresentar um resultado qualitativo multifatorial referente à vitalidade e conseqüentemente à fertilidade do solo, mostrando-se extremamente eficiente para análises de solos em cultivos orientados por princípios agroecológicos, como na agricultura biodinâmica, na agricultura sintrópica, nos sistemas agroflorestais etc.

Devido ao seu baixo custo essa técnica é uma ótima possibilidade para pequenos agricultores, principalmente quando atrelada inicialmente a análises clássicas de solo, como pH, granulometria e condutividade elétrica, pois esses resultados, juntamente com o conhecimento prévio dos agricultores e com o resultado da CP, agregam informações para a interpretação do croma (OLIVEIRA, 2023).

Esse método é de extrema relevância pois é de simples execução, demanda insumos de baixo custo, pode ser executado sem a necessidade de um laboratório especializado e resulta em uma análise multifatorial qualitativa que leva em consideração o conhecimento prévio do agricultor. Sendo assim sua atuação é de extremo valor para agricultores familiares, agricultores biodinâmicos, agricultores sintrópicos e de sistemas agroflorestais, permitindo um acompanhamento contínuo sobre a vitalidade e a fertilidade dos solos de forma ecológica, sustentável e regenerativa.

Os indicadores de fertilidade do solo obtidos por meio da CP vêm da interpretação do croma e do contexto no qual o solo analisado está inserido. A interpretação é feita a partir da avaliação das quatro zonas que formam o croma, cada uma delas indicando determinados fatores.

A zona central (ou zona 1), é indicadora da atividade mineral, porosidade, oxigenação do solo e da atividade fermentativa microbiana que pode estar ou não presente, indicando se o ambiente está totalmente aeróbico. Suas cores podem variar de tons de preto (pouca ou nenhuma atividade aeróbica e máxima fermentação anaeróbica) até tons brancos ou prata (indicando metabolismo microbiano aeróbico majoritário e substâncias nitrogenadas de origem microbiana (PINHEIRO, 2011). Quando esta zona apresenta a cor bege ou creme, indica um solo de boa qualidade, aerado e com boa estrutura (RIVERA; PINHEIRO, 2011).

A zona interna, ou zona mineral, (ou zona 2) está relacionada à química do solo e à atividade microbiológica. Quando integrada às demais zonas do croma por

ramificações em forma de flechas, partindo da zona central e em cores claras como um amarelo-dourado, esta zona indica um solo saudável e pouco degradado com atividade biológica presente, matéria orgânica e boa estrutura. (PINHEIRO, 2011).

A zona intermediária, ou proteica (ou zona 3) é a zona da matéria orgânica do solo que, mesmo presente, não significa que está integrada ou ativa no solo. Para isso é necessário que haja no cromograma a interação de uma zona dentro de outra, indicando assim a integração da matéria orgânica no solo biologicamente ativa (RIVERA; PINHEIRO, 2011). Zonas intermediárias estreitas e com limites abruptos em relação às outras zonas indicam baixa quantidade de matéria orgânica e baixa atividade biológica. Essas características geralmente estão ligadas a solos que sofreram com uso intenso de agrotóxicos sem cobertura do solo e, por consequência, apresentam baixa ciclagem de nutrientes (RIVERA; PINHEIRO, 2011).

A zona externa, ou enzimática, (ou zona 4), indica com mais ênfase a vitalidade do solo. Quando possui formas onduladas e picos suaves, indica uma boa vitalidade do solo, abundante em diversos nutrientes disponíveis, e a presença de frações húmicas distintas (SIQUEIRA, 2016).

Além das características específicas de cada zona supramencionada há de se ressaltar ainda algumas características gerais que indicam um solo com boa vitalidade. São elas a cor e a integração entre zonas. As cores amarelo-ouro, alaranjado e rosa e os tons de café claro e de verde indicam em geral um solo saudável (RIVERA; PINHEIRO, 2011). Já cores mais escuras, como preto, cinza, marrom e tons de azul, indicam má qualidade do solo (RIVERA; PINHEIRO, 2011).

Em relação à integração entre as zonas, um desenvolvimento radial ideal tem flechas ou setas sinuosas que indicam um solo de vitalidade mediana ou em recuperação. Se as flechas terminam em nuvens ou plumas, é indicação de uma ótima vitalidade (RIVERA; PINHEIRO, 2011). Já a não existência de radiação indica um solo degradado compacto e sem estrutura (PFEIFFER, 1984; RESTREPO; PINHEIRO 2011).

A CP se mostra uma eficiente ferramenta qualitativa, avaliando as propriedades químicas, físicas e biológicas do solo de forma multifatorial e integrada, as quais são referentes à vitalidade dele, mostrando um método efetivo para produtores rurais de cultivo orgânico, pois, apesar de não indicar um resultado quantitativo, seus resultados permitem fazer uma leitura da vitalidade do solo de forma barata, simples e prática, auxiliando no gerenciamento do manejo do solo.

No Brasil diversas universidades vêm estudando a CP, diante disso foi realizado uma breve revisão bibliográfica na Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD)¹, utilizando no buscador os termos “cromatografia AND Pfeiffer”, esta pesquisa foi realizada em 2024. Foi apresentado como resultado dessa pesquisa 15 trabalhos com o tema. Posteriormente foi realizada a leitura dos 10 primeiros textos exemplificados abaixo.

Atualmente a cromatografia de Pfeiffer está presente em diversos estudos em várias instituições de ensino pelo Brasil. No país, universidades como Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) e a Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) são destaques na produção de teses e dissertações, tendo a CP como tema central e, ou parte das metodologias utilizadas nestes trabalhos.

A título de exemplo traremos aqui alguns trabalhos realizados nessas universidades brasileiras em que a CP foi utilizada, evidenciando de forma sucinta o tema de cada um deles, bem como a forma como esta técnica foi utilizada nesses trabalhos e seus resultados.

Nos trabalhos realizados na UFRRJ intitulados “Fertilização de origem vegetal em atributos do solo e no desempenho agroeconômico de hortaliças em sistemas orgânicos” e “Fertilização com composto orgânico fermentado e o emprego de cobertura morta do solo no desempenho agroeconômico de hortaliças em sucessão”, os autores Livia Pian e Paulo Henrique de Lima, respectivamente, utilizaram a CP como indicador holístico de qualidade de solo de forma complementar a outros métodos e puderam demonstrar a viabilidade do uso desta técnica para aferir a qualidade do solo, demonstrando as diferenças entre as áreas de cultivo e forte correlação com técnicas convencionais de análise de solo (LIMA, 2018; PIAN, 2019).

Paulo Henrique de Lima destacou também a necessidade de criação de mais padrões da CP em relação aos diversos tipos de solo e também o desenvolvimento de softwares de classificação de imagens para interpretação dos cromas de forma a torná-las mais práticas (LIMA, 2014).

Na UFPB a CP esteve presente em dois dos trabalhos aqui pesquisados: “Qualidade de solos em agroecossistemas camponeses no território da Borborema-

¹ Acesso em: <https://bdtd.ibict.br/>.

PB” e “Relação entre indicadores de qualidade de solo sob diferentes sistemas de manejo”, dos autores David Marx e Alexandre Miranda. Em ambos os trabalhos a CP foi utilizada como uma das principais formas de análise de qualidade e vitalidade de solo dentro de uma realidade de cultivo em agroecossistemas (MELO, 2020; MIRANDA, 2018).

A CP se mostrou um método eficiente para o subsídio de tomadas de decisões referentes ao manejo do sistema e como amplificador da percepção do solo como um organismo vivo para os camponeses, demonstrando também em seus resultados como a ação antrópica no manejo de agroecossistemas pode ser negativa dependendo do tipo de manejo após a retirada da vegetação nativa.

Em uma dissertação realizada na UFSC denominada “Redução de matéria orgânica com aplicação de *Bacillus subtilis* e *B. licheniformis* em sedimentos provenientes de viveiro de policultivo de *Litopenaeus vannamei* com *Oreochromis niloticus*”, o autor Hugo de Oliveira utilizou a CP de forma distinta dos outros autores e pesquisas aqui investigados (OLIVEIRA, 2021). O método foi utilizado não para averiguar a qualidade e a vitalidade de solo com foco em cultivo, e sim para identificar a eficiência do manejo de sedimento proveniente do policultivo de peixes e camarões. Deste modo a CP foi utilizada para avaliação do estado do solo nos tanques de cultivo após a biorremediação *Bacillus subtilis* e *B. licheniformis* e se mostrou útil para tal finalidade (OLIVEIRA, 2021).

Na tese “Interações entre a cobertura vegetal e os atributos do solo em citrus cultivado nos sistemas convencional, orgânico e agroflorestal”, publicada pela UFSM, o autor cita alguns tipos de manejo em pomares de citrus e analisa a qualidade do solo em contextos de diferentes modalidades: citrus em sistema convencional, sistema orgânico, sistema agroflorestal e duas áreas florestais (PILON, 2017). Foram utilizados métodos tradicionais de análise física, química e biológica de solo, como pH, carbono orgânico, P e K disponíveis, Ca, Mg e Al trocáveis, análise granulométrica, densidade, porosidade, atividade enzimática e atividade de organismos. Foi realizada também a CP.

A aplicação da CP possibilitou a caracterização e a compreensão diferenciada dos agroecossistemas em comparação com os métodos clássicos de análise de solo. Foram utilizados também parâmetros computacionais na tentativa de automatizar a técnica, mas os parâmetros visuais se mostraram mais eficazes. Diante disto a tese mostrou que a CP, com sua abordagem holística, foi eficiente para a

análise da qualidade do solo integrando variáveis químicas, físicas e biológicas do solo de forma acessível dentro de contextos de cultivos tradicionais e principalmente orgânicos, agroecológicos e biodinâmicos (PILON, 2017).

A UFSCar publicou dois trabalhos utilizando a CP, incluindo a dissertação “Implantação de sistemas agroflorestais na agricultura familiar: um caminho para a transição agroecológica”, em que a autora defende a necessidade de buscar opções sustentáveis (BEZERRA, 2018). Para isso ela apresenta em sua pesquisa estudos em dois Sistemas Agroflorestais (SAFs) em área de agricultura familiar no estado de São Paulo, mostrando como transição agroecológica para as SAFs promoveram impactos socioambientais positivos nas suas áreas e em seus entornos, dando autonomia para as famílias e levando em conta o conhecimento tradicional.

A CP também foi utilizada como metodologia de análise de solo, no qual Bezerra (2018) comparando seus resultados com os resultados das análises de solo tradicionais, e mais uma vez se mostrou eficiente nesse propósito, revelando-se confiável, trazendo resultados gerais e abrangentes em comparação aos métodos tradicionais.

Foi publicada também pela UFSCar uma dissertação tendo a CP como foco principal. No texto intitulado “Contribuições da cromatografia circular de Pfeiffer para a análise da saúde do solo”, o autor aponta a degradação dos solos causada pela agricultura convencional/industrial como um problema e destaca a agroecologia como uma alternativa que valoriza a diversificação na produção de alimentos e que respeita as condições dos ecossistemas (BARROS, 2020).

Diante disso, o trabalho de Barros (2020) propõe a aplicação da CP como uma ferramenta de diagnóstico de baixo custo para avaliar os impactos das práticas adotadas nos agroecossistemas sobre a saúde do solo. O estudo foi conduzido em um sítio biodinâmico certificado em São Paulo, examinando quatro usos da terra: sistema agroflorestal, plantio de banana com adubação verde, área em pousio e fragmento florestal.

Os resultados obtidos por Barros (2020) indicaram mais uma vez a eficiência da CP para análise de solos, que, mesmo sendo de simples execução e de baixo custo, mostrou-se eficaz como as análises tradicionais, destacando sua importância e potencialidade principalmente para agricultores familiares e em cultivos agroecológicos.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Área de estudo

O estudo foi realizado no distrito de Santa Rita, localizado a cerca de 30 km da cidade de Ouro Preto, nomeado inicialmente pelos seus primeiros habitantes, os bandeirantes, como Povoado de Santa Rita de Cássia, no século XVIII, o qual posteriormente passou a se chamar apenas Santa Rita, quando foi elevado à categoria de distrito pelo Decreto-Lei N° 148 (MINAS GERAIS, 1938).

O povoado surgiu inicialmente com a busca de ouro no Ribeirão Falcão. Como esse mineral não foi encontrado, passou-se a cultivar cana de açúcar e a se praticar a criação de gado para suprir as necessidades da cidade de Ouro Preto. Ainda durante o século XVIII, iniciou-se a extração esporádica de esteatito (pedra sabão), que só se intensificou após a década de 1970, com o aumento do turismo (RODRIGUES, 2009).

Com o passar dos anos, Santa Rita foi ganhando relevância na extração e na produção de artesanato a partir da pedra sabão em todo o mundo, com destaque para o Cristo Redentor, uma das Sete Maravilhas do Mundo Moderno, que possui seu revestimento em pedra sabão vinda de Santa Rita de Ouro Preto (RODRIGUES, 2023).

Nos dias atuais Santa Rita ainda possui a mineração como base da sua economia, gerando uma certa dependência dessa atividade. Isso evidencia a necessidade de diversificação produtiva e econômica do distrito.

Diante disso, Fernandes (2021) evidencia a agricultura familiar de base agroecológica como uma possibilidade viável para tal diversificação. Como exemplo disso, existem hoje em Santa Rita algumas hortas agroecológicas, como a Horta Real, a Horta Moreira e a Horta Tião Santana, que geram renda por meio do turismo rural agroecológico e da venda dos produtos em feiras ou de forma online.

Por meio do Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE) é possível garantir renda para as famílias cultivadoras com a venda dos produtos para a rede pública, auxiliando também na segurança alimentar dos estudantes e dos próprios núcleos familiares, pois eles relatam que a maior parte dos alimentos consumidos é proveniente de sua própria produção (NUPEDDES, 2019).

O Quadro 1, a seguir, contém os dados de latitude, longitude e altitude de cada local de coleta das amostras bem como uma breve descrição as características de uso de solo de cada um deles.

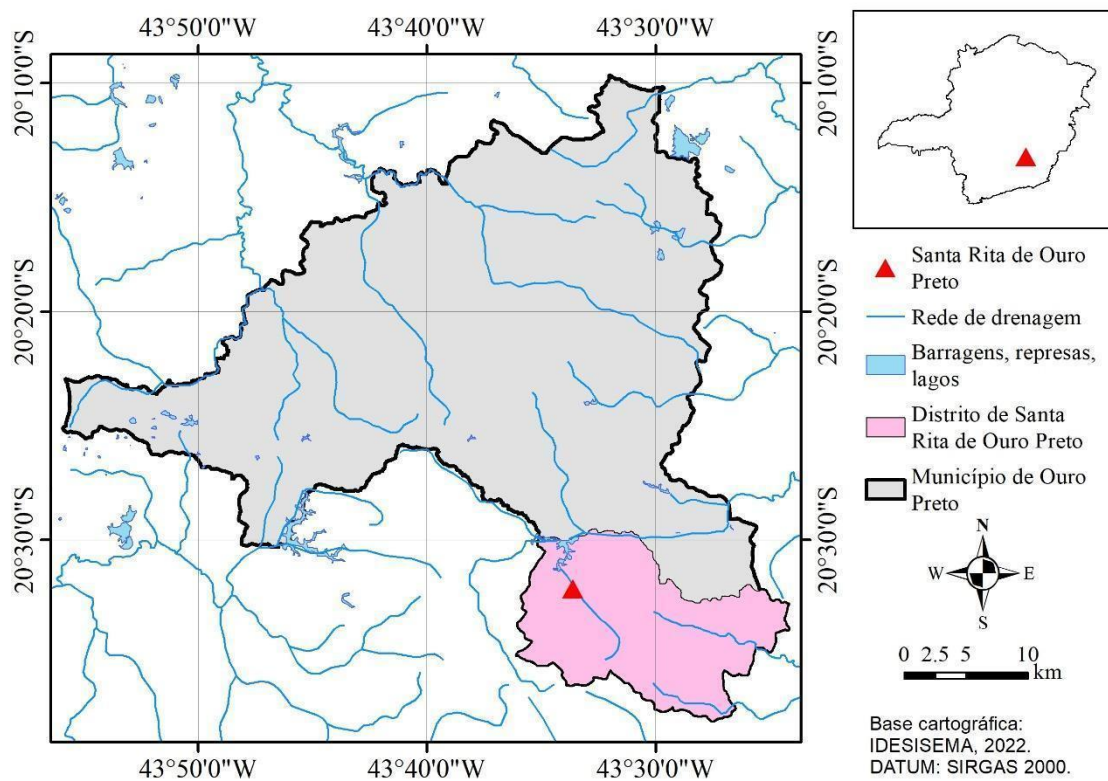
Quadro 01 – Localização das amostras

Amostras	Latitude	Longitude	Altitude (m)
P1 – Monocultura de eucalipto.	20°35'25,42 S	43°31'23,40 O	1.217
P2 – Horta em sistema Agroflorestal Sintrópico	20°35'57,93 S	43°27'59,97 O	882
P3 - Horta em sistema Agroflorestal Sintrópico.	20°35'56,81 S	43°28'2,58 O	898
P4 – Mata nativa	20°35'52,25 S	43°28'3,68 O	916
P5 – Agricultura convencional.	20°36'10,12 S	43°27'58,06 O	827
P6 - Agricultura convencional.	20°36'21,77 S	43°28'2,20 O	842
P7 - Pastagem	20°34'14,57 S	43°27'9,14 O	759
P8 – Área degradada.	20°34'1,95 S	43°28'46,33 O	896

Fonte: os autores, 2022.

Na Figura 1, é possível conferir um mapa contendo os limites do município de Ouro Preto e a localização do distrito de Santa Rita de Ouro Preto, bem como seus limites, rede de drenagem, barragens, represas e lagos.

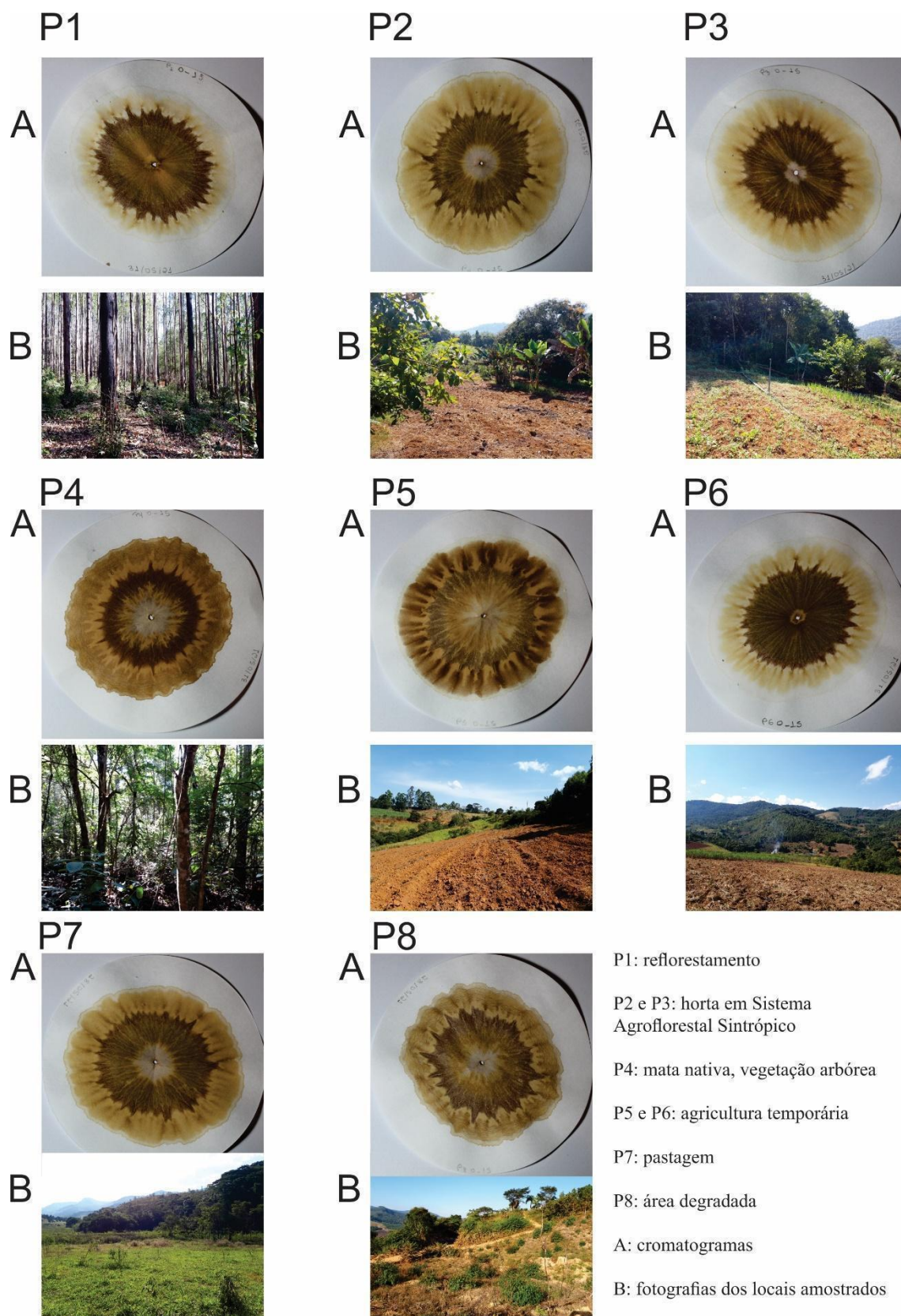
Figura 1 – Localização do município de Ouro Preto e do distrito de Santa Rita



Fonte: Oliveira (2020).

Na Figura 2, a seguir, pode-se ver a área de coleta de cada uma das amostras bem como seus respectivos cromas.

Figura 2 – Local de coleta das amostras e seus respectivos cromas



Fonte: OLIVEIRA, 2023.

4.2 Técnicas

A realização da técnica é dividida em duas etapas conforme Rivera e Pinheiro (2011). Uma em campo com a definição das áreas e coletas de material e posteriormente a etapa de laboratório em que as amostras, soluções e cromas são preparados.

A primeira etapa refere-se a coleta das amostras. Com relação a coleta e ao preparo do solo, o local de coleta deve ser definido de acordo com o objetivo do trabalho levando em consideração uma amostragem representativa do solo a ser avaliado. Cada amostra deve conter aproximadamente 250 g e deve ser identificada em relação ao local de coleta, à profundidade, ao horizonte de coleta etc. (RIVERA; PINHEIRO, 2011).

Depois de coletadas, as amostras devem ser colocadas em local limpo, fresco, arejado e à sombra, de modo que o material possa secar sem a utilização de métodos que acelere esse procedimento. Após a secagem, as amostras devem ser maceradas no almofariz e peneiradas ou passadas no tecido fino. Deve-se separar e identificar 5 g de solo já peneirado. Segundo conforme Rivera e Pinheiro (2011) para realizar a técnica da CP são necessários os seguintes insumos:

- água destilada ou da chuva;
- almofariz ou semelhantes;
- pipeta ou seringa hipodérmica de 5 ml ou 10 ml;
- agulha ou algo perfurante como alfinete;
- peneira de mesh 32 ou tecido fino como meia-calça ou tecido voil;
- Erlenmeyer de 250 ml ou recipiente semelhante como copo plástico descartável;
- placa de Petri de 3 cm, 5 cm ou 12 cm de diâmetro ou recipiente semelhante, como prato de sobremesa plástico descartável;
- hidróxido de sódio;
- nitrato de prata;
- proveta de plástico de 50 ml, 100 ml ou 1.000 ml ou semelhante;
- filtro circular de 15 cm de diâmetro preferencialmente da marca Whatman;
- furador de couro de 2 mm ou semelhante;
- balança;

- tesoura;
- lápis.

4.3 Preparo do filtro para impregnação

Deve-se utilizar o papel filtro de 15 cm de diâmetro. Com o auxílio de um furador deve-se perfurar o centro do filtro de modo a criar um buraco de 2 mm no papel. É preciso também, com o auxílio de uma agulha ou um objeto fino perfurante, fazer duas perfurações, ou duas marcações com lápis: uma a 4 cm de distância do centro do filtro; outra a 6 cm. Cada filtro deve ser devidamente identificado com lápis na borda, indicando a amostra e a data de impregnação (RIVERA; PINHEIRO, 2011).

4.4 Preparo do capilar

Utilizando um filtro de papel, recorte quadrados de dimensão 2 cm x 2 cm, que serão enrolados para formar um cilindro que será introduzido no centro do filtro para impregnação (RIVERA; PINHEIRO, 2011).

4.5 Preparo da solução reveladora

A solução de nitrato de prata (AgNO_3) a 0,5 % deve ser preparada à sombra e conservada em local escuro. Após pesar 0,5 g de nitrato de prata, ele deve ser dissolvido em 100 ml de água destilada ou da chuva (RIVERA; PINHEIRO, 2011).

4.6 Preparo da solução extratora

Para o preparo da solução de hidróxido de sódio (NaOH) a 1 %, deve-se pesar 10 g de NaOH e misturá-lo com 1 l de água destilada ou água filtrada da chuva (RIVERA; PINHEIRO, 2011).

4.7 Preparo da solução com solo

Para obter o extrato líquido do solo, pesa-se 5 g do solo peneirado, os quais são colocados em um Erlenmeyer ou um copo plástico de capacidade mínima de 100 ml. Em seguida, adiciona-se 50 ml da solução extratora de NaOH a 1 % e realiza-se agitações de modo a solubilizar uniformemente o material. Após a agitação o material deve ficar em repouso por 6 horas (RIVERA; PINHEIRO, 2011).

4.8 Realização do teste

Inicialmente é preciso impregnar a solução de AgNO_3 no filtro recém-preparado. Para isso deve-se adicionar 5 ml da solução em uma placa de Petri ou um recipiente semelhante. Em seguida, deverá ser colocado sobre ela o filtro apenas com o capilar encostando no fundo da placa, de modo que a solução possa subir via capilaridade e impregnar o filtro até a marcação de 4 cm. Estando completa a impregnação, o filtro deve ser guardado em local protegido da luz por 3 a 4 horas para secar (RIVERA; PINHEIRO, 2011).

Após a secagem do filtro já impregnado, deve-se preparar uma placa de Petri para a impregnação do extrato de solo no filtro. Para isso é preciso coletar 5 ml do extrato com o auxílio de uma seringa hipodérmica ou de uma pipeta. É importante ressaltar que o extrato deve ser coletado apenas da parte em suspensão, sem coletar o material decantado no fundo. Os 5 ml devem ser distribuídos no centro da placa de Petri.

Em seguida, deve ser colocado sobre ela o filtro apenas com o capilar encostando no fundo da placa para que o filtro possa ser impregnado com o extrato do solo até a marca de 6 cm. Estando completa a impregnação, o capilar é removido, e o filtro é posto para secar por um período de 24 a 72 horas. Após a secagem, cada cromatograma foi colocado entre duas folhas de papel A4 e armazenados no escuro para que posteriormente pudesse ser feita a interpretação (RIVERA; PINHEIRO, 2011).

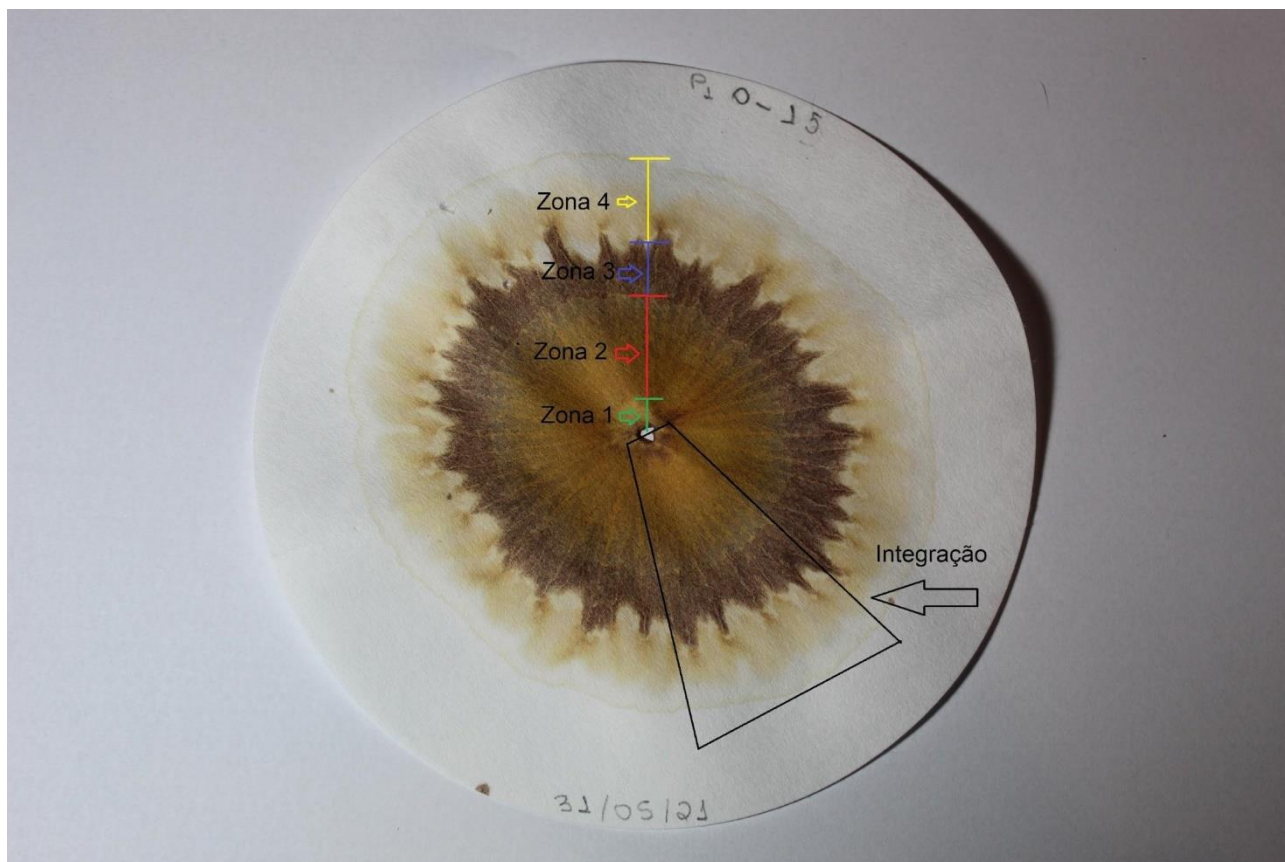
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES: ANÁLISE DOS CROMAS

Como parâmetros iniciais para análise dos cromas foi levada em consideração a identificação e presença das zonas (zona central ou zona 01, zona interna ou zona 02, zona intermediária ou zona 03 e zona externa ou zona 04) segundo Rivera e Pinheiro (2011). Foram analisados os padrões de cor cada uma das zonas considerando os padrões desejáveis e não desejáveis, indicando boa qualidade e má qualidade, respectivamente e a integração entre elas (se há uma transição abrupta, suavizada ou difusa; se há ou não a presença de características como a formação de penas e ou picos) (RIVERA; PINHEIRO, 2011). Os resultados a seguir apresentam a análise de cada croma, correspondente a um uso da terra no distrito de Santa Rita de Ouro Preto.

5.1 Croma P1

Amostra coletada em área de reflorestamento com predominância de eucalipto e gramíneas com presença de serrapilheira, pouca biodiversidade e solo compactado.

Figura 3 – P1



Fonte: os autores.

5.1.1 Zona central (zona 1)

Praticamente não há desenvolvimento da zona central, indicando um solo com baixíssima oxigenação e possível ação aeróbica, condição compatível com o uso do solo para monocultura de eucalipto criando os chamados “desertos verdes” (MEIRELLES, 2006). Ausência de cor delimitando a zona pode ser um indicador de aplicação de defensivos agrícolas.

5.1.2 Zona interna (zona 2)

Esta zona apresenta o maior tamanho entre as demais, já indicando um solo de qualidade não tão boa. Apresenta cor amarela com tons marrons e linhas de integração mais claras com borda cinza azulada. Estas cores revelam a presença de

um pouco de matéria orgânica. A integração não se estende para as demais zonas, indicando pouca disponibilidade de húmus.

5.1.3 Zona intermediária (zona 3)

Zona de tamanho pequeno cujas cores vão do cinza azulado ao marrom, indicando pouca presença de matéria orgânica. Há também baixa integração com as zonas anteriores e posteriores, indicando baixa atividade biológica e baixa humificação da matéria orgânica presente.

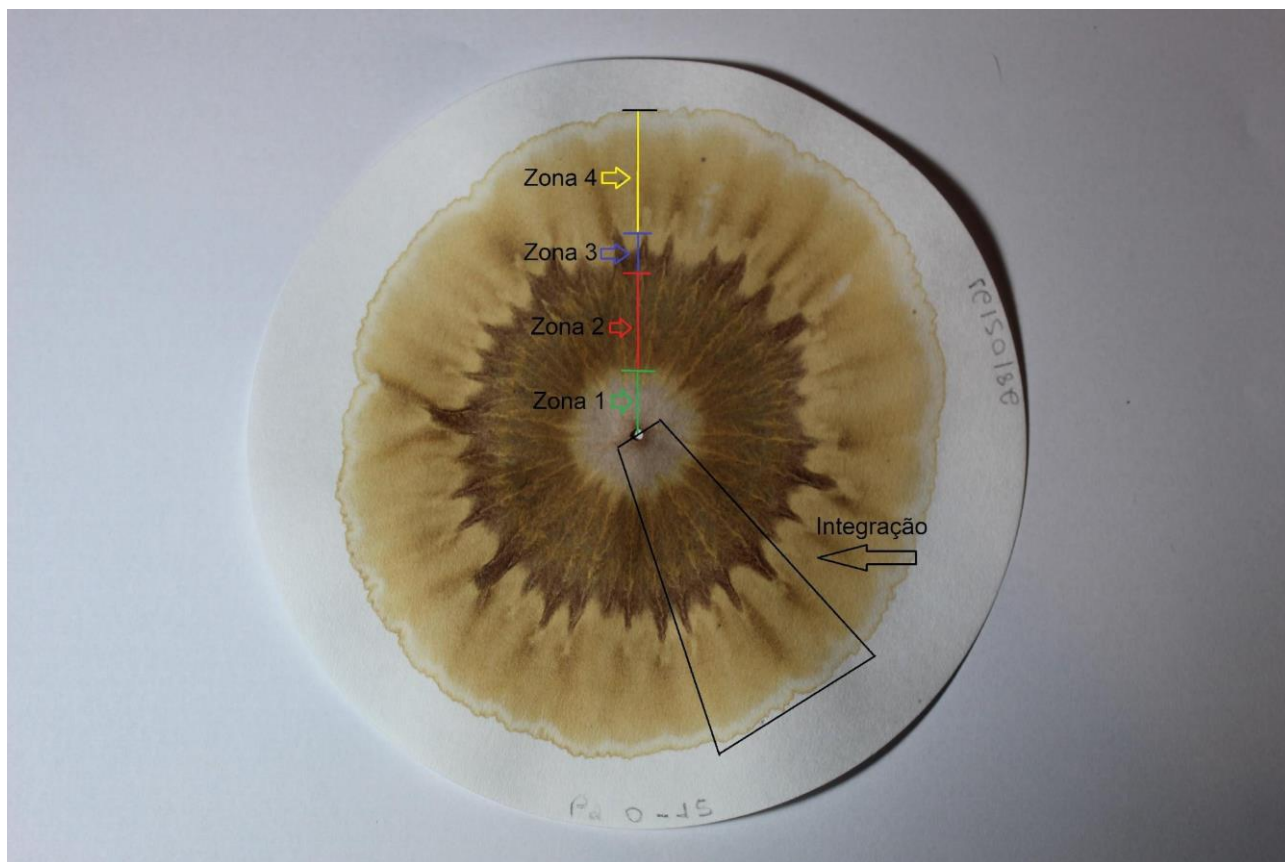
5.1.4 Zona externa (zona 4)

Zona de bom tamanho que possui cores que variam do bege claro ao dourado com formação de picos, nuvens e dentes, indicando presença de atividade biológica e evidenciando a integração entre as zonas interna, intermediária e externa.

5.2 Cromo P2

Amostra coletada em área de horta em sistema agroflorestal sintrópico, solo coberto por bastante matéria orgânica, biodiversidade de espécies, solo aerado, bastante presença de matéria orgânica e árvores ao redor da linha de cultivo.

Figura 4 – P2



Fonte: os autores.

5.2.1 Zona central (zona 1)

Zona bem-desenvolvida, com coloração intermediária em tons claros levemente acinzentados. A integração suave com as próximas zonas indica um bom solo, não compactado e com boa estrutura, revelando atividade microbiológica e enzimática.

5.2.2 Zona interna (zona 2)

Zona muito bem-desenvolvida, com cores variando do bege ao marrom escuro, podendo indicar solo mineralizado. Como característica, há presença de flechas indicando integração com as demais zonas.

5.2.3 Zona intermediária (zona 3)

Zona pouco desenvolvida, menor que as demais, indicando alta mineralização do solo, de cor predominantemente marrom escuro, com integração presente terminando com formação de picos e manchas na zona externa.

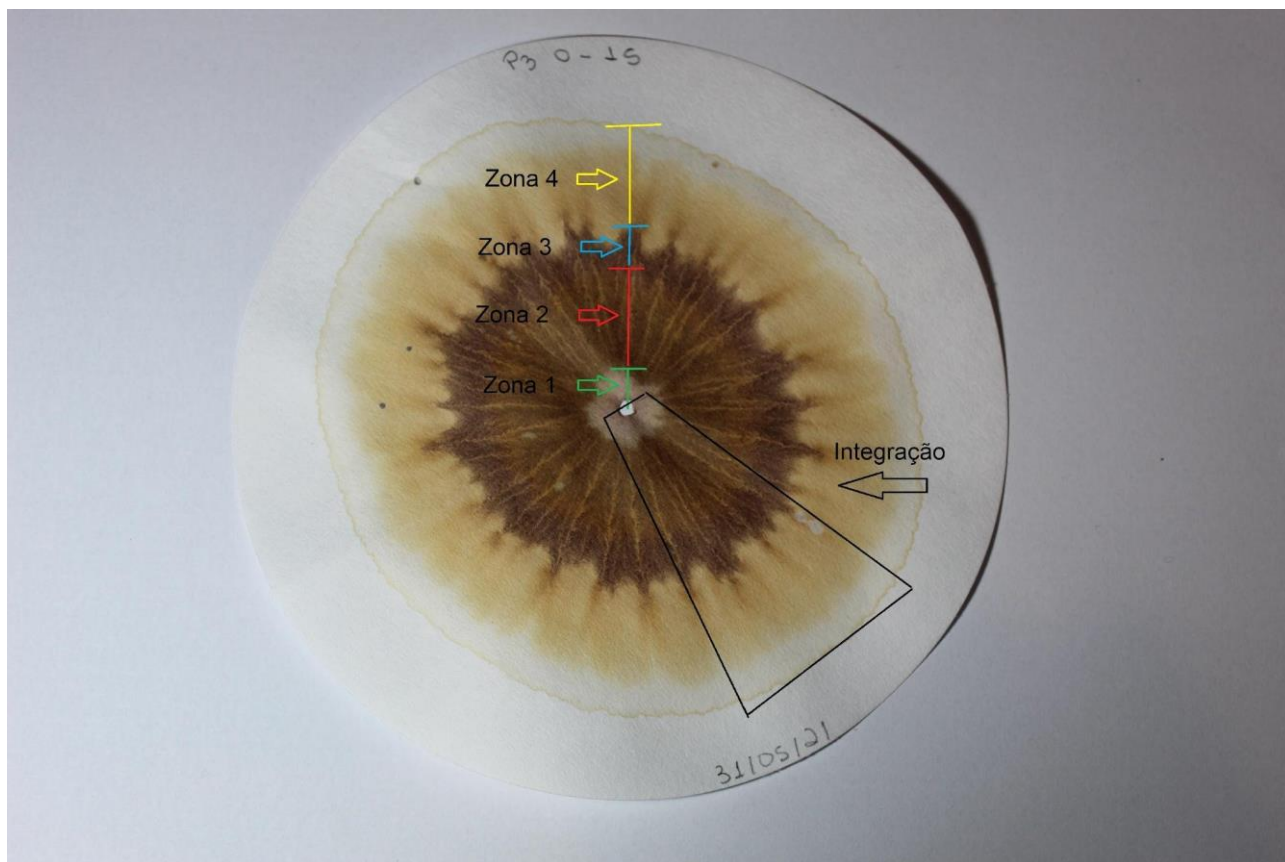
5.2.4 Zona externa (zona 4)

Zona bem-desenvolvida, com coloração desejável: bege ao dourado com partes claras. Há integração aparente com formação de picos, plumas e manchas, mais um indicativo de mineralização do solo e disponibilidade de nutrientes para as plantas.

5.3 Croma P3

Amostra coletada em área de início de cultivo de horta em sistema agroflorestal sintrópico, com solo areado, coberto por bastante matéria orgânica, biodiversidade de espécies, bastante presença de matéria orgânica e árvores ao redor da linha de cultivo.

Figura 5 – P3



Fonte: os autores.

5.3.1 Zona central (zona 1)

Zona desenvolvida, de cor predominantemente bege com cinza azulado nas extremidades, indicando solo não compactado e atividade microbiológica, com pouca integração com as demais zonas.

5.3.2 Zona interna (zona 2)

Zona muito bem-desenvolvida, de cores variando do bege ao marrom escuro (predominantemente marrom), podendo indicar solo mineralizado. Há presença de flechas, denotando integração com as demais zonas, e setas incidindo na zona seguinte e terminando em leves picos.

5.3.3 Zona intermediária (zona 3)

Zona pouco desenvolvida, de cor de predominante marrom escuro e integração presente com leves picos, terminando com leves manchas na zona seguinte.

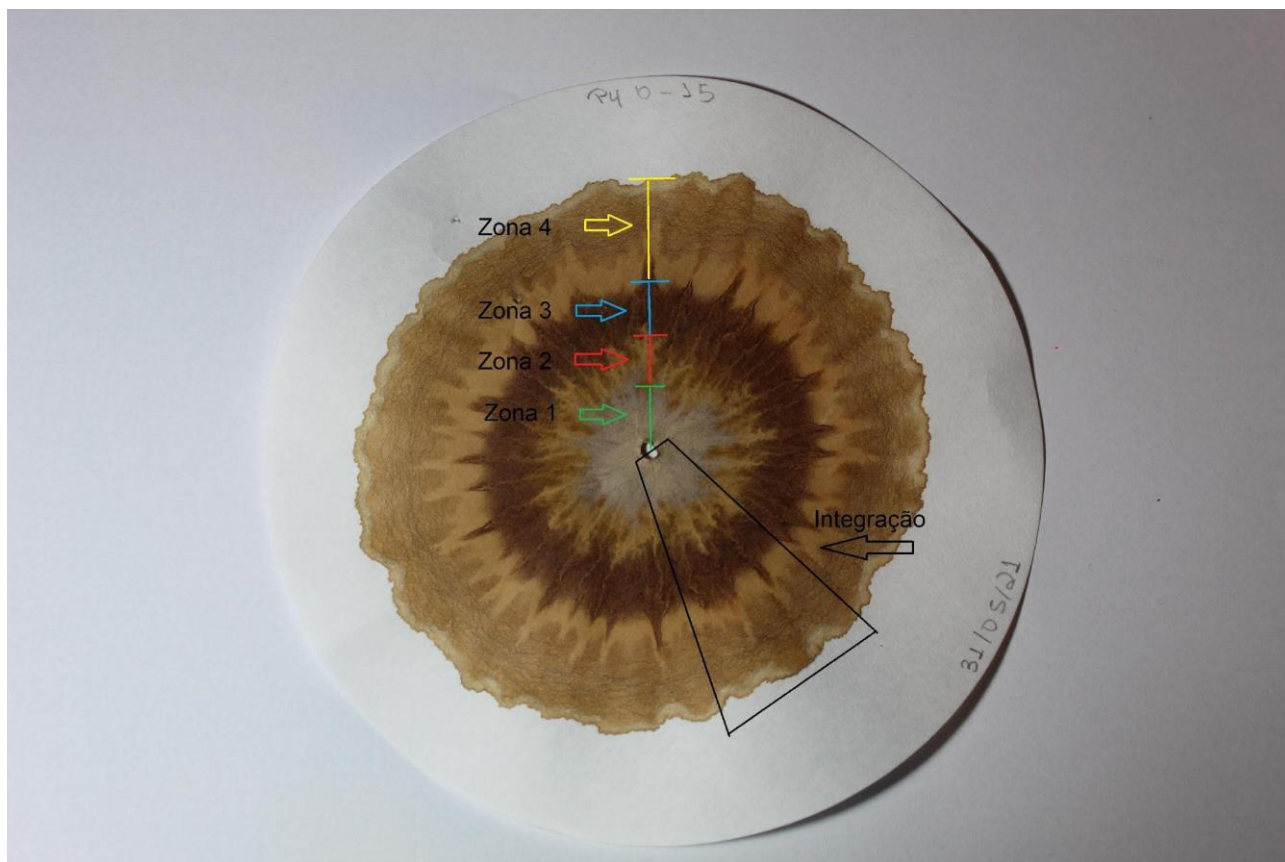
5.3.4 Zona externa (zona 04)

Zona bem-desenvolvida, de cores do amarelo ao branco com tons dourados, com integração. Há picos terminando em manchas, indicação de boa disponibilidade de húmus e ação enzimática/microbiológica.

5.4 Cromo P4

Amostra coletada em área de floresta nativa, de mata densa com muita diversidade ocupando todos os estratos da floresta. Presença de serrapilheira e baixa incidência de luz solar diretamente no solo.

Figura 6 – P4



Fonte: os autores.

5.4.1 Zona central (zona 1)

Zona bem-desenvolvida, com coloração intermediária em tons claros levemente acinzentados e boa integração com as próximas zonas, indicando um bom solo, não compactado e com boa estrutura, revelando atividade microbiológica e enzimática.

5.4.2 Zona interna (zona 2)

Zona bem-desenvolvida, cores variando do bege ao marrom escuro podendo indicar solo mineralizado. Há presença de flechas e plumas, indicando boa integração com as demais zonas o que demonstra um solo em evolução.

5.4.3 Zona intermediária (zona 3)

Zona bem-desenvolvida na cor marrom, indicativo de bom teor de matéria orgânica e mineralização, com picos de integração até a zona externa terminando em manchas, flechas e plumas integrando com as demais zonas.

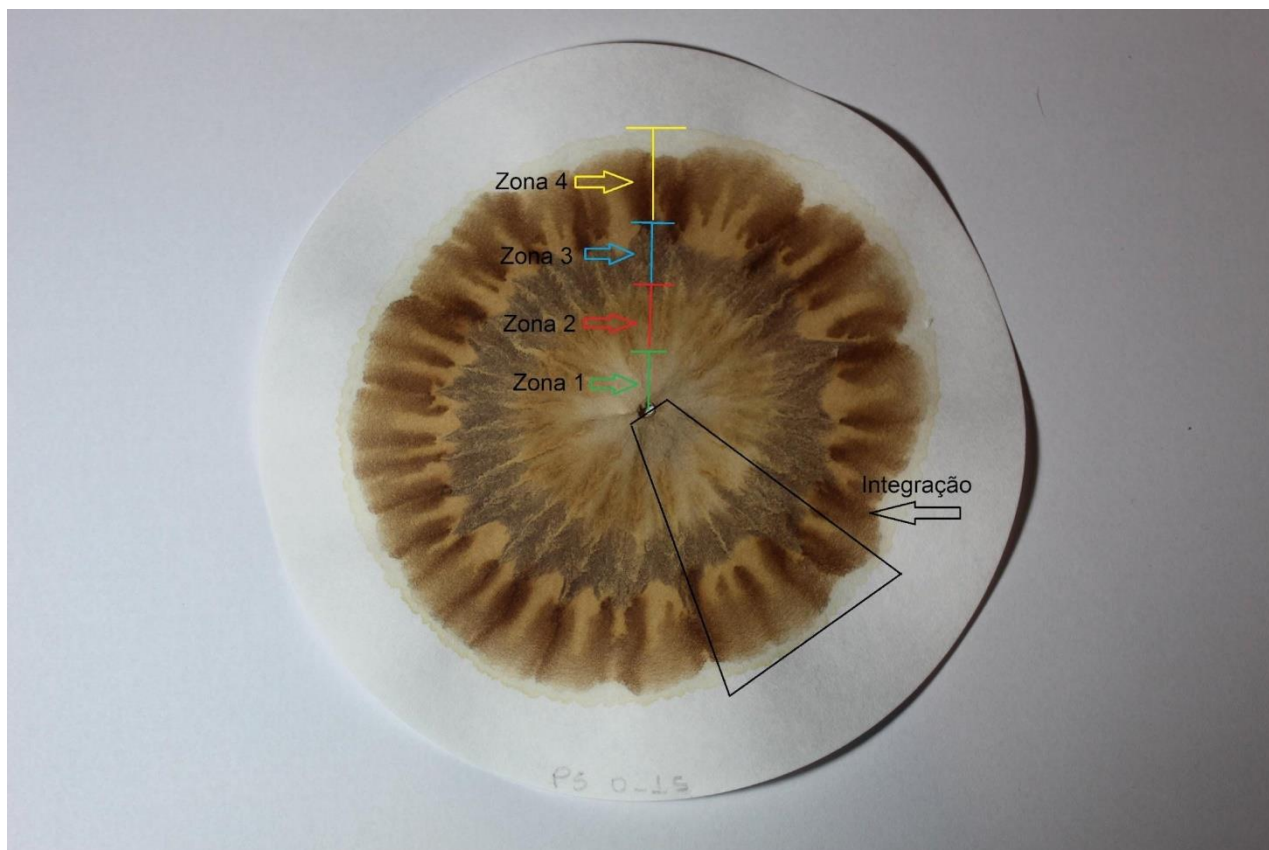
5.4.4 Zona externa (zona 4)

Zona bem-desenvolvida, com coloração desejável do bege ao dourado com partes claras. Há integração aparente com formação de pico, dentes e manchas: mais um indicativo de mineralização do solo e disponibilidade de nutrientes.

5.5 Cromo P5

Amostra coletada em terreno utilizado para agricultura convencional, com solo exposto e revirado mecanicamente ainda em aglomerados, sem a presença de qualquer tipo de cultura e alta incidência de sol diretamente sobre o solo.

Figura 7 – P5



Fonte: os autores.

5.5.1 Zona central (zona 1)

Zona bem-desenvolvida, com coloração intermediária em tons claros levemente acinzentados e boa integração com as próximas zonas, indicando um bom solo, não compactado e com boa estrutura, revelando atividade microbiológica e enzimática.

5.5.2 Zona interna (zona 2)

Zona bem-desenvolvida, com cores variando do bege ao marrom claro, podendo indicar solo mineralizado. Há presença de flechas e plumas, revelando boa integração com as demais zonas.

5.5.3 Zona intermediária (zona 3)

Zona bem-desenvolvida na cor marrom claro com leves tons acinzentados, indicativo de presença de matéria orgânica e mineralização, com poucos picos de integração até a zona externa, terminando em manchas e plumas integrando com as demais zonas.

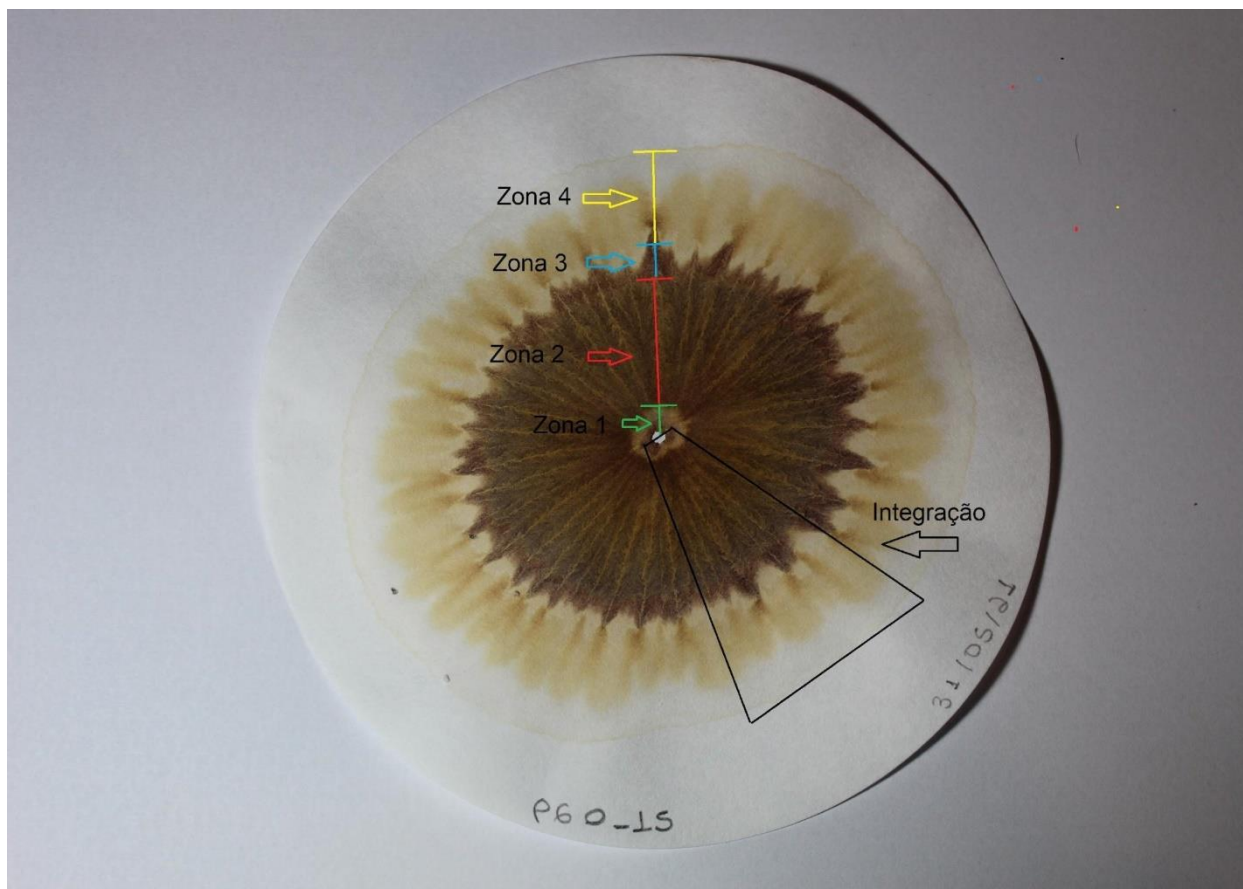
5.5.4 Zona externa (zona 4)

Zona bem-desenvolvida, de coloração do bege ao marrom com partes mais claras nas extremidades e integração aparente com pouca formação de pico, dentes e manchas, o que é mais um indicativo de mineralização do solo e disponibilidade de nutrientes.

5.6 Cromo P6

Amostra coletada em terreno levemente inclinado, utilizado para agricultura convencional, com solo exposto e revirado mecanicamente ainda em aglomerados sem a presença de qualquer tipo de cultura e alta incidência de sol diretamente sobre o solo.

Figura 8 – P6



Fonte: os autores.

5.6.1 Zona central (zona 1)

Praticamente não há desenvolvimento da zona central, possivelmente por se tratar de solo exposto aos raios solares diretamente. A ausência de cor delimitando a zona pode ser um indicador de aplicação de agrotóxicos. Não há ação de indícios de atividade microbiológica e enzimática.

5.6.2 Zona interna (zona 2)

Zona com o maior tamanho dentre as demais, já indicando um solo de qualidade não tão boa. Apresenta cor em tons marrons e linhas de integração mais claras com borda azulada. Estas cores indicam presença de um pouco de matéria orgânica. A integração não se estende para as demais zonas, revelando pouca disponibilidade de húmus.

5.6.3 Zona intermediária (zona 3)

Zona pouco desenvolvida e com cor predominantemente marrom escuro, indicando pouca presença de matéria orgânica, e integração presente terminando com formação de picos e manchas na zona externa.

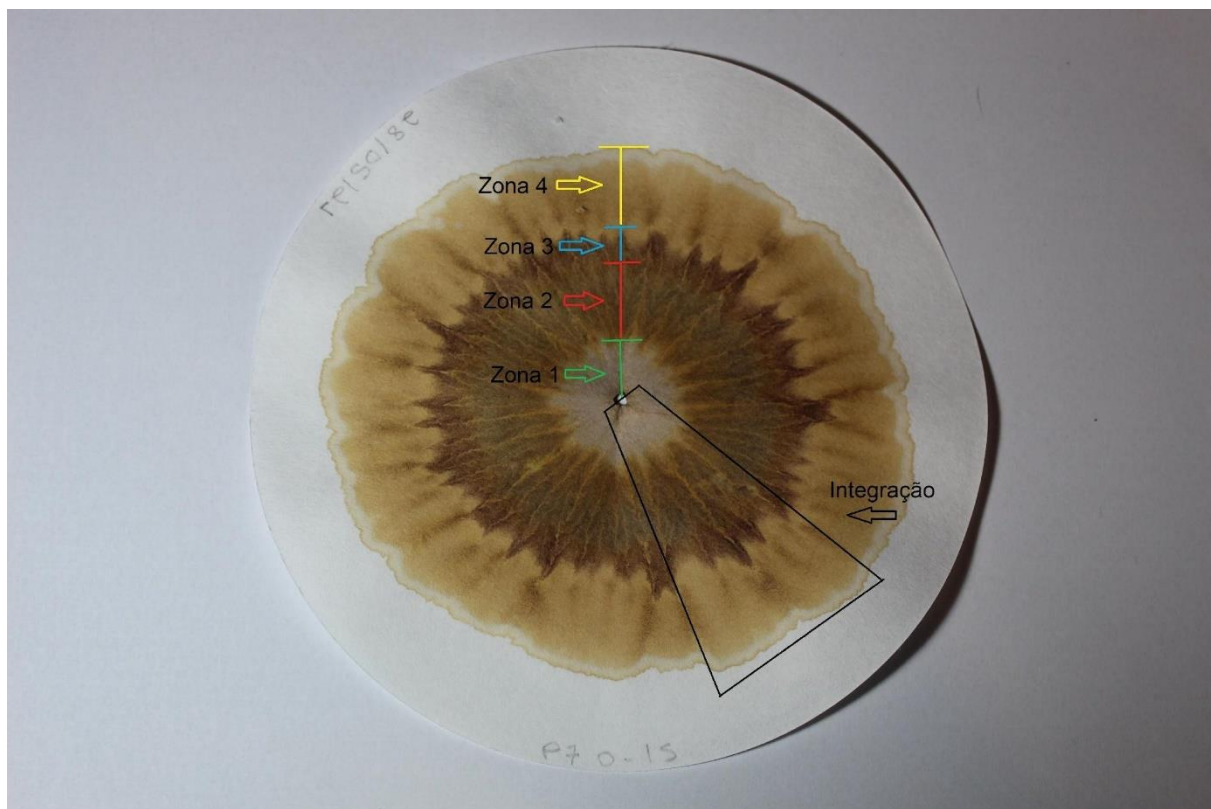
5.6.4 Zona externa (zona 4)

Zona bem-desenvolvida, com cores do amarelo ao branco com tons dourados e com integração, bem como picos terminando em manchas, indicando boa disponibilidade de húmus e ação enzimática/microbiológica.

5.7 Cromo P7

Amostra coletada em pastagem majoritariamente coberta por braquiária e outras gramíneas e alguns cupinzeiros, em área cercada de mata nativa. Não há presença de árvores, e o sol incide diretamente sobre a superfície.

Figura 9 – P7



Fonte: os autores.

5.7.1 Zona central (zona 1)

Zona desenvolvida, de cor predominantemente bege claro com cinza azulado, indicando solo não compactado e atividade microbiológica, com boa integração com as demais zonas.

5.7.2 Zona interna (zona 2)

Zona muito bem-desenvolvida, com cores variando do bege ao cinza azulado, podendo indicar solo mineralizado. Há presença de flechas, revelando integração com as demais zonas, e setas incidindo na zona seguinte e terminando em leves picos.

5.7.3 Zona intermediária (zona 3)

Zona pouco desenvolvida, de cor predominante marrom escuro, indicando presença de matéria orgânica, e integração presente com leves picos, terminando com leves manchas na zona seguinte.

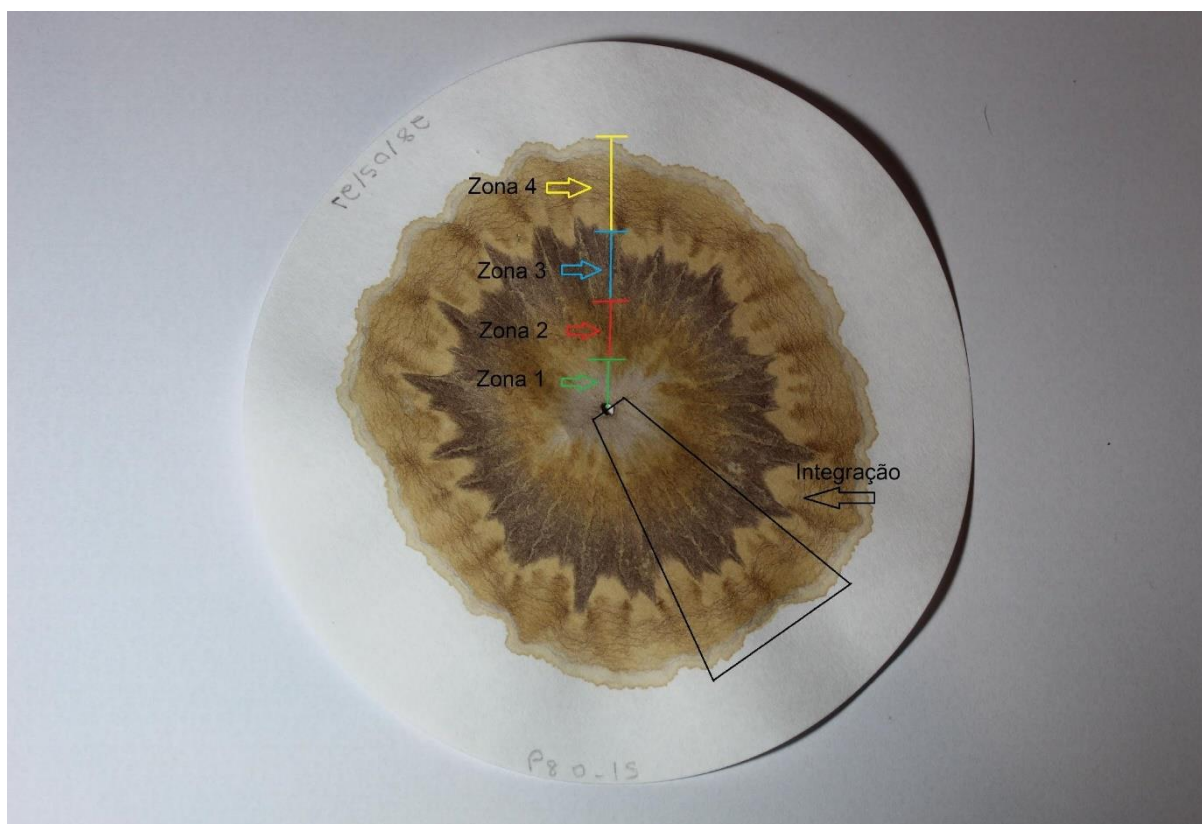
5.7.4 Zona externa (zona 4)

Zona bem-desenvolvida, de cores do amarelo ao branco com tons dourados, com boa integração, picos terminando em manchas – indicação de boa disponibilidade de húmus – e ação enzimática/microbiológica.

5.8 Cromo P8

Amostra coletada em uma área muito degradada. Há pouca presença de vegetação, com grande parte do solo exposta, pequenas árvores e arbustos em baixa quantidade e solo com sinais de compactação e erosão.

Figura 10 – P8



Fonte: os autores.

5.8.1 Zona central (zona 1)

Zona bem-desenvolvida, com coloração intermediária em tons claros levemente acinzentados e boa integração com a zona interna, indicando um bom solo, não compactado e com boa estrutura, revelando atividade microbológica e enzimática.

5.8.2 Zona interna (zona 2)

Zona bem-desenvolvida, com cores variando do bege ao dourado e ao marrom claro, podendo indicar solo mineralizado. Há pouca presença de flechas revelando integração com as demais zonas.

5.8.3 Zona intermediária (zona 3)

Zona bem-desenvolvida na cor marrom claro acinzentado, indicando presença de matéria orgânica e mineralização, com poucos picos e dentes, revelando boa integração até a zona externa, terminando em manchas.

5.8.4 Zona externa (zona 4)

Zona bem-desenvolvida, de coloração bege com manchas marrom e partes mais claras nas extremidades, com integração aparente com formação de pico, dentes e manchas, o que é mais um indicativo de mineralização do solo e disponibilidade de nutrientes.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho teve como parte dos resultados a interpretação dos cromas referente a cada local de coleta. O resultado foi satisfatório e se mostrou condizente com o esperado, tendo os cromas P4, P2 e P3 como as melhores características.

Estes correspondem respectivamente às áreas de mata nativa, horta agroflorestal mais desenvolvida e horta agroflorestal mais recente. Os cromas destas áreas apresentaram zona central bem-desenvolvida, com coloração clara levemente acinzentada, como esperado. Ambos possuem a zona intermediária fazendo integração com as demais zonas, principalmente o cromas P4, que possui esta zona muito bem-desenvolvida. Estes cromas também possuem uma boa zona intermediária, com tons marrons indicando boa presença de matéria orgânica, principalmente nas amostras P4 e P3. Por fim, eles apresentam zona externa com formação de picos e manchas como explosões.

Já os cromas com as piores características foram as amostras P1 e P6, correspondentes às áreas de monocultivo de eucalipto e agricultura temporária em que o solo estava exposto. Os cromas praticamente não tiveram formação de zona central, indicando possível solo compactado. Ambos possuem pouca integração entre as zonas. Houve na interpretação uma certa dificuldade quando feita apenas pela imagem digitalizada, pois o padrão de cores ficou mais escuro do que a realidade.

Há de se destacar também que a amostra P8, coletada em uma área degradada, não se destacou como pior cromas, como era esperado. Apesar não possuir zonas facilmente distinguíveis, suas características gerais não se diferenciam muito dos cromas P5 e P7.

Por isso é importante ressaltar a necessidade de realizar mais cromas para cada área e de se repetir o processo ao longo do tempo, principalmente após diferentes manejos do solo, a fim de avaliar uma possível evolução do solo e de evitar e diminuir os erros.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, A. C. **Aplicação da cromatografia de Pfeiffer no diagnóstico das características de uso da terra**. 2019. Monografia (Graduação em Tecnologia em Agrologia) – Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, 2019.

BARROS, C. E. **Contribuições da cromatografia circular de Pfeiffer para a análise da saúde do solo**. 2020. Dissertação (Mestrado em Agroecologia e Desenvolvimento Rural) – Universidade Federal de São Carlos, Araras, 2020. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/handle/20.500.14289/14119>.

BEZERRA, L. P. **Implantação de Sistemas Agroflorestais na Agricultura Familiar: um caminho para a transição agroecológica**. Dissertação de Mestrado. São Carlos (SP): Universidade Federal de São Carlos, 105p, 2018. <https://repositorio.ufscar.br/handle/ufscar/9707>.

BERNARDI, A. **Por que o solo é tão importante quanto a água e o ar?** 2020. Disponível em <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/57867457/artigo-por-que-o-solo-e-tao-importante-quanto-a-agua-e-o-ar#:~:text=O%20solo%20fornece%20nutrientes%20essenciais,dos%20gases%20de%20efeito%20estufa>>. Acesso em: 12/12/2023.

BETTIOL, Wagner et al. **Entendendo a matéria orgânica do solo em ambientes tropical e subtropical**. Brasília. 2023.

BRASIL. **Lei nº 11.346**, de 15 de setembro de 2006. Cria o Sistema Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional - SISAN - com vistas a assegurar o direito humano à alimentação adequada e dá outras providências. Diário Oficial da União 2006; 18 set.

CARNEIRO, Fernando Ferreira et al. **Dossiê ABRASCO: um alerta sobre os impactos dos agrotóxicos na saúde**. EPSJV/Expressão Popular, 2015.

DE ALCÂNTARA, Flávia Aparecida. **Manejo agroecológico do solo**. Documentos, n. 314, 2017.

DE SOUZA, H. A., Leite, L. F. C., Medeiros, J. C., & JOÃO CARLOS MEDEIROS, U. F. P. I. **Solos sustentáveis para a agricultura no Nordeste**. Brasília, DF 2021 Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/225006/1/SolosSuastentaveisPt1.Cap1.P25a52.pdf>. Acesso em 12/12/2023

DIAS, C. **O solo é vivo e responsável pelos serviços ecossistêmicos necessários à vida**. 2017. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/23945400/o-solo-e-vivo-e-responsavel-pelos-servicos-ecossistemicos-necessarios-a-vida#:~:text=O%20solo%20tamb%C3%A9m%20%C3%A9%20um,e%20subterr%C3%A2neos%2C%20garantindo%20a%20vida>>. Acesso em: 12/12/2023.

EMBRAPA. Sistema brasileiro de classificação de solos. **Centro Nacional de Pesquisa de Solos**. Rio de Janeiro, v. 3, 2013.

FAO. **Estado da Segurança Alimentar e Nutricional no Brasil**. 2018. Disponível em: <http://www.fao.org/3/ca2530pt/CA2530PT.pdf>. Acesso em 12/12/2023

FAO. **Solos saudáveis para as pessoas e para o planeta**: FAO pede reversão da degradação do solo. 2022. Disponível em: <https://www.fao.org/brasil/noticias/detail-events/fr/c/1472352/>. Acesso em 12/12/2023.

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. 2021.

GRACIANO, Igor. **Avaliação da saúde do solo por meio da cromatografia de Pfeiffer**: Aspectos metodológicos e aplicações. 2018. Tese de Doutorado. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual do Norte do Paraná, Paraná.

Healthy soils for a healthy people and planet: FAO calls for reversal of soil degradation. Disponível em: <<https://www.fao.org/newsroom/detail/agriculture-soils-degradation-FAO-GFFA-2022/en>>. Acesso em 12/12/2023

HOWARD, A. **Um testamento agrícola**. 2. ed. São Paulo: Expressão Popular, 2012. 360 p.

IBGE. **Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua**: Segurança Alimentar. 2014. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9127-pesquisa-nacional-por-amostra-de-domicilios-continua-trimestral.html>. Acesso em: nov. 2023.

IBGE. **Pesquisa Nacional por Amostra de Domicilio –PNAD Contínua**: 2019.

IBGE. **Pesquisa Nacional por Amostra de Domicilio –PNAD Contínua**: 2022.

JAHANGIR, M. M. R. Soil: a weapon for food security and climate change adaptation and mitigation. **Advances in Plants and Agriculture Research**, v. 3, n. 2, p. 00095, 2016. DOI: 10.15406/apar.2016.03.00095.

KER, J. C. et al. **Pedologia - Fundamentos**. 1. ed. Viçosa: SBCS, 2012. 343p.

LIMA, Paulo Henrique de et al. **Fertilização com composto orgânico fermentado e o emprego de cobertura morta do solo no desempenho agroeconômico de hortaliças em sucessão**. 2018.

MEIRELLES, D.; CALAZANS, M. **H2O para celulose x água para todas as línguas**. FASE, 2006. Acesso em: 13 de outubro de 2024.

MELO, David Marx Antunes de et al. **Qualidade de solos em agroecossistemas camponeses no território da Borborema-PB**. 2020.

MINAS GERAIS. **Decreto-lei nº 148 de 17 de dezembro de 1938**. Fixa a divisão territorial do Estado de Minas Gerais. Belo Horizonte, MG, 1938. Disponível em: <https://www.almg.gov.br/legislacao-mineira/texto/DEL/148/1938/> Acesso em: 23 jan. 2024.

MIRANDA, Alexandre Amadeu Cerqueira de et al. **Relação entre indicadores de qualidade de solo sob diferentes sistemas de manejo**. 2018.

MUÑOZ-ROJAS, Miriam *et al.* Soil quality indicators to assess functionality of restored soils in degraded semiarid ecosystems. **Restoration Ecology**, v. 24, p. 43-52, 2016.

NUPEDES. Programa de Extensão Agricultura Familiar na UFOP - Relatório Final. Pró-reitoria de Extensão (PROEX), Ouro Preto, 2019. Disponível em: Acesso em: 06 de janeiro de 2024.

OLIVEIRA, Diego Alves de et al. **Qualidade dos solos: conhecer para preservar**. 2023.

OLIVEIRA, Hugo Mendes de et al. **Redução de matéria orgânica com aplicação de *Bacillus subtilis* e *B. licheniformis* em sedimentos provenientes de viveiro de policultivo de *Litopenaeus vannamei* com *Oreochromis niloticus***. 2021.

PASCHOAL, Adilson. **A Biocenose do solo na produção vegetal & deficiências minerais em culturas: nutrição e produção vegetal [prefácio]. A Biocenose do solo na produção vegetal & deficiências minerais em culturas nutrição e produção vegetal**, p. 607: il, 2021.

PFEIFFER, E. **Chromatography applied to quality testing**. Wyoming: Bio-Dynamic Farming and Gardening Association, 1984.

PIAN, Livia Bischof et al. **Fertilização de origem vegetal em atributos do solo e no desempenho agroeconômico de hortaliças em sistemas orgânicos**. 2019.

PIGNATI, WA; MACHADO, JMH. **O agronegócio e seus impactos na saúde dos trabalhadores e da população do estado de Mato Grosso**. In: GOMEZ, CM; MACHADO, JMH; PENA PGL (orgs.). Saúde do trabalhador na sociedade brasileira contemporânea. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz, 2011.

PILON, Lucas Contarato et al. **Interações entre a cobertura vegetal e os atributos do solo em citros cultivado nos sistemas convencional, orgânico e agroflorestal**. 2017. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Santa Maria.

Prefeitura Municipal de Ouro Preto. Disponível em: <<https://www.ouropreto.mg.gov.br/distrito/6>>. Acesso em: 03 jan. 2024.

PRIMAVESI, Ana. **Cartilha da terra**. São Paulo: Expressão Popular, 2020.

PRIMAVESI, Ana. **Manual do solo vivo**: solo sadio, planta sadia, ser humano sadio. São Paulo: Expressão Popular, 2016.

PRIMAVESI, Ana Maria. **Agricultura sustentável**: origens e perspectivas. São Paulo: Nobel, 1992.

RABELLO, Tania. **Pioneira da agroecologia receberá prêmio mundial**. Estadão [online], 22 de julho de 2012. Disponível em: <<https://www.estadao.com.br/brasil/pioneira-da-agroecologia-recebera-premio-mundial/>>. Acesso em: 30 jun. 2024.

RIBEIRO-SILVA, R. DE C. et al. **Implicações da pandemia COVID-19 para a segurança alimentar e nutricional no Brasil**. *Ciência & Saúde Coletiva*, v. 25, n. 9, p. 3421–3430, set. 2020.

RIVERA, J. R.; PINHEIRO, S. **Cromatografia**: imagenes de vida y destrucción del suelo. Cali: Impresora Feriva, 2011. 249 p.

RODRIGUES, Maralise Moreira de Paula. **Estudo para aplicação da metodologia de produção mais limpa na fabricação de artesanato em pedra-sabão em oficina do distrito de Santa Rita de Ouro Preto**. 2009. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental) — Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. Departamento de Engenharia Ambiental, 2009.

RODRIGUES, Marcelo Cardoso de Paula. **Santa Rita da Pedra-sabão: o protagonismo do distrito de Santa Rita de Ouro Preto e sua arte em pedra-sabão**. 2023.

ROSS, Jurandyr Luciano Sanches. **Geografia do Brasil**. Edusp, 1996.

SCHAPPO, Sirlândia. **Fome e insegurança alimentar em tempos de pandemia da covid-19**. *SER social*, v. 23, n. 48, p. 28-52, 2021.

SEGALL-CORRÊA, Ana Maria; MARIN-LEON, Leticia. **A segurança alimentar no Brasil**: proposição e usos da Escala Brasileira de Medida da Insegurança Alimentar (EBIA) de 2003 a 2009. *Segurança alimentar e Nutricional*, v. 16, n. 2, p. 1-19, 2009.

SIQUEIRA, Ivando de. **Avaliação da fertilidade e vitalidade do solo pela cromatografia de Pfeiffer e seu potencial para motivar manejos agroecológicos**. 2016.

SOUZA, Carlos Eduardo P. de. **O direito humano à alimentação adequada e a agricultura familiar no Brasil**. *Revista Jurídica da Presidência*, Brasília, v. 15, n. 119, p. 47-66, jul./ago. 2013. Disponível em: <https://revistajuridica.presidencia.gov.br/index.php/saj/article/view/116/106>.

SPINELLI, M. A.; CANESQUI, A. M. O programa de alimentação escolar no estado de Mato Grosso: da centralização à descentralização (1979 - 1995). **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 15, n. 1, p. 105-117, jan./abr. 2002.

STEDILE, João Pedro. **Agricultura familiar e agroecologia**: contribuições para a soberania alimentar e a sustentabilidade. Cadernos de Agroecologia, Cruz Alta, v. 7, n. 2, 2012. Disponível em:
<https://periodicos.uff.br/cadernosdeagroecologia/article/view/10731>.

VALENTE, F. L. S. **Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE / FAE)**. 1996.