

The background of the entire page is a close-up photograph of two hands, one on the left and one on the right, cupped together and holding a generous amount of dark, rich brown soil. The hands are positioned in the lower half of the frame. In the background, there are soft-focus pink flowers, likely cherry blossoms, scattered across the top and sides, creating a natural and vibrant setting. The overall composition is centered and balanced, emphasizing the connection between human hands and the earth.

# QUALIDADE DOS SOLOS

*Conhecer para preservar*

Diego Alves de Oliveira  
Simone Fonseca Alves  
Cíntia Marques de Queiroz Oliveira  
Elizêne Veloso Ribeiro

EDITORA  
**IFMG**

Diego Alves de Oliveira  
Simone Fonseca Alves  
Cíntia Marques de Queiroz Oliveira  
Elizêne Veloso Ribeiro

# QUALIDADE DOS SOLOS

*Conhecer para preservar*

• EDITORA  
**IFMG**

**Presidente da República**  
**Luiz Inácio Lula da Silva**

**Ministro da Educação**  
**Camilo Santana**

**Secretário de Educação Profissional e Tecnológica**  
**Getúlio Ferreira Marques**

---



**INSTITUTO FEDERAL**  
**DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA**  
Minas Gerais

**Reitor**  
**Kléber Gonçalves Glória**

**Pró-Reitor de Pesquisa, Inovação**  
**e Pós-Graduação**  
**Fernando Gomes Braga**

---

**Editor**

Fernanda Morcatti Coura

**Conselheiro Editorial**

Alexandre Delfino Xavier  
Ana Paula da Silva Rodrigues  
Atair Silva de Souza  
Breno Luiz Thadeu da Silva  
Camila Cavadas Barbosa  
Daniel dos Reis Pedrosa  
Daniela Flávia Martins Fonseca  
Jacqueline Cardoso Ferreira  
Ludmila Nogueira Murta  
Natália Martins Travenzoli  
Nayara Fernanda Dornas  
Rafael Palhares Machado

---

**Projeto Gráfico, Diagramação e Capa**

Barbara Millen Magalhães Kohler

**Imagem de capa:**

Diego Alves de Oliveira

**Revisão linguística:**

Flávia Alves Figueiredo Souza

**Prefixo editorial:** Editora IFMG

**Linha Editorial:** Apoio Didático-Pedagógico

---



**Contato**

Endereço: Av. Professor Mário Werneck, 2590, Buritis  
Belo Horizonte - MG. CEP: 30575-180. Telefone: (31) 2513-5100  
E-mail: editora@ifmg.edu.br | www.ifmg.edu.br

QUALIDADE DOS  
**SOLOS**

*Conhecer para preservar*

Os textos assinados, no que diz respeito tanto à linguagem quanto ao conteúdo, não refletem necessariamente a opinião do Instituto Federal de Minas Gerais. As opiniões são de responsabilidade exclusiva dos respectivos autores. É permitida sua reprodução total ou parcial desde que citada a fonte.



Associação Brasileira  
das Editoras Universitárias

- Q1 Qualidade dos solos : conhecer para preservar / Oliveira, Diego Alves de ... [et al.]; editor Fernanda Morcatti Coura; projeto gráfico, diagramação e capa Barbara Millen Magalhães Kohler; revisão linguística Flávia Alves Figueiredo Souza; imagem de capa Diego Alves de Oliveira. – Belo Horizonte : Ed. IFMG, 2023.  
100 p. : il.

E-book no formato PDF.  
ISBN 978-65-85821-18-6

1. Solos. 2. Análise cromatográfica. 3. Solos - Análise. I. Oliveira, Diego Alves de. II. Alves, Simone Fonseca. III. Oliveira, Cíntia Marques de Queiroz. IV. Ribeiro, Elizêne Veloso.

CDD 631.4

Catálogo: Andreia Cristina Damasceno - CRB-6/1974





*Para Sofia e João Miguel, que plantarão as sementes do futuro...*



# Agradecimentos

Ao Instituto Federal de Minas Gerais que, por meio dos Editais: 10/2020 do Programa de Fomento à Pesquisa da Diretoria de Pesquisa, Inovação e Pós-Graduação (DPIPG) do Campus Ouro Preto e do Edital 16/2022 da Pró-Reitoria de Ensino, através do Programa Institucional de Bolsas de Ensino (PIBEN); financiaram e incentivaram a realização deste manual.

Aos estudantes que participaram dos projetos de pesquisa que culminaram na produção deste manual: Larissa Eduarda Gonçalves, Denise Imaculada Teixeira, Victor Gabriel de Araújo Teixeira, João Victor Rodrigues Ferreira, Larissa Eduarda Gonçalves e Beatriz Fernandes Gomes.

Aos agricultores do Distrito de Santa Rita de Ouro Preto, em Ouro Preto, MG, que nos receberam, acolheram, contribuíram com suas experiências e permitiram a realização de nossas coletas e análises, sem as quais este manual não teria sido construído.

Aos professores e colegas do Instituto Federal de Minas Gerais – Campus Ouro Preto que, com seu companheirismo e dedicação, nos incentivaram a crescer como pessoas e como profissionais.

E para todos aqueles que direta e indiretamente contribuíram para que este manual viesse à luz, nosso muito obrigado.



“A base de toda a vida e de toda produção vegetal em nosso globo é o solo. Um solo sadio mantém as plantas saudas e plantas saudas fornecem uma alimentação sadia, que mantém os seres humanos física e mentalmente saudas. E pessoas saudas, com um espírito sadio, não destroem sua base vital e o ambiente em que vivem, mas o conservam. Não somente cuidam de seus solos e do meio ambiente, mas também de seus próximos, criando bem-estar e paz.”

(Ana Primavesi)



# Lista de Ilustrações

Figura 01: O solo é um patrimônio da humanidade.....	24
Figura 02: Componentes do solo.....	25
Figura 03: Exemplo de processos erosivos causados pela degradação do solo (Urânia, SP, 2012).....	26
Figura 04: Ciclo da matéria orgânica do solo.....	27
Figura 05: Exemplo de agricultura moderna: plantação de algodão (Montividiu, Goiás, 2007.).....	32
Figura 06: Laboratório de Geografia Física do IFMG Campus Ouro Preto, 2023.....	36
Figura 07: Exemplo de resultado da cromatografia de Pfeiffer, chamado de cromatograma produzido a partir de amostra de solo com uso da terra sob reflorestamento.....	40
Figura 08: Peneira fina número 32 mesh e meia feminina de náilon.....	47
Figura 09: Balança Digital.....	47
Figura 10: Processo de destorroamento do solo.....	49
Figura 11: Pesagem de 05 gramas do solo seco e destorroado.....	49
Figura 12: Itens necessários para fazer uma solução extratora.....	51
Figura 13: 1 litro de água destilada, deionizada ou de chuva.....	52
Figura 14: Itens necessários para fazer a solução reveladora.....	53
Figura 15: Forma de armazenamento da solução reveladora.....	54
Figura 16: Placas de Petri e tampinhas higienizadas.....	55
Figura 17: Primeiro dobra-se o papel-filtro na metade e depois dobra-se novamente, até obter-se um formato de “fatia de pizza” .....	56
Figura 18: Locais onde devem ser feitos os furos de 04 e 06 cm no papel-filtro.....	57
Figura 19: Furador de papel que deve ser usado para fazer o furo na região central do filtro circular.....	57
Figura 20: Como cortar o papel-filtro para a construção do capilar (canudo).....	58
Figura 21: Como montar o capilar.....	58
Figura 22: Colocação do capilar (canudo) no centro do papel-filtro..	59
Figura 23: Posição correta em que as placas de Petri devem ser posicionadas.....	60

Figura 24: Colocação do conjunto capilar/papel-filtro na placa de Petri.....	61
Figura 25: Papel-filtro após a impregnação da solução reveladora, armazenado para secagem.....	62
Figura 26: Agitação para mistura do solo no líquido.....	64
Figura 27: Soluções em repouso após agitação.....	65
Figura 28: Líquido sobrenadante após repouso de 6 horas, sem mexer no frasco.....	65
Figura 29: A coleta do líquido na parte superior dos frascos deve ser feita com delicadeza.....	67
Figura 30: Conjunto de placas de Petri já com o líquido do solo dissolvido.....	68
Figura 31: Posicione o conjunto capilar/filtro circular nas placas de Petri.....	68
Figura 32: Modo como o capilar deve ser inserido no centro do papel-filtro.....	68
Figura 33: Impregnação até chegar na marca de 6 cm do papel-filtro.....	68
Figura 34: Fotografia do papel-filtro pronto para secagem após impregnação.....	70
Figura 35: Exemplo de cromatograma produzido a partir de amostra de solo com uso da terra em agricultura sintrópica do Distrito de Santa Rita de Ouro Preto, Ouro Preto, MG.....	74
Figura 36: Elementos principais de um cromatograma.....	75
Figura 37: Padrões de cores esperados em cromatografias, conforme Rivera e Pinheiro (2011).....	77
Figura 38: formas de integração entre as zonas do cromatograma e influência na qualidade do solo.....	78
Figura 39: Estruturas do desenvolvimento radial dos cromatogramas e sua respectiva influência na qualidade do solo.....	79
Figura 40: Exemplos de picos e sua influência na qualidade do solo nos cromatogramas.....	80
Figura 41: Mapa do Distrito de Santa Rita de Ouro Preto.....	83
Figura 42: Fotografias dos locais amostrados.....	84
Figura 43: Realização das análises de Cromatografia no Laboratório de Geografia Física do IFMG – Campus Ouro Preto, 2020.....	85

Figura 44: Cromatograma gerado a partir da amostra P1 (área de re-florestamento).....	87
Figura 45: Cromatogramas gerados a partir das amostras P2 e P4 (áreas de agricultura sintrópica e florestal).....	89
Figura 46: Cromatograma gerado a partir da amostra P7 (áreas de pastagem).....	90





# SUMÁRIO





Prefácio.....	21
Introdução.....	23
Capítulo 1: Mas o que é uma agricultura baseada no modelo agroecológico?.....	31
1.1. A Importância da análise do solo para o agricultor.....	35
Capítulo 2: O Método Cromatografia de Pfeiffer e seu uso na agricultura.....	40
2.1. Um pouco de História.....	42
Capítulo 3: A Descrição do Método Cromatografia de Pfeiffer.....	46
3.1. Etapa 1: Preparação Do Solo.....	46
3.2. Etapa 2: Preparação das Soluções.....	50
3.2.1. Passo a passo para preparar a Solução Extratora.....	51
3.2.2. Passo a passo para preparar a Solução Reveladora.....	53
3.3. Etapa 3: Preparação do Papel-filtro.....	54
3.4. Etapa 4: A realização da Cromatografia de Pfeiffer.....	62
Capítulo 4: Interpretando os resultados do método Cromatografia de Pfeiffer.....	73
4.1. Identificando as zonas do Cromatograma.....	74
4.2. Análise visual das cores.....	76
4.3. Análise visual da interação entre as zonas do cromatograma.....	77
4.3.1. Integração.....	77
4.3.2. Penas.....	78
4.3.3. Picos.....	79
Capítulo 5: Analisando um exemplo prático de uso da Cromatografia de Pfeiffer.....	83
Considerações Finais.....	92
Referências.....	93
Autores.....	97



# Prefácio

O solo é uma das partes vivas da Terra que fornece serviços ambientais fundamentais para a vida e para o desenvolvimento das sociedades. Não existe possibilidade de manter a qualidade ambiental e bem-estar humano se as funções do solo forem rompidas.

Apesar da extrema importância, a compreensão das características inerentes aos diferentes tipos de solo adquiridas ao longo dos seus processos de formação e transformação ainda são muito pouco claros para uma grande parcela da sociedade que dependem direta ou indiretamente da terra. Essa lacuna de conhecimento se inicia ainda na infância quando, ao iniciar o processo de alfabetização e nas séries posteriores, o conteúdo formal direcionado ao estudo do solo, é fundamentalmente teórico e descritivo, descolado da realidade vivida.

Nesse sentido, é com grande alegria que recebo a edição do manual *QUALIDADE DOS SOLOS: Conhecer para preservar* voltado para tornar o estudo do solo fascinante abordando conteúdos educativos com imenso valor prático. Voltado para a educação em solos, esse Manual ajuda a desvendar processos que dão vida ao solo contribuindo, seguramente, para a conservação, requisito indispensável para o século XXI.

Acredito que esses conteúdos serão de grande utilidade para toda a comunidade escolar, para quem trabalha com o solo ou para aqueles que apenas querem conhecer um pouco mais sobre esse ecossistema.

Por último, expressei meu profundo agradecimento ao autor e autoras dessa obra, professores Diego Alves de Oliveira, Simone

Fonseca Alves, Elizêne Veloso Ribeiro e Cintia Marques de Queiroz Oliveira pela inspiração.

Vania Rosolen

Professora Doutora Vania Rosolen;  
Livre docente pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, UNESP, Brasil.

Atua como Professora no Instituto de Geociências e Ciências Exatas de Rio Claro.

Rio Claro, junho de 2023.

# INTRODUÇÃO



O solo é considerado um patrimônio natural da humanidade. É um sistema vivo e ativo, que atua como filtro purificador, podendo armazenar água, além de servir como “casa” para uma grande quantidade de seres vivos. Um solo é formado basicamente por quatro elementos: matéria orgânica, minerais, ar e água.



**Figura 01: O solo é um patrimônio da humanidade.**  
Fotografia: Diego Alves de Oliveira, 2012

Formado de matéria orgânica e mineral, ele pode ser facilmente degradado e poluído. A proporção desses elementos pode variar muito de local para local e de acordo com a profundidade que observamos. Normalmente, essa composição do solo encontra-se em equilíbrio com o meio, mas dependendo do uso que os seres humanos dele fazem, pode acontecer um desequilíbrio.

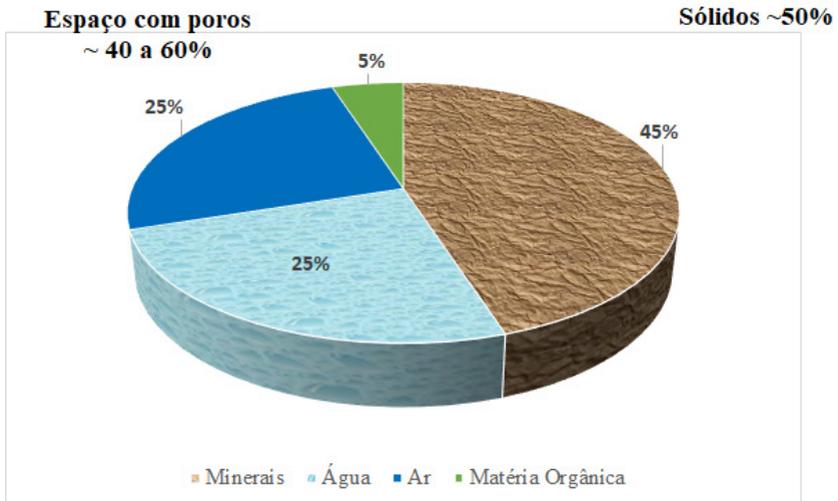


Figura 02: Componentes do solo. Elaboração: Diego Alves de Oliveira, 2023. Adaptado de Lepsch (2010, p. 46).

Essa degradação ocorre devido à falta de técnicas de conservação que não permitem a reposição dos nutrientes do solo, causando a sua perda de fertilidade. Estudos de 2015 da Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO) revelam que 30% dos solos do mundo estão degradados. Para a FAO, cerca de 75 milhões de toneladas de solos férteis desaparecem todos os anos no mundo por causa da degradação causada pelos seres humanos (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, 2015). Quando o solo se encontra em desequilíbrio, ele perde a capacidade de suportar a vida. Observe na figura 03 um exemplo de solo degradado.



Figura 03: Exemplo de processos erosivos causados pela degradação do solo (Urânia, SP, 2012). Fotografia: Diego Alves de Oliveira, 2012

Por isso, é muito importante lembrarmos que a única forma de preservar o solo é o seu uso de forma consciente e correta, logo, conhecer suas necessidades é fundamental.

Um solo fértil é aquele capaz de suportar a vida, permitindo o crescimento de seres vivos (desde os microrganismos, invisíveis aos nossos olhos, até animais de grande porte), gerando biomassa. São esses microrganismos, e outros seres, que reciclarão a matéria orgânica originada a partir da decomposição de restos de animais, fungos e plantas, transformando-os em nutrientes para sustentar a vida vegetal. Quanto maior for a diversidade da vida que cresce e se alimenta do solo, maior é a fertilidade dele (PILON; CARDOSO; MEDEIROS, 2018).

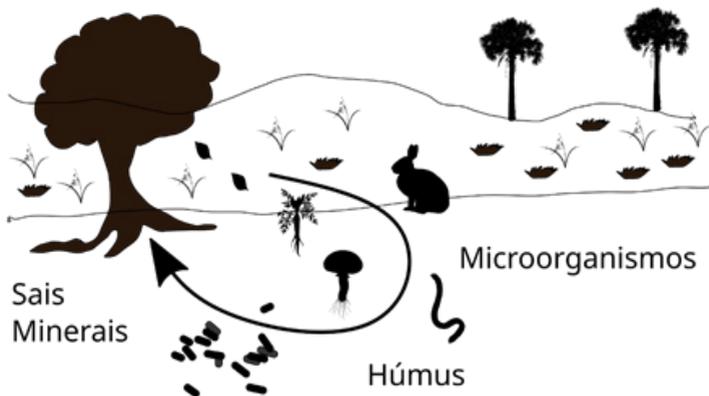


Figura 04: Ciclo da matéria orgânica do solo  
 Elaboração: Cíntia Marques de Queiroz Oliveira, 2023. Fonte: PhyloPic, 2023

Mas, nem sempre um solo com muita fertilidade é o mais saudável. Na realidade, existem outros elementos que devem estar presentes no solo para que ele seja capaz de sustentar a vida, incluindo a produção de alimentos. É preciso que o manejo do solo seja trabalhado de forma ecológica.

A **ecologia** se refere ao sistema natural de cada lugar. Ela envolve o solo, o clima, os seres vivos, bem como as interações entre esses três elementos. Trabalhar ecologicamente significa manejar os recursos naturais respeitando a teia da vida. Sempre que os manejos agrícolas são realizados conforme as características locais do ambiente, transformando-o o mínimo possível, o potencial natural dos solos é aproveitado. Conheceremos sobre isso mais adiante.

Apesar de apresentar ainda uma pequena expressividade na economia municipal, o setor agrícola do município de Ouro Preto, MG, tem um papel estratégico para a segurança alimentar, sendo alternativa à economia baseada na mineração e para que se tornem viáveis os objetivos do desenvolvimento sustentável

(Agenda 2030), sob a forma da agricultura familiar sustentável ou baseada no modelo **agroecológico**.

Assim, o objetivo deste manual é discutir a respeito de práticas agrícolas sustentáveis e a sua importância, bem como apresentar e demonstrar uma técnica que nos permite analisar a qualidade do solo, chamada **Cromatografia de Pfeiffer**. Essa técnica, que será melhor explicada mais adiante, é de grande auxílio para pequenos agricultores, permitindo que eles conheçam com mais propriedade as características dos solos em que realizam suas atividades.



*Para saber mais*

**Biomassa:** é a matéria orgânica disponibilizada por todos os seres vivos (MILLER JR., 2013).

**Matéria orgânica:** Parte orgânica do solo que inclui resíduos de seres vivos que sofreram decomposição em um nível em que a fonte não é mais reconhecível junto a resíduos microbianos e os produtos relativamente estáveis da decomposição, conhecido por húmus (CURI *et al.*, 1993).

**Mineral:** qualquer mineral que ocorre no solo ou faz parte dele (CURI *et al.*, 1993).

A elaboração deste manual didático originou-se da iniciativa do Grupo de Pesquisas Interdisciplinares em Áreas Úmidas – PIAU (<http://dgp.cnpq.br/dgp/espelhogrupo/8603033363255265>) e foi desenvolvida a partir dos projetos de pesquisa: 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 do Edital 10/2020 do Programa de Fomento à Pesquisa da Diretoria de Pesquisa, Inovação e Pós-Graduação (DPIPG) do Instituto Federal de Minas Gerais – Campus Ouro Preto, e Projeto integrador: protagonistas de uma sociedade sustentável do Edital 16/2022 da Pró-Reitoria de Ensino do Instituto Federal de Minas Gerais, através do Programa Institucional de Bolsas de Ensino (PIBEN).



# CAPÍTULO

# 1





## **1. Mas o que é uma agricultura baseada no modelo agroecológico?**

A Agroecologia é uma ciência que faz parte da Ecologia, ela estuda os ecossistemas artificiais que são formados em áreas de produção agrícola. Trata-se de uma ciência que busca ampliar e desenvolver uma agricultura sustentável, em que possa existir uma harmonia com o meio ambiente e o meio agrícola. Dessa forma, a agroecologia está diretamente relacionada aos saberes de agricultores locais, buscando incentivar a inter-relação entre os seres vivos e os recursos naturais através do manejo consciente, respeitando a diversidade e os saberes tradicionais (PRIMAVESI, 2009).

Como vimos anteriormente, a vida no solo, com sua atividade biológica, forma um conjunto que processa sem parar os recursos naturais básicos disponíveis: sol, água e nutrientes. É um reciclar permanente de carbono, de hidrogênio, de oxigênio e de nitrogênio, somado aos minerais encontrados na decomposição da rocha-matriz do solo.

Uma agricultura baseada no modelo agroecológico busca o desenvolvimento de uma produção de alimentos sem o uso de agrotóxicos, levando em consideração a biodiversidade local, buscando criar um equilíbrio com a preservação do meio ambiente e do meio agrícola. Esse modelo agrícola é baseado nos princípios da sustentabilidade, observando as dimensões econômicas, ambientais, culturais, éticas e sociais.

A agricultura sustentável é economicamente acessível e ecologicamente correta, além de ser justa do ponto de vista social, portanto, ela se baseia em três pontos de vistas: econômico, social e ecológico. Ela deve suprir as necessidades de produção e

qualidade de vida na Terra para as gerações futuras.

Por isso, devemos lembrar que toda a agricultura é praticada em um espaço que faz parte da natureza, que está inserido em um bioma. E esse espaço deve ser preservado para que, assim como fruto, obtenha-se a conservação da biodiversidade, da cultura, e, para que também, futuras gerações desfrutem desse mesmo local.

Todavia, o atual modelo agrícola realizado na maior parte do Brasil não é desse jeito.

A produção agrícola no Brasil baseia-se economicamente no agronegócio, que é caracterizado pela produção em larga escala, com o uso de adubos e fertilizantes químicos e que exige cada vez mais terras para a sua expansão. O crescimento do agronegócio é acompanhado por uma preocupação com os impactos que essa atividade causa no meio ambiente, assim como impactos sociais, culturais e econômicos.



Figura 05: Exemplo de agricultura moderna: Plantação de algodão (Montividiu, Goiás, 2007). Fotografia: Diego Alves de Oliveira, 2007

O agronegócio afeta o meio ambiente como um todo, seja na perda da flora e fauna, seja a famílias e grupos, que são retirados à força de sua origem para dar lugar a grandes propriedades rurais. Do mesmo modo, a retirada da cobertura vegetal das áreas naturais sem o manejo adequado torna as áreas mais vulneráveis à erosão e provoca o desaparecimento de nascentes. Por fim, o uso contínuo de agrotóxicos pode impactar a qualidade e a quantidade dos microrganismos benéficos presentes no solo que, como vimos anteriormente, são essenciais para a saúde das plantas e da produção agrícola.

Ao contrário do modelo realizado pelo agronegócio, a agroecologia parte do princípio de que é necessário trabalhar em conjunto com a natureza, promovendo a produtividade sempre em favor da flora e/ou da fauna do território, a saúde do solo, a qualidade dos alimentos e, atentando-se em curto ou longo prazo para o fato de esse local poder ser utilizado novamente.

Para a professora, pesquisadora e engenheira agrônoma Ana Primavesi, a agroecologia depende muito da sabedoria de cada agricultor, que é desenvolvida a partir de suas experiências e observações locais. É essencial ressaltar que a agricultura agroecológica não elimina as mudanças no ecossistema, mas procura amenizar os impactos ambientais que essas podem promover (PRIMAVESI, 2009). Para ela, o manejo agroecológico dos solos deve trazer à tona cinco tópicos indispensáveis:

- **Solos vivos e agregados (bem estruturados):** um solo vivo tem a presença de vários organismos que interagem entre si e com os elementos minerais e orgânicos do solo.
- **Biodiversidade:** a existência de grandes variedades de seres vivos em uma mesma área é uma forma natural do solo manter seu equilíbrio.

- **Proteção do solo contra o aquecimento excessivo, o impacto da chuva e do vento permanente:** os solos devem ser cobertos o máximo possível, para que se possa evitar o impacto das gotas de chuva, do vento e da ação direta do sol.

- **Bom desenvolvimento das raízes:** medidas simples podem ser implementadas para que as raízes das plantas cultivadas apresentem um bom crescimento e grande volume no solo.

- **Autoconfiança do agricultor:** na agroecologia, o agricultor muda sua ação sobre a forma de realizar a agricultura. Em vez de adquirir técnicas prontas, ele começa a experimentar, pensar e observar, começando a produzir melhor que a agricultura usual e ganhando autoconfiança.

Segundo a Coordenadoria de Assistência Técnica Integral da Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo (2022), a agroecologia deve ter como princípios práticas que asseguram a manutenção da fertilidade do solo e desenvolvimento saudável das plantas, tais como:

Cobertura permanente do solo (viva ou mülching);  
Adubação verde;  
Proteção contra os ventos;  
Práticas de conservação do solo (controle da erosão);  
Rotação de culturas;  
Consortiação de culturas;  
Cultivo em faixas, entre outras. (SÃO PAULO, 2022, sp.)

Após conhecer o que é a agroecologia e suas finalidades, é fácil percebermos que, com sua implementação, haverá maior segurança alimentar e nutricional, a indústria será mais solidária economicamente e, ainda, se garantirão os direitos e a proteção

das populações nativas e tradicionais. Do ponto de vista econômico, o direito às tecnologias sociais, à comunicação e à saúde coletiva será mais bem distribuído e, conseqüentemente, mais acessível e conservado.

Para entender mais sobre o assunto, recomendamos a videoaula ministrada pelo engenheiro agrônomo e ativista científico em agricultura saudável, Cromatografia de Pfeiffer e agroecologia camponesa Sebastião Pinheiro, disponível gratuitamente no Youtube no endereço <https://youtu.be/p7Fo0x8K6bc>.

### 1.1 A importância da análise do solo para o agricultor

Como já dissemos, o solo é um componente do ecossistema. Ele desempenha um papel fundamental na produtividade agrícola, uma vez que é nele que se encontram os nutrientes essenciais para as plantas.

Ele também apresenta grande biodiversidade e a atividade biológica, que é imprescindível para a sua fertilidade. Um solo fértil pode indicar uma maior produção agrícola, isso porque possui grande capacidade de fornecer água e nutrientes às plantas, mesmo que sua fertilidade varie muito em uma única propriedade agrícola.

Por isso, o agricultor precisa conhecer os solos de sua terra, o que só ele irá através de sua análise e é a partir da avaliação da fertilidade do solo que é possível elaborar um manejo adequado e eficiente. Tal análise é importante para entender o local que está sendo cultivado, suas características, a carência (ou não) de nutrientes, quais culturas são mais adequadas para cada local, bem como as necessidades de manutenção das áreas a serem cultivadas.



Figura 06: Laboratório de Geografia Física do IFMG Campus Ouro Preto, 2023

Fotografia: Diego Alves de Oliveira, 2023

Também é importante mencionar que a análise do solo é uma das exigências das instituições financeiras para disponibilizar crédito agrícola, tendo como respaldo a avaliação dos riscos do negócio. Conforme o Manual de Crédito Rural do ano de 2023 (BRASIL, 2023), para ter acesso a essas linhas de financiamento, o agricultor tem que apresentar laudos de análise de solo e da respectiva recomendação agronômica. A maioria destas análises de solos tem alto custo e demanda análises em laboratório, como o da figura 06.

Existem alguns métodos de análise de solos, entre eles podemos citar: a análise química completa (avaliados todos os macronutrientes e os micronutrientes do solo), a análise química simples (quando o produtor já possui da sua área uma análise química básica de rotina, e que necessita ser feita pelo menos uma vez ao ano) e a análise física (entendimento sobre qual a porcentagem de argila, silte e areia do solo de cada área analisada) (LEPSCH, 2010). No entanto, essas análises costumam ter um

custo elevado para o produtor rural.

A pesquisadora e engenheira agrônoma Ana Primavesi, em sua Cartilha do Solo: como reconhecer e sanar seus problemas (2009), nos ensina formas de analisar seu espaço de produção de acordo com as características do solo, sem que seja necessária a realização de análises onerosas. Para essa autora, os produtores podem analisar as características visíveis de suas áreas de cultivo, tais como a superfície do solo, a umidade, a textura, a estrutura, a cor e o cheiro. Para saber mais sobre isso, você pode acessar esta cartilha gratuitamente no link <https://anamariaprimavesi.com.br/2020/01/27/cartilha-do-solo-como-reconhecer-e-sanar-seus-problemas/>

Um dos métodos que vem sendo difundido no Brasil, de rápida avaliação da qualidade dos solos e de fácil acesso aos agricultores, é a Cromatografia de Pfeiffer. Esse método será abordado no nosso próximo tópico.



*Para saber mais*

**Biodiversidade:** uma medida da diversidade de organismos numa determinada área (RIKLEFS, 2003)

**Bioma:** um tipo grande de comunidade ecológica (RIKLEFS, 2003).

**Ecossistema:** comunidade de espécies diferentes que interagem entre si, combinado a fatores físico-químicos que compõem seu ambiente não vivo (MILLER JR, 2013)



# CAPÍTULO

# 2





## 2. A importância da análise do solo para o agricultor

A Cromatografia de Pfeiffer é um método ainda pouco conhecido, mas que, por meio de uma técnica acessível aos agricultores, permite a análise da fertilidade do solo. Esse método indica qualitativamente o grau da atividade microbiana, aeração do solo, estrutura, diversidade mineral e a biodisponibilidade de nutrientes às plantas. Por isso, ele pode ser utilizado para orientar os agricultores em suas decisões a respeito do manejo do solo e das plantas, proporcionando-os uma ampla visão da saúde do solo.



Figura 07: Exemplo de resultado da cromatografia de Pfeiffer, chamado de cromatograma produzido a partir de amostra de solo com uso da terra sob reflorestamento.

Fonte: Diego Alves de Oliveira, 2021

Essa técnica está ganhando cada vez mais destaque no cenário agrícola, já que permite analisar a saúde do solo através de

um cromatograma, que mostra a qualidade a partir de diferentes zonas, formatos, cores e a união entre elas, apontando atividades dos minerais, microbiológicas e da matéria orgânica. Assim, a Cromatografia de Pfeiffer pode ser utilizada no monitoramento de agroecossistemas como um indicador de qualidade dos solos (PINHEIRO, 2011).

No campo da agroecologia, a Cromatografia de Pfeiffer é muito eficiente, de baixo custo e de simples realização, fato que traz autonomia ao pequeno agricultor. Os resultados são expostos de modo acessível e dinâmico, através de formas e cores que reproduzem os indicadores da situação do solo em que eles cultivam.

Muitas vezes os agricultores familiares e as pequenas propriedades – e que são justamente os responsáveis pelo abastecimento do mercado interno de nosso país – não possuem os mesmos métodos modernos, o maquinário ou mesmo os incentivos de políticas governamentais disponíveis ao agronegócio.

Assim, a técnica Cromatografia de Pfeiffer foi desenvolvida justamente para auxiliar esses agricultores, ao ser um método sustentável e acessível. Com o auxílio deste manual, e com poucas horas de treinamento, você poderá executá-la usando equipamentos caseiros de baixo custo. Como resultado, você terá um estudo minucioso de acordo com a necessidade da área em questão, de periodicidade anual, estacional, mensal, semanal e até mesmo diária. Novamente, sem grande gasto como seria em um exame de laboratório, e que incentivaria a adoção de agrotóxicos.

Além de fazer a inspeção da qualidade e de fertilidade do solo, também é possível realizar a indicação do adubo que será colocado na terra. Assim, é possível determinar a quantidade essencial, evitando o desperdício e a degradação do solo. Ainda, é possível realizar o mesmo processo com o fruto colhido, garan-

tindo a boa condição do alimento que irá para a população. Ou seja, a Cromatografia de Pfeiffer aumenta a autonomia, empodera e eleva a autoestima do produtor familiar, o que assegura uma boa sobrevivência para comunidade.

O uso do método da Cromatografia de Pfeiffer vem sendo defendido no Brasil por inúmeros autores, entre eles, o professor e ativista científico Sebastião Pinheiro que, desde a década de 1990, luta por uma agricultura mais sustentável em nosso país. Os potenciais desse método também estão descritos em pesquisas de mestrado e doutorado realizadas por universidades brasileiras, em artigos científicos e até mesmo em publicações da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), como é o caso do Guia Prático de Cromatografia de Pfeiffer, escrito em 2018 por Lucas Pilon, Joel Cardoso e Fabrício Medeiros, disponível gratuitamente no site da Embrapa (<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1097113>).

### 2.1. Um pouco de história...

De acordo com as pesquisas realizadas por Pfeiffer (1984) e Rivera e Pinheiro (2011), os estudos sobre o solo e sua capacidade de produzir alimentos tiveram grande destaque a partir do ano de 1820, quando o estudioso Liebig percebeu que essa capacidade tinha relação com a presença de nutrientes no solo.

A partir desse momento houve um grande incentivo e investimento econômico para o uso de adubos e fertilizantes, resultando em um aumento da produtividade de alimentos. Isso fez com que se desenvolvesse a indústria de fertilizantes, em um nível mundial, ao mesmo tempo que as práticas baseadas na conservação da matéria orgânica do solo eram abandonadas.

Esse processo iniciou a base para a produção de alimentos

cada vez mais industrializados, excluindo as formas tradicionais de agricultura. Além disso, a prática da adubação levou a uma dependência crescente desses insumos, pois eles alteram o equilíbrio e a capacidade de produção de cada tipo de solo. A dependência de insumos industrializados para a produção de alimentos gerou situações de insegurança alimentar, elevando o preço dos alimentos ao longo do tempo.

A partir dessa situação, a equipe liderada pelo pesquisador alemão Rudolf Steiner estabeleceu no ano 1924 pesquisas sobre a agricultura biodinâmica, que tinha como principal objetivo a eliminação do uso de agrotóxicos.

Ernest Pfeiffer, bioquímico, que era um dos membros dessa equipe, refugiou-se na Suíça, e depois nos Estados Unidos em 1933, onde se dedicou a estudar a microbiologia, formulando a Teoria da Vitalidade do Solo e desenvolvendo uma técnica que pode ser aplicada por qualquer agricultor para a determinação da vida e saúde do solo, conhecida hoje como a Cromatografia Circular de Pfeiffer (CCP) ou apenas Cromatografia de Pfeiffer (CP).



*Para saber mais*

**Microbiana:** fonte de vida microscópica

**Aeração:** processo pelo qual se faz a troca de gases entre o ar que está nos poros do solo e o ar atmosférico (CURI *et al.*, 1993).

**Biodisponibilidade:** grau em que uma substância pode ser absorvida pelo sistema (MANAHAN, 2013).

**Cromatograma:** imagem circular registrada no papel-filtro após a realização da técnica da Cromatografia Circular de Pfeiffer (CCP), onde se pode analisar a qualidade do solo.

**Indicadores:** qualquer informação de caráter quantitativo, em uma unidade de tempo, que resulte da análise de ao menos duas variáveis primárias (MAGALHÃES JÚNIOR, 2007).

**Agrossistemas:** sistema de produção baseado na preservação do ecossistema, fundamentada na diversidade de culturas (SOUZA *et al.*, 2022).

**Minucioso:** cheio de detalhes



# CAPÍTULO

# 3





### 3. A descrição do método Cromatografia de Pfeiffer

A partir de agora iremos lhe ensinar como executar a técnica Cromatografia de Pfeiffer em sua área. Esse método se divide em quatro etapas: Na etapa 01, você preparará o solo a ser analisado depois; na etapa 02, você preparará as soluções a serem utilizadas na realização da Cromatografia de Pfeiffer e na etapa 03, prepararemos o papel-filtro para fazer a análise. Por fim, mostraremos como realizar a Cromatografia propriamente dita.

#### 3.1. Etapa 1: preparação do solo

A amostra de solo deve representar o espaço que você deseja analisar, por isso, você deve coletar solo de onde você realmente planta para que o resultado seja condizente com sua realidade. Se você quiser, pode coletar o solo em diferentes profundidades para saber as propriedades dos solos mais profundos.

Dependendo da sua cultura, a raiz da planta pode ter necessidades diferentes das existentes no solo da superfície e, por isso, seu solo pode precisar de um manejo diferente. Você também precisa registrar o local ou locais em que fez a coleta do solo. O ideal é que, ao longo do tempo, as análises sejam feitas sempre no mesmo local para fazer o monitoramento da saúde do seu solo.

Para a preparação do solo, você precisará dos seguintes materiais:

- **Solo** a ser analisado. Logo mais descreveremos como você preparará o solo para sua análise.
- **Papel Limpo** (papel-toalha, guardanapo de papel, papel higiênico, papelão, papel Craft ou de “pão”) para realizar a secagem do solo.
- **Peneira fina de número 32 mesh.** Você também pode utilizar, em substituição da peneira, um retalho médio de tecido

voal ou uma meia feminina de náilon (meia-calça).

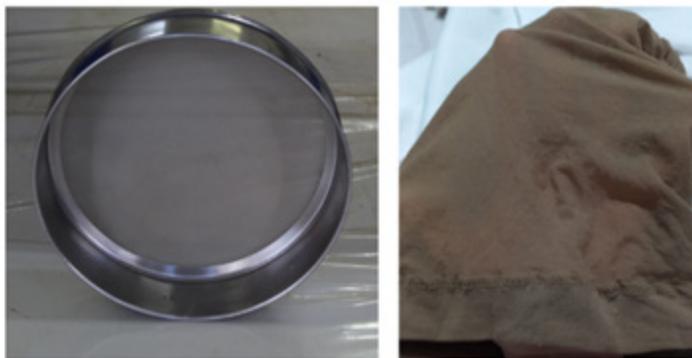


Figura 08: Peneira fina número 32 mesh e meia feminina de náilon  
Fotografia: Diego Alves de Oliveira, 2023

- **Balança digital.** Ela deve ser precisa o bastante para conseguir pesar uma quantidade de 0,5 gramas.



Figura 09: Balança Digital. Fotografia: Diego Alves de Oliveira, 2023

- **Bacias ou pratos muito limpos** (ou nunca usados)
- **Copo de café descartável**

Descreveremos agora o passo a passo para a preparação dos

solos:

**Passo 1:** Coleta dos solos. Com uma colher ou pá, ou mesmo com a mão, recolha 250 gramas do solo que deseja analisar. Registre a data, o local e a profundidade da coleta (ou coletas, se for o caso).

Obs.: Caso tenha mais de uma amostra, cada um dos passos a seguir devem ser feitos separadamente, uma amostra por vez. Os materiais usados em cada uma das amostras devem sempre estar bem limpos para que seus resultados sejam mais confiáveis.

**Passo 02:** Coloque o solo sobre um papel limpo para secar na sombra e em um local fresco e arejado. O tempo de secagem varia de acordo com as características do seu solo, clima local e período do ano. Não se recomenda forçar a secagem para não comprometer os resultados de suas análises. Seu solo estará seco quando estiver solto e fácil de peneirar.

**Passo 03:** Dependendo do seu tipo de solo, pode ser necessário moer ou destorroar o solo. Você pode fazer isso manualmente ou usando um pilão de cozinha plástico nunca usado (completamente limpo). Você também pode fazer este destorroamento usando uma bacia de plástico nunca usada. Destacamos a importância da limpeza dos materiais para evitar contaminações que prejudiquem o resultado da sua análise. Caso seu solo não tenha formado torrões, siga para o passo 04.



Figura 10: Processo de destorroamento do solo  
Fotografia: Diego Alves de Oliveira, 2023

**Passo 04:** Usando a peneira, o retallo de voal ou a meia-calça de náilon, você peneirá o solo seco em uma bacia ou em prato limpos.

**Passo 05:** Do solo seco e peneirado, retire e pese 5 gramas. Reserve-as em copos de café descartáveis limpos (um copo para cada amostra que você desejar analisar). Lembre-se de manter a identificação da data, local e profundidade para essa amostra anotada no recipiente. É com esse solo que você fará a Cromatografia de Pfeiffer.



Figura 11: Pesagem de 5 gramas do solo seco e destorroado  
Fotografia: Diego Alves de Oliveira, 2023

**OBSERVAÇÃO:** A identificação correta da amostra é essencial para o bom resultado de suas análises. Você utilizará esse solo na última etapa.

### 3.2. Etapa 2: Preparação das Soluções

Nesta etapa, você preparará duas soluções essenciais para a realização da sua análise. A solução extratora e a solução reveladora. Para a preparação das soluções você precisará dos seguintes materiais.

- **Nitrato de prata** ( $\text{AgNO}_3$ ), que você consegue obter em lojas especializadas para materiais de laboratório a um custo médio de R\$ 12,00 por um grama. (Cotação de Fevereiro de 2023.)

- **Hidróxido de Sódio** ( $\text{NaOH}$ ), também chamado de soda cáustica, e que você consegue obter em lojas especializadas para materiais de laboratório a um custo médio de R\$ 60,00 por um quilo (Cotação de Fevereiro de 2023.) Esse material pode ser em pó, capsulas, escamas, geralmente no estado sólido. Atenção: não recomendamos o uso da soda cáustica compradas em supermercados para uso doméstico, pois ela tem um grau de pureza menor e pode atrapalhar as análises realizadas.

- **Água destilada**, deionizada ou desmineralizada que você consegue obter em lojas especializadas para materiais de laboratório a um custo médio de R\$ 20,00 a cada cinco litros. (Cotação de Fevereiro de 2023.) Em último caso, você pode também utilizar água de chuva, coletada em recipientes limpos.

- **Dois (02) garrafas ou algum outro recipiente de vidro.** Esse material precisa estar bem limpo e ter uma capacidade maior do que 1 litro. Recomenda-se que tenha tampa, para armazenamento, caso você não utilize a solução toda.

- **Papel alumínio**

- **Balança digital.** Ela precisa ser precisa o bastante para conseguir pesar uma quantidade de 0,5 gramas.
- **Funil doméstico simples**
- **Luvas de limpeza**
- **Bastão de vidro, ou colher de aço inox, ou colher de plástico comprida ou uma régua de 40 cm para mexer a solução**
- **Sala escura.** Você pode utilizar qualquer cômodo que não bata sol diretamente.
- **Copo medidor ou proveta.**

### 3.2.1. Passo a passo para preparar a Solução Extratora



Figura 12: Itens necessários para fazer uma solução extratora  
Fotografia: Diego Alves de Oliveira, 2023

**Passo 01:** você deverá pesar (na balança digital) 10 gramas de Hidróxido de Sódio (NaOH). Nestas etapas, recomenda-se o uso de luvas, para sua segurança.

**Passo 02:** Em uma garrafa ou recipiente de vidro limpo, com

o auxílio de um funil (se necessário) adicione as 10 gramas do Hidróxido de Sódio (NaOH).

**Passo 03:** Na mesma garrara ou recipiente, acrescente 1000 ml (1 litro) de água destilada.

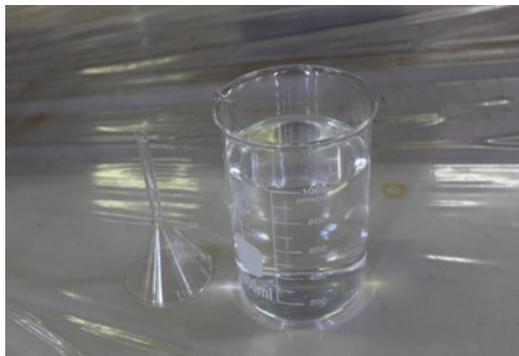


Figura 13: 1 litro de água destilada, deionizada ou de chuva  
Fotografia: Diego Alves de Oliveira, 2023

**Passo 04:** Com o auxílio de um bastão de vidro, bastão de aço inox, colher plástica ou régua, mexa a solução até dissolver totalmente o hidróxido de sódio. O material pode esquentar um pouco enquanto você mexe.

**Passo 05:** Após total dissolução do material sólido, deixe descansar em um lugar seguro – longe de crianças e animais. Esta quantidade rende material para analisar 20 amostras. Caso você não utilize todo o material de uma vez, você pode armazená-lo em um local seguro, protegido, arejado e sombreado para um outro momento. Identifique o frasco para evitar acidentes. O ideal é usá-la o quanto antes. Caso deseje, você pode reduzir a quantidade de solução preparada, reduzindo proporcionalmente a quantidade de hidróxido de sódio e água destilada a serem

misturadas.

### 3.2.2. Passo a passo para preparar a Solução Reveladora

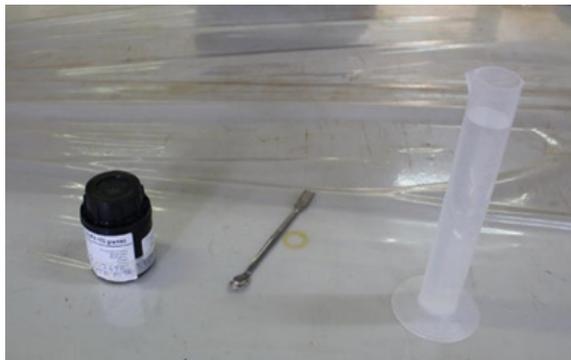


Figura 14: Itens necessários para fazer a solução reveladora  
Fotografia: Diego Alves de Oliveira, 2023

**Passo 01:** Com o auxílio da balança digital, pese 0,5 gramas de Nitrato de Prata ( $\text{AgNO}_3$ ). O Nitrato de prata é muito sensível à luz, então esta etapa deve ser realizada numa sala o menos iluminada possível, e principalmente, longe da luz solar. Você pode fazer dentro de um quarto com as cortinas fechadas, por exemplo, ou em outro cômodo com baixa luminosidade.

**Passo 02:** Com o auxílio de um funil ou colher de café, coloque o nitrato de prata em uma garrafa ou recipiente de vidro.

**Passo 03:** Com o auxílio de um funil, coloque dentro da garrafa 100 ml de água destilada.

**Passo 04:** Com o auxílio de um bastão de vidro, bastão de aço inox, colher plástica ou régua, mexa a solução até dissolver totalmente o nitrato de prata.

**Passo 05:** Tampe o frasco, embrulhe-o totalmente em papel alumínio e guarde em um local escuro.



Figura 15: Forma de armazenamento da solução reveladora  
Fotografia: Diego Alves de Oliveira, 2023

Você também pode guardá-lo dentro da geladeira, desde que identificado, para evitar acidentes. Esta quantidade rende material para analisar 20 amostras. O ideal é usá-la o quanto antes. Caso deseje, você pode reduzir a quantidade de solução preparada, reduzindo proporcionalmente a quantidade de nitrato de prata e água destilada a serem misturadas.

### 3.3. Etapa 3: Preparação do Papel-filtro

Nesta etapa, prepararemos o papel onde o cromatograma será revelado pelas soluções preparadas na etapa anterior.

Para esta etapa, precisaremos dos seguintes materiais:

- **Papel-filtro circular de 15 cm de diâmetro n<sup>o</sup>1 ou n<sup>o</sup>4**, também chamado de papel-filtro qualitativo. Recomenda-se o uso dos papéis-filtro da marca Whatman®, mas existem outras marcas disponíveis no mercado. Você pode comprar este papel em lojas especializadas para materiais de laboratório a um custo médio de R\$ 100,00 a caixa com 100 unidades. (Cotação de Fevereiro de 2023.)

- **Agulha ou alfinete;**
- **Régua escolar comum;**
- **Tesoura comum;**
- **Luva cirúrgica;**
- **Lápis de escrever,** para fazer marcações no papel-filtro e facilitar suas análises.

• **Sala escura.** Você pode utilizar qualquer cômodo que não bata sol diretamente.

• **Placa de Petri pequena** (sugestão de 5,7 cm de diâmetro) que você consegue obter em lojas especializadas para materiais de laboratório a um custo médio de R\$ 10,00 a unidade. (Cotação de Fevereiro de 2023.) Caso você não consiga obter esse material, pode substituí-lo por uma tampa de garrafa PET muito limpa.

• **Placa de Petri maior** (sugestão de 8,9 cm de diâmetro), que você consegue obter em lojas especializadas para materiais de laboratório a um custo médio de R\$ 13,00 a unidade. (Cotação de Fevereiro de 2023.) Caso você não consiga obter esse material, pode substituí-lo por uma tampa de pote de maionese muito limpa.

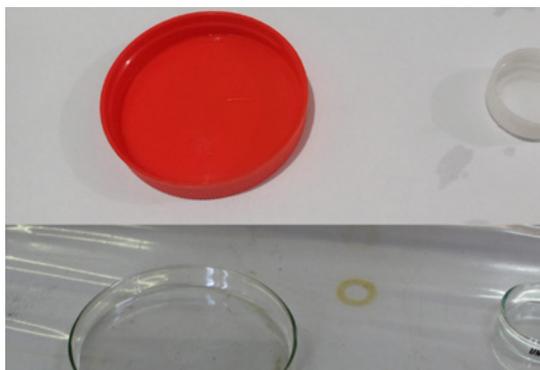


Figura 16: Placas de Petri e tampinhas higienizadas  
Fotografia: Diego Alves de Oliveira

- **Papel Limpo** (papel toalha, guardanapo de papel, papel higiênico ou papel escritório);
- **Caixa de sapato ou caixa de papelão pequena;**
- **Furador de couro ou perfurador de 2 mm.**

Descreveremos a seguir o passo a passo para a preparação do papel-filtro.

**Passo 01:** Pegue o papel-filtro e dobre-o ao meio, deixando-o em formato de meia lua. A seguir, dobre-o novamente, deixando-o no formato de “fatia de pizza”. Recomenda-se a utilização de luvas para realizar essa e as etapas a seguir. Caso você não tenha uma luva no momento da realização desse preparo, evite ao máximo tocar no centro do papel, pois pode prejudicar o resultado das suas análises.

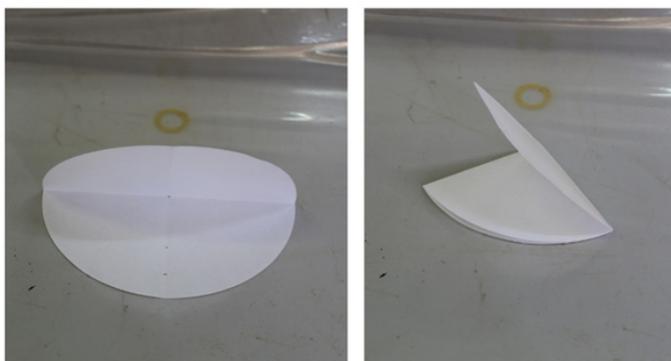


Figura 17: Primeiro dobra-se o papel-filtro na metade e depois dobra-se novamente, até obter-se um formato de “fatia de pizza”. Fotografia: Diego Alves de Oliveira, 2023

**Passo 02:** Desdobre o papel e encontre o centro dele, que é o cruzamento das duas dobras que você realizou. Fure esse centro com uma agulha ou alfinete.

**Passo 03:** Com o auxílio de uma régua, a partir do centro, fure o papel com a agulha ou alfinete, as distâncias de 04 cm e 06 cm. Você deve utilizar um papel-filtro por amostra.

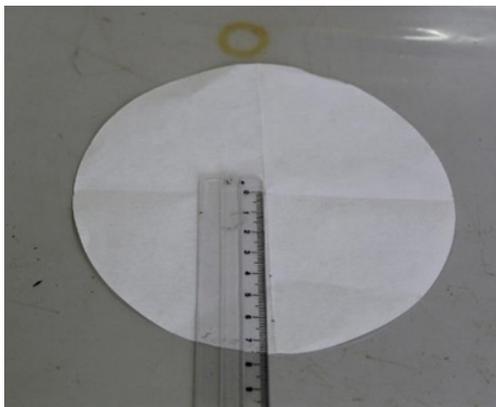


Figura 18: Locais onde devem ser feitos os furos de 04 e 06 cm no papel-filtro.  
Fotografia: Diego Alves de Oliveira

**Passo 04:** com o auxílio do furador de couro, ou perfurador de papel, faça um furo no centro do papel-filtro e que havia sido marcado com a agulha.



Figura 19: Furador de papel que deve ser usado para fazer o furo na região central do filtro circular. Fotografia: Diego Alves de Oliveira

**Passo 05:** Pegue outro papel-filtro e, com o auxílio de tesoura e régua, corte-o no formato quadrado no tamanho de 2x2 cm. Você deverá cortar quantos quadrados forem necessários para a quantidade de amostras que você tem. Se tiver apenas 01 amostra, necessitará de apenas 01 quadrado. 02 amostras, 02 quadrados, e assim por diante.

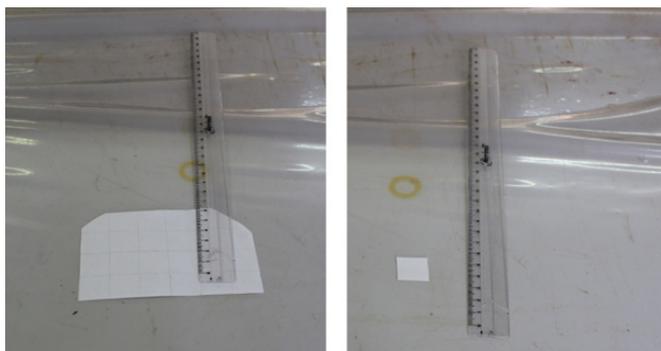


Figura 20: Como cortar o papel filme para a construção do capilar (canudo)  
Fotografia: Diego Alves de Oliveira, 2023

**Passo 06:** Enrole esse quadrado de papel-filtro como se fosse um canudo fino. Daremos a ele o nome de capilar. Você pode usar uma agulha, grampo de cabelo ou um clipe de papel desenrolado para te ajudar na tarefa. Observe a figura 21.

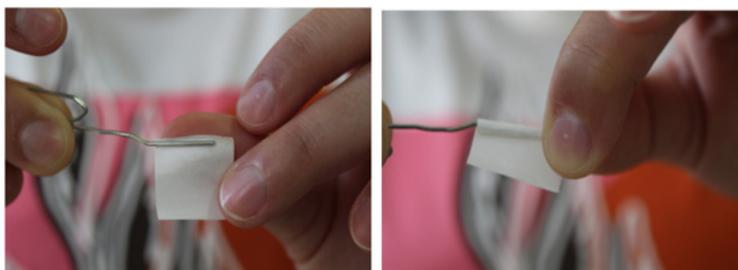


Figura 21: Como montar o capilar  
Fotografia: Diego Alves de Oliveira

**Passo 07:** A parte superior desse capilar (canudo) deverá ser introduzida delicadamente no centro do papel-filtro circular que você furou com o furador. Observe na figura a posição correta que ele deverá ficar em relação ao papel circular.

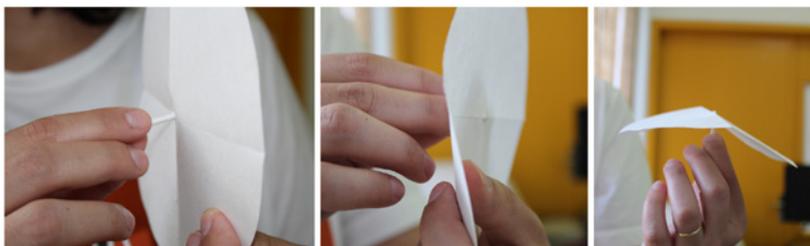


Figura 22: Colocação do capilar (canudo) no centro do papel-filtro  
Fotografia: Diego Alves de Oliveira

**Passo 08:** Com o auxílio de um lápis, escreva na margem externa do papel-filtro a porosidade do papel (que vai depender do tipo de filtro que você comprou), a data de análise do solo e os dados da sua amostra (local e data de coleta, profundidade etc.) Esse passo é importante para que você mantenha o controle das análises que está realizando e que as possa comparar com as análises que realizará no futuro.

**OBSERVAÇÃO:** A identificação correta da amostra é essencial para o bom resultado de suas análises. Você utilizará esse papel na Etapa 04.

**Passo 09:** Pegue a placa de Petri pequena (ou a tampa de garrafa PET) e adicione a mistura de nitrato de prata e água até a metade de sua altura. A quantidade que deverá ser colocada vai variar de acordo com a capacidade do recipiente. Essa etapa deve ser feita em um ambiente escuro para que o nitrato de prata não

seja estragado com a luz.

**Passo 10:** Coloque a placa de Petri pequena (ou a tampa de garrafa PET) no centro da placa de Petri grande (ou da tampa do pote de maionese).



Figura 23: Posição correta em que as placas de Petri devem ser posicionadas.  
Fotografia: Diego Alves de Oliveira, 2023

**Passo 11:** Pegue o filtro com o capilar (canudo) devidamente encaixado (conforme figura 22) e coloque-os sobre o conjunto placa grande/placa pequena. O capilar (canudo) deve ser mergulhado no nitrato de prata e o filtro deve ser equilibrado sobre o conjunto. Observe a figura 24 para compreender melhor o procedimento. Faça isso em uma mesa para que você tenha mais estabilidade. A intenção é que o nitrato de prata dissolvido em água suba pelo canudo e molhe aos poucos o filtro circular.



Figura 24: Colocação do conjunto capilar/papel-filtro na placa de Petri  
Fotografia: Diego Alves de Oliveira, 2023

**Passo 12:** Deixe o nitrato de prata molhar o filtro circular até um pouco antes (1 ou 2 milímetros) do furo de 04 cm que você fez com a agulha. O importante é não ultrapassar esse limite de 04 cm.

**Passo 13:** Depois disso, retire o capilar (canudo) do centro do filtro circular. Faça isso com cuidado para não tocar a área que foi molhada pelo nitrato de prata.

**Passo 14:** Coloque o papel-filtro circular sobre um papel limpo (papel higiênico, papel-toalha, guardanapo), separando um papel-filtro do outro (caso você tenha mais amostras) com folhas de papel-ofício. Observe a imagem 25 para ter mais compreensão do procedimento.

**Passo 15:** Coloque esse material em uma caixa de sapato ou de papelão, que impeça a entrada total de luz. Caso você não disponha de uma caixa, o material produzido deve ser guardado dentro de um ambiente totalmente escuro, como o forno de um fogão ou um armário.

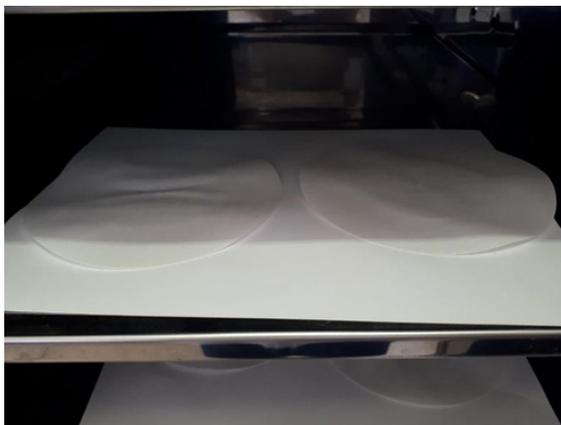


Figura 25: Papel-filtro após a impregnação da solução reveladora, armazenado para secagem. Fotografia: Diego Alves de Oliveira, 2021

**Passo 16:** Aguarde a secagem do material. O tempo de secagem geralmente é de 24 horas, mas pode variar de acordo com a umidade e temperatura do ambiente.

#### 3.4. Etapa 4: A realização da Cromatografia de Pfeiffer

Nesta etapa, realizaremos a cromatografia de Pfeiffer propriamente dita. Para isso, nós precisaremos dos seguintes materiais:

- **Placa de Petri pequena** (5,7 cm de diâmetro), que você consegue obter em lojas especializadas para materiais de laboratório a um custo médio de R\$ 10,00 a unidade. (Cotação de Fevereiro de 2023.) De forma alternativa, você pode utilizar uma tampa de garrafa PET.

- **Placa de Petri maior** (8,9 cm de diâmetro), que você consegue obter em lojas especializadas para materiais de laboratório a um custo médio de R\$ 13,00 a unidade. (Cotação de Fevereiro de 2023.) De forma alternativa, você pode utilizar uma tampa de pote de maionese.

- **Sala escura ou sombreada.** Você pode utilizar qualquer cômodo em que não bata sol diretamente.

- **Papel-Ofício;**

- **Garrafa ou algum outro recipiente de vidro que tenha gargalo.** Você pode utilizar também um frasco de Erlenmeyer de 125 ml. Esse material precisa estar bem limpo.

- **Funil comum;**

- **Relógio ou cronômetro.** Você pode utilizar o cronometro disponível em aplicativos de celular.

- **Pipeta,** que você consegue obter em lojas especializadas para materiais de laboratório a um custo médio de R\$ 7,00 a unidade da pipeta graduada com capacidade de 5 ml. (Cotação de Fevereiro de 2023.) Como substituição, você pode utilizar uma seringa hipodérmica de 5 ml, facilmente encontradas em farmácias.

- **Seringa de 50 ml ou proveta.**

**Passo 01:** Pegue uma garrafa ou outro recipiente de vidro com gargalo (bem limpo) ou um Erlenmeyer de pelo menos 125 ml.

**Passo 02:** Com o auxílio do funil (bem limpo), adicione os 5 gramas de solo (preparados na ETAPA 01) no interior desse recipiente.

**Passo 03:** Com o auxílio de uma proveta ou uma seringa de 50 ml (sem a agulha), adicione 50 ml da Solução de Hidróxido de Sódio (NaOH) (que foi preparada na Etapa 02) dentro do recipiente.

**Passo 04:** Você irá agora realizar a mistura do solo no líquido. Faça isso da seguinte forma: Gire delicadamente o frasco 07 vezes para a direita e 07 vezes para a esquerda. Repita essa se-

quência de giros (esquerda e direita) 7 vezes.

**Passo 05:** Deixe a solução descansar por 15 minutos. Após o descanso, você irá repetir essa sequência de agitação (07 vezes para a direita e 07 vezes para a esquerda) por mais 7 vezes. Use um cronômetro para ter mais exatidão na contagem do tempo.

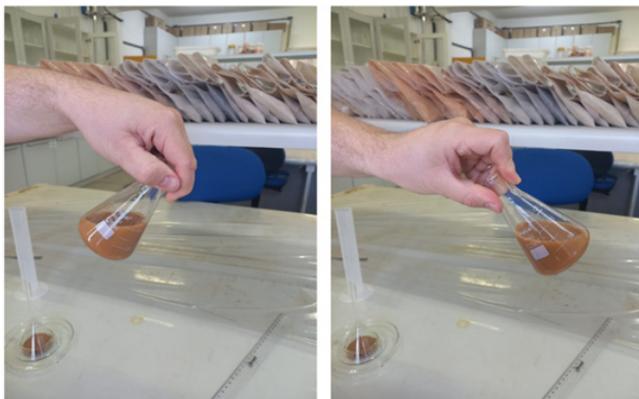


Figura 26: Agitação para mistura do solo no líquido  
Fotografia: Cintia Marques de Queiroz Oliveira, 2023

**Passo 06:** Deixe a solução descansar por 60 minutos. Após o descanso, você repetirá essa sequência de agitação (07 vezes para a direita e 07 vezes para a esquerda) por mais 7 vezes. Use um cronômetro para ter mais exatidão na contagem do tempo.

**Passo 07:** Deixe a mistura descansar por 6 horas. Durante esse tempo, você não pode mexer na garrafa sob nenhuma hipótese para efetivar a reação. Ela deve permanecer em uma mesa ou outro local estável e em repouso total. Use um cronômetro para ter mais exatidão na contagem do tempo.



Figura 27: Soluções em repouso após agitação  
Fotografia: Diego Alves de Oliveira, 2021

**Passo 08:** Após o período de 6 horas, você perceberá a formação de uma lâmina de lama ao fundo do recipiente e uma porção logo acima composta apenas de líquido. A cor desse líquido irá variar de acordo com as características do seu solo.



Figura 28: Líquido sobrenadante após repouso de 6 horas, sem mexer no frasco. Fotografia: Diego Alves de Oliveira, 2021

**Passo 09:** Pegue um papel-filtro e, com o auxílio de tesoura

e régua, corte-o no formato quadrado no tamanho de 2x2 cm, da mesma forma que procedeu na ETAPA 03 (passo 05). Você deverá cortar quantos quadrados forem necessários para a quantidade de amostras que você tem. Se tiver apenas 01 amostra, necessitará de apenas 01 quadrado. 02 amostras, 02 quadrados, e assim por diante. Enrole-o como um canudo fino (capilar), tal qual você fez na ETAPA 03, passo 06.

**Passo 10:** Em uma sala escura (o mais sombreada possível), pegue o papel-filtro impregnado com solução reveladora que você preparou na ETAPA 03 e destinou para a amostra que está analisando agora. Enfie o canudo (capilar) preparado no passo anterior no furo central desse papel-filtro. Cuidado para não encostar na área central do filtro, pois isso pode prejudicar a leitura dos seus resultados. Nessa etapa, você pode usar luvas.

**Passo 11:** Ainda na sala escura/sombreada, monte o jogo Placa de Petri Grande sob placa de Petri pequena (ou tampa de pote grande sob tampa de garrafa PET) conforme o passo 09 da Etapa 03.

**Passo 12:** Com o auxílio de uma seringa hipodérmica com agulha ou pipeta, colete de 05 a 10 ml do líquido que ficará por cima da lama no recipiente que ficou em repouso por 06 horas. Tome cuidado para não tocar/agitar/sugar a lama do fundo do recipiente, pois isso atrapalhará suas análises.

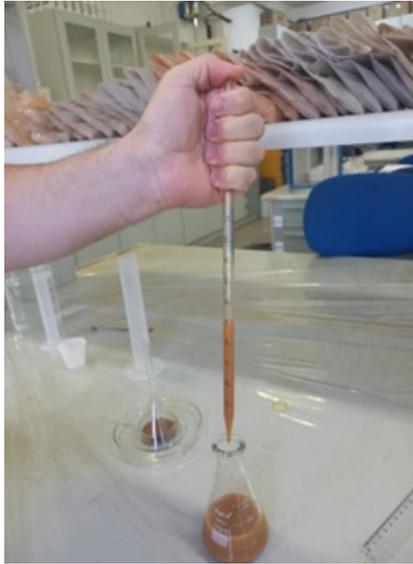


Figura 29: A Coleta do líquido na parte superior dos frascos deve ser feita com delicadeza . Fotografia: Cintia Marques de Queiroz Oliveira, 2023

**OBSERVAÇÃO:** Caso você tenha mais de uma amostra, utilize uma seringa limpa/nunca usada para cada uma das amostras. Cuidado para não misturar as seringas durante a realização da cromatografia.

**Passo 13:** Coloque o líquido coletado na placa de Petri pequena (ou tampa de garrafa PET) do conjunto que você montou no passo 11. Essa etapa deve ser realizada em uma sala escura/sombreada.



Figura 30: Conjunto de placas de Petri já com o líquido do solo dissolvido.  
Fotografia: Diego Alves de Oliveira

**Passo 14:** Coloque o papel-filtro com o canudo (capilar) já posicionado na porção central da placa de Petri pequena/tampa de garrafa PET com o líquido (conforme realizado no passo 10 da Etapa 03). Essa etapa deve ser realizada em uma sala escura/sombreada.

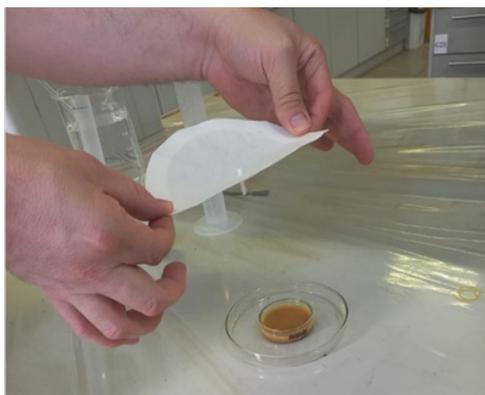


Figura 31: Posicione o conjunto capilar/filtro circular nas placas de Petri.  
Fotografia: Cintia Marques de Queiroz Oliveira, 2023

**Passo 15:** O líquido presente na tampa/placa de Petri subirá pelo canudo e molhará lentamente o filtro. Deixe que isso aconteça até a marca de 06 cm (que você fez no passo 03 da Etapa 03).

Essa etapa deve ser realizada em uma sala sombreada.



Figura 32: Modo como o capilar deve ser inserido no centro do papel-filtro.

Fonte: Diego Alves de Oliveira, 2021

**OBSERVAÇÃO:** Verifique a quantidade de água disponível na placa de Petri pequena/tampa de garrafa PET, pois, caso o recipiente fique seco antes do filtro chegar na marca de 06 cm, pode ser necessário acrescentar mais.



Figura 33: Impregnação até chegar na marca de 6 cm do papel-filtro.

Fonte: Diego Alves de Oliveira, 2021

**Passo 16:** Após a parte molhada chegar até a 06 cm, retire o filtro circular do conjunto, retire o canudo da porção central e coloque o filtro para secar. Você pode pendurar o filtro em um varal ou colocá-lo sobre uma mesa. Ele deve secar em um ambiente iluminado e arejado, mas sem ação direta do sol, por um período de até 14 dias.

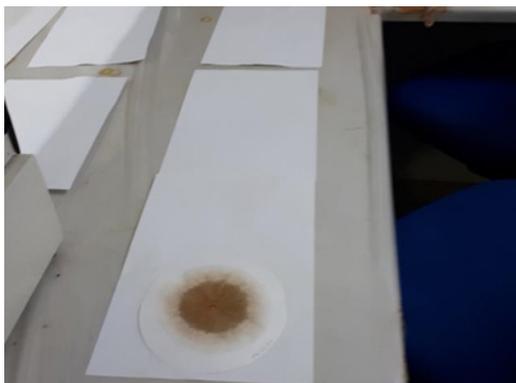


Figura 34: Fotografia do papel-filtro pronto para secagem após impregnação  
Fotografia: Diego Alves de Oliveira, 2021

Os passos realizados até aqui produzirão uma fotografia do solo, que chamamos de CROMATOGRAMA. Você mesmo pode se tornar capaz de interpretá-lo. Esse é o tema do nosso próximo tópico.



*Para saber mais*

**Soluções:** qualquer mistura homogênea, ou seja, que possui propriedades iguais em todos os seus pontos (PERUZZO; CANTO, 2002).



# CAPÍTULO

# 4





#### 4. Interpretando os resultados do método Cromatografia de Pfeiffer

As diferentes substâncias que foram extraídas da amostra do seu solo, foram dissolvidas na solução de hidróxido de sódio (NaOH) e impregnadas no filtro previamente preparado com nitrato de prata (AgNO<sub>3</sub>) ficarão impressas no papel na forma de cores e formatos diferentes, de acordo com as características do solo no momento da amostragem. Isso significa que, através dessas cores e formatos, você poderá saber o nível de oxigênio, água, a microbiologia, a presença ou ausência de minerais, entre outros elementos que indicam a qualidade do solo.

A partir de agora, você mesmo poderá interpretar os dados da análise que acabou de realizar. Naturalmente, como tudo na vida, quanto mais vezes você realizar esse processo, mais fácil irá ficar, graças à experiência que você adquirirá.

As informações que nós lhe passaremos a partir de agora foram retiradas de diversos livros e manuais reconhecidos nacionalmente e internacionalmente sobre a temática, tais como o *Guia Prático de Cromatografia de Pfeiffer*, escrito em 2018 por Lucas Pilon, Joel Cardoso e Fabrício Medeiros, disponível gratuitamente no site da Embrapa (<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1097113/guia-pratico-de-cromatografia-de-pfeiffer>); o livro *Cromatografia: imágenes de vida y destrucción del suelo*, de 2011, escrito por Jairo Restrepo Rivera e Sebastião Pinheiro e a Cartilha de Saúde do Solo, escrita em 2011 por Sebastião Pinheiro (disponível gratuitamente em [https://projetopampa.fld.com.br/modules/blog/datafiles/FILE\\_1EAF-04-9AC0F7-5E3BD1-B9DF4A-B81FBD-67069B.pdf](https://projetopampa.fld.com.br/modules/blog/datafiles/FILE_1EAF-04-9AC0F7-5E3BD1-B9DF4A-B81FBD-67069B.pdf)). Esses e outros materiais podem ser muito úteis caso você queira se aprofundar sobre o assunto.

#### 4.1. Identificando as zonas do Cromatograma

Provavelmente o filtro circular que você obteve ficou muito parecido com o da imagem ao a seguir. Como dissemos anteriormente, a imagem formada no filtro, após a finalização da exposição é chamada de cromatograma. O cromatograma que você verá a seguir foi elaborado com base nos resultados de uma análise de solo realizada em Santa Rita, distrito do município de Ouro Preto, MG.

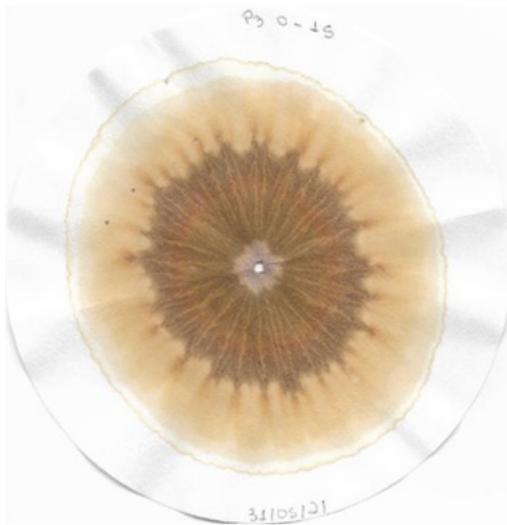


Figura 35: Exemplo de cromatograma produzido a partir de amostra de solo com uso da terra em agricultura sintrópica do Distrito de Santa Rita de Ouro Preto, Ouro Preto, MG. Fotografia: Diego Alves de Oliveira, 2021.

Nele, podemos observar 04 zonas distintas. Cada uma delas indica algumas características diferentes do solo daquela região. Para facilitar sua compreensão, fizemos a delimitação e a numeração destas zonas.

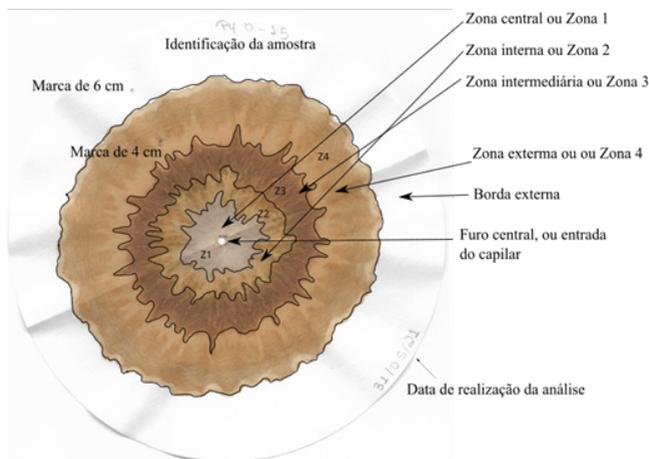


Figura 36: Elementos principais de um cromatograma  
 Fonte: Diego Alves de Oliveira, 2023.

A interpretação das zonas inicia-se do centro em direção às bordas. Antes de iniciar sua interpretação, você precisa identificar todas as zonas que aparecem em seu cromatograma, todavia, pode ser que, no seu filtro, alguma dessas zonas não apareça, tenham cores ou tamanhos diferentes. Caso você verifique alguma alteração, além dessas quatro zonas esperadas, já é um indício de que seu solo não se encontra em boa qualidade. Pois as quatro zonas esperadas são:

**Zona Central ou Zona 01** – Zona mais próxima do centro, indica a atividade mineral do solo, os processos de mineralização, oxigenação e a porosidade do solo.

**Zona Interna ou Zona 02** – Localiza-se logo após a zona central, indica os componentes químicos do solo, como os tipos de argila e a textura do solo. Está relacionada também com a atividade microbiológica (fungos e bactérias).

**Zona Intermediária ou Zona 03** – Zona que indica a matéria or-

gânica e a fauna do solo.

**Zona Externa ou Zona 04** – Zona do alimento potencial do solo, zona do húmus disponíveis e atividade enzimática/microbiológica.

**Borda Externa** – Localizada entre a zona externa e a borda do filtro, onde localiza-se a identificação da amostra e outras informações.

A identificação das zonas do filtro circular é muito importante para iniciar o processo de interpretação. Depois da identificação de cada zona, você deve medir a largura de cada zona, para entender a proporção ocupada por cada uma. Um solo de boa qualidade é aquele em que as zonas estão distribuídas de modo igual (próximo de uma largura equivalente), conforme indicado por Pilon, Cardoso e Medeiros (2018), no seu Guia Prático de Cromatografia de Pfeiffer.

#### 4.2. Análise visual das cores

As cores apresentadas em cada cromatograma são um indicador muito importante para o entendimento da qualidade do solo. Basicamente, as cores que refletem uma má qualidade do solo são: escuro e preto, cinza a marrom e bege. Um cromatograma com essas cores homogêneas, cores borradas ou pouco intensas (mais claras) são indicadores de baixa qualidade do solo. As cores mais desejadas são amarelo e creme, com tons intensos e heterogêneos (para solos de boa qualidade) e bege, claro esbranquiçado (para solos de média qualidade). Observe a figura 37.

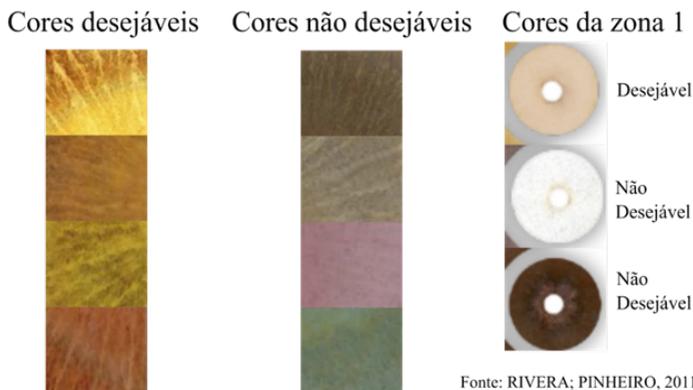


Figura 37: Padrões de cores esperados em cromatografias, conforme Rivera e Pinheiro (2011). Elaboração: Diego Alves de Oliveira, 2023

A cartela de cores completas desejadas e não desejadas é apresentada em detalhes por Rivera e Pinheiro (2011) na obra: CROMATOGRAFIA: imagens de vida y destrucción del suelo.

### 4.3. Análise visual da interação entre as zonas do cromatograma

Além das cores, você deve analisar o resultado do cromatograma que você obteve nas etapas anteriores a partir de características visuais. A análise dessas características visuais é dividida em 3 etapas: a integração, as plumas e os picos. Falaremos sobre cada uma dessas etapas:

#### 4.3.1. Integração

A integração é o nome que damos à forma de apresentação das diferentes zonas em cada cromatograma. Como já dissemos, normalmente são esperadas que apareçam 04 zonas no cromatograma. A forma de transição (limite entre uma zona e outra) entre cada uma deve ser observada para análise da integração. Essa observação deve ser feita a partir do centro em direção à borda de cada imagem, conforme indicado por Pilon, Cardoso e Medeiros

(2018).

Observe as imagens abaixo e compare com os seus resultados para saber a qualidade de seu solo:



Figura 38: formas de integração entre as zonas do cromatograma e influência na qualidade do solo. Fonte: RIVERA; PINHEIRO, 2011. Elaboração: Diego Alves de Oliveira, 2023

Solos de baixa qualidade apresentam, entre as zonas, formas de anéis concêntricos marcados e homogêneos, onde não se percebe integração. Também pode ocorrer casos em que haja a presença de alguns anéis entre essas zonas, mas com uma integração abrupta. Já solos de média qualidade apresentam uma integração clara de padrões, tendendo à integração gradual entre as zonas. Solos com alta qualidade são aqueles em que a integração é difusa e os padrões se entrelaçam.

#### 4.3.2. Penas

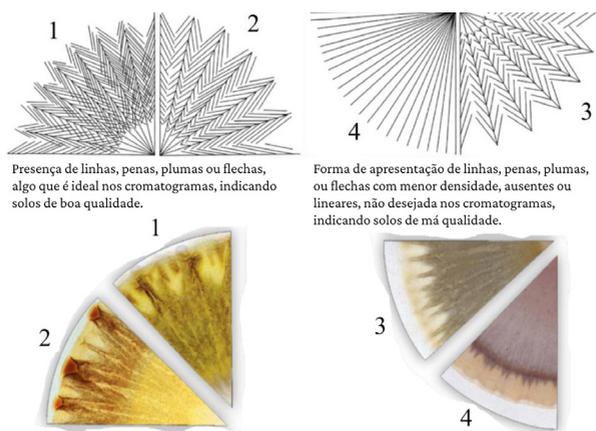
Além das cores e da integração entre as zonas do cromatograma, outra característica visual que você precisa analisar no seu cromatograma são as Penas. São formas que lembram vagamente o formato de uma pena de galinha. Podem estar presentes do centro até a borda do cromatograma, presentes parcialmente ou serem totalmente ausentes, dependendo da qualidade do solo. Um exemplo de pena em um cromatograma é o da figura 39.

Solos com baixa qualidade apresentam ausência de penas

ou penas bem reduzidas. Podem aparecer também de forma incompleta, pouco visíveis ou apenas na forma de linhas que mal alcançam a borda da última zona do cromatograma (Figura 39, número 3 e 4).

Em solos de média qualidade, as linhas que formam as penas são estreitas e vão do centro à borda do cromatograma, essas são linhas ou penas radiais que cobrem todo o cromatograma (Figura 39, número 3 e 4). Já solos com alta qualidade apresentam penas que vão do centro à borda do cromatograma e são bem visíveis, grossas e espessas (Figura 39, número 1 e 2).

Observe seu cromatograma e veja se ele possui penas com as seguintes características:



Presença de linhas, penas, plumas ou flechas, algo que é ideal nos cromatogramas, indicando solos de boa qualidade.

Forma de apresentação de linhas, penas, plumas, ou flechas com menor densidade, ausentes ou lineares, não desejada nos cromatogramas, indicando solos de má qualidade.

Figura 39: Estruturas do desenvolvimento radial dos cromatogramas e sua respectiva influência na qualidade do solo. Fonte: RIVERA; PINHEIRO, 2011. Adaptação: Diego Alves de Oliveira, 2023

#### 4.3.3. Picos

Além das cores, do contato entre as zonas do cromatograma e das penas, outro elemento utilizado para verificar a qualidade do seu solo são os picos. Eles são estruturas pontiagudas que surgem entre a 3ª e 4ª zona e possuem cores mais escuras. Eles

devem ser verificados em cada cromatograma que você estiver analisando. Você pode verificar mais claramente essas estruturas observando a figura 40, que apresenta vários exemplos de como eles podem aparecer em seu cromatograma.

Em solos com baixa qualidade podem ocorrer a ausência de picos (bordas lisas e sem definição) ou ligados a penas ou picos pontiagudos, agulhas irregulares, em formatos semelhantes a “dentes de cavalo” (Figura 40, imagens 3, 4, 5 e 6). Em solos com média qualidade pode ocorrer a presença de picos pontiagudos com derivações, com a alguns picos que se abrem no fim em manchas. Já em solos com alta qualidade observa-se a formação de bordas definidas, no formato de “grãos de milho” ou explosões (Figura 40, imagem 01 e 02).



Figura 40: Exemplos de picos e sua influência na qualidade do solo nos cromatogramas. Fonte: RIVERA; PINHEIRO, 2011. Adaptação: Diego Alves de Oliveira, 2023



*Para saber mais:*

**Concêntricos:** Termo da geometria que se refere a figuras que compartilham o mesmo centro. Também se refere a algo que se encontra ao redor de um ponto central ou que converge para um ponto em comum.

**Homogêneos:** algo que apresenta uma grande coesão e unidade entre seus componentes.

**Derivações:** algo formado a partir de uma coisa preexistente.



# CAPÍTULO

# 5





## 5. Analisando um exemplo prático de uso da Cromatografia de Pfeiffer

Neste capítulo vamos mostrar algumas aplicações práticas da interpretação da cromatografia de Pfeiffer em diferentes tipos de uso da terra. Os locais amostrados foram retirados de solos do Distrito de Santa Rita de Ouro Preto, no Município de Ouro Preto, Minas Gerais, onde foi desenvolvido o projeto de pesquisa *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*. Observe na figura 41 a localização do distrito.

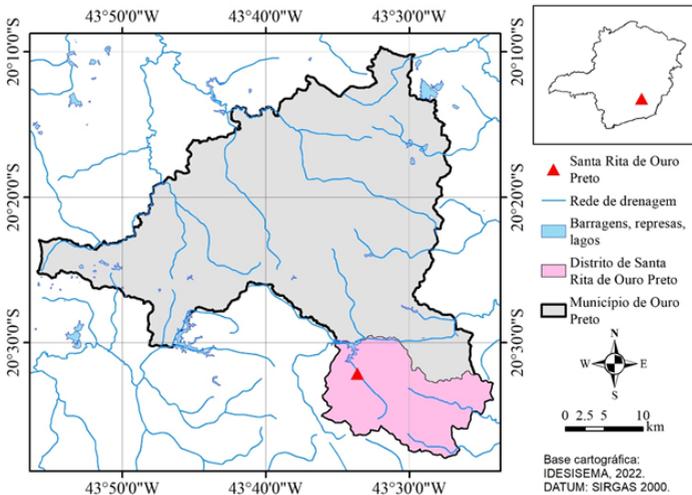


Figura 41: Mapa do Distrito de Santa Rita de Ouro Preto  
Elaboração: Diego Alves de Oliveira, 2020.

O objetivo da pesquisa foi justamente realizar a análise da qualidade dos solos do distrito de Santa Rita de Ouro Preto, em diferentes tipos de uso da terra. Foram recolhidas amostras em

um reflorestamento, em uma área de agricultura sintrópica em uma área de floresta e uma pastagem. As amostras foram coletadas na profundidade de 0 a 15 cm. Para cada uma das amostras coletadas nessas áreas foram atribuídos códigos, que tiveram como objetivo facilitar sua identificação e análise. A figura 42 ilustra o tipo de uso da terra em que as amostras foram coletadas, bem como os códigos que foram dados a cada uma delas.



Área de Coleta P1: Reflorestamento



Área de Coleta P2: Agricultura Sintrópica



Área de Coleta P4: Floresta



Área de Coleta P7: Pastagem

Figura 42: Fotografias dos locais amostrados.

Fonte: Diego Alves de Oliveira, 2020

Depois, as amostras de solos foram levadas para o Laboratório de Geografia Física da Coordenadoria de Geografia do Instituto Federal de Minas Gerais (IFMG), Campus Ouro Preto, para a realização das análises. Os procedimentos que realizamos com as amostras são exatamente os que foram descritos no capítulo 3 deste manual. A figura 43 demonstra como os procedimentos foram realizados no laboratório para a realização dessas análises.



Figura 43: Realização das análises de Cromatografia no Laboratório de Geografia Física do IFMG – Campus Ouro Preto, 2020. Fotografia: Diego Alves de Oliveira, 2020

Em relação aos cromatogramas dos solos, a maioria das análises apresentaram-se no geral na categoria suficiente.

Ao analisarmos visualmente os padrões formados nos cromatogramas gerados a partir de análises de diferentes usos da terra, percebemos que as principais diferenças se referem ao tamanho e ao formato da Zona Central. Na amostra P1 (que se refere à área de reflorestamento), essa zona central não apresentou cor. É importante salientar que uma das hipóteses se deve ao fato de o reflorestamento ter sido feito em modelo de monocultura de eucalipto.

Sabemos que quando a Zona Central se revela no cromatograma 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, podemos afirmar que não existe atividade de oxidação de minerais no solo analisado.

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 dessa 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 azulada e cinza e é pouco expressiva no cromatograma, revelando baixo teor de matéria orgânica; apresenta-se de coloração geral de tom azulado, que indica as condições de textura argilosa, pH ácido e grau elevado de mineralização (PFEIFFER, 1984; RIVERA; PINHEIRO, 2011), podendo resultar em desequilíbrios nutricionais, o que condiz com a literatura, tratando-se de Latossolos, sendo esses velhos e altamente intemperizados (GOMES; ARAÚJO FILHO; CURI, 2012).

À medida que o azulado/acinzentado da zona intermediária escurece, os canais permanecem claros e progressivamente alargados. Após o círculo, 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.

O canal resulta na formação de picos que caracterizam a zona externa, em relação a ela, é possível ver a formação de dentes e sua ligação com as outras zonas. O tamanho dessa zona apresentou-se desejável com formação de manchas escuras, indicando elevada taxa de mineralização (PFEIFFER, 1984).

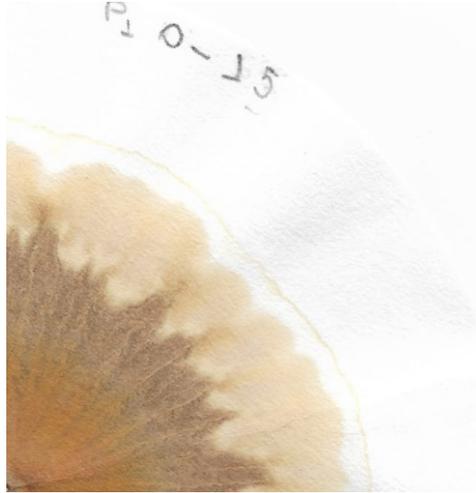


Figura 44: Cromatograma gerado a partir da amostra P1 (área de reflorestamento).  
Fotografia: Diego Alves de Oliveira

As amostras P2 (agricultura sintrópica) e P4 (área de floresta) apresentaram zona central com uma boa coloração, indicativo da presença de substâncias nitrogenadas de origem microbiana (RIVERA; PINHEIRO, 2011). Em relação à zona interna, é possível afirmar que se revelou maior do que a zona intermediária, fazendo conexão com a próxima zona, tendo formação de penas que vêm desde a zona central.

A zona interna dessas amostras se mostrou suficiente, indicando uma boa condição da atividade biológica do solo, integração e harmonia entre o componente mineral-biológico. A zona intermediária é menor do que a zona interna e se conecta com a zona interna e externa. Em relação à 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 mineralização (PFEIFFER, 1984).

Da mesma forma, nessas amostras, a zona externa se reve-

lou do tamanho desejável, com formação de manchas escuras, indicando a elevada taxa de mineralização da matéria orgânica e conseqüentemente biodisponibilidade de nutrientes, com formação de húmus coloidal (PFEIFFER, 1984).

Como essa amostra pertence a um ecossistema que desenvolve uma agricultura com a maior diversidade de espécies de plantas (SAFs), é sabido que esse tipo de manejo estimula maior profundidade do solo, auxiliando na rápida mineralização e elevada atividade microbiológica, contribuindo na constante ciclagem de nutrientes, compondo a dinâmica complexa das interações desse ecossistema (MENDES; REIS JUNIOR, 2004).

A amostra P4 proveniente de uma mata manifestou uma zona central considerada excelente de 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 secundário do solo, indicando a elevada taxa de mineralização da matéria orgânica e conseqüentemente biodisponibilidade de nutrientes, com formação de húmus coloidal (PFEIFFER, 1984).

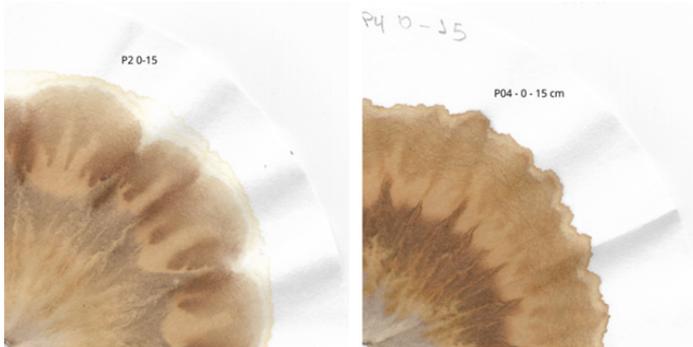


Figura 45: Cromatogramas gerados a partir das amostras P2 e P4 (áreas de agricultura sintrópica e florestal). Fotografia: Diego Alves de Oliveira, 2021

A cromatografia 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 vêm 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 à 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 mineralização (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 conseqüentemente biodisponibilidade de nutrientes, com formação de húmus coloidal (PFEIFFER, 1984).

P7 0 - 15 cm



Figura 46: Cromatograma gerado a partir da amostra P7 (áreas de pastagem). Fotografia: Diego Alves de Oliveira, 2021



Para saber mais:

**Agricultura sintrópica:** tipo de agricultura desenvolvida por Ernst Götsch a partir de sistemas tradicionais de cultivo praticados por povos originários na América Central e do Sul (SOUZA *et al.*, 2022).

**SAFs:** Sistemas agroflorestais, utilizados na agricultura sintrópica, fundamentados na dinâmica natural das florestas para promover a produção de alimentos, forragem e recuperação florestal (SOUZA *et al.*, 2022).



# Considerações Finais

A cromatografia se mostra não somente como um método complementar à análise convencional, comumente realizada para avaliar a fertilidade dos solos, mas como uma ferramenta que está diretamente ligada à transformação das perspectivas dos produtores rurais e trabalhadores do campo a respeito da importância das características do solo e sua saúde.

A transformação da visão tradicional para uma visão do solo como um sistema vivo e dinâmico pode ser determinante para a manutenção do próprio sistema agrícola produtivo e a segurança alimentar dos seres humanos em um longo prazo.

Desse modo, a Cromatografia de Solos de Pfeiffer demonstra ser um método eficiente, aplicável e benéfico para a realização da avaliação da qualidade sistêmica do solo, revelando-se ser sensível para avaliação dos atributos físicos, químicos e biológicos inerentes a saúde e vida do solo. Esse é um método de monitoramento e avaliação, que necessita ser constado e inserido à rotina dos agricultores e assessores preocupados com a saúde do solo.

Sua aplicação depende de materiais relativamente baratos, e que podem ser substituídos facilmente por materiais encontrados no dia a dia desses agricultores. Com efeito, pode ser realizada com mais frequência e seus resultados podem ser analisados – com alguma prática – pelos próprios agricultores.

A realização de análises periódicas, com a compreensão das necessidades dos solos, aliada a boas práticas de correção e manutenção, com a mudança de uma dinâmica exploratória para uma visão mais equilibrada com a natureza pode trazer benefícios mútuos para agricultores e para o meio ambiente.

# Referências

BRASIL. BANCO CENTRAL DO BRASIL. Manual de crédito rural (MCR). Brasília: Banco Central do Brasil, 2023. 314 p. Disponível em: <https://www3.bcb.gov.br/mcr/completo>. Acesso em: 20 fev. 2023.

BRASIL. Fernando Sinimbu. Embrapa. Degradação do solo pode prejudicar milhões de brasileiros. 2017. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/29735319/degradacao-do-solo-pode-prejudicar-milhoes-de-brasileiros>. Acesso em: 21 fev. 2023.

CURI, N.; LARACH, J. O. I.; KÄMPF, N.; MONIZ, A. C.; FONTES, L. E. F. (comp.). Vocabulário de ciência do solo. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1993. 89 p.

GOMES, J. B. V.; ARAÚJO FILHO, J. C.; CURI, N. Solos de tabuleiros costeiros sob florestas naturais e sob cultivo. In: Pesquisa florestal brasileira, Colombo, v. 32, n. 71, p. 233-246, jul./set. 2012. Disponível em <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/935825/1/SolosdosTabuleirosCosteirosBosco-32438651PB1.pdf>> Acesso em 04/02/2022.

LEPSCH, I. F. Formação e conservação dos solos. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2010. 216 p.

MAGALHÃES JÚNIOR, A. P. Indicadores Ambientais e recursos hídricos: realidade e perspectivas para o Brasil a partir da ex-

periência francesa. 2007: Bertrand Brasil, 2007. 686 p.

MANAHAN, S. E. Química Ambiental. 9. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013. 912 p.

MELO, D. M. A., SILVA, W. A. O., REIS, E. F. dos, RODRIGUES, G. T., SILVA, G. J.; ARAÚJO, A. E. de. (2019). Qualidade do solo através da Cromatografia de Pfeiffer de um agroecossistema em transição agroecológica no Brejo paraibano. Caderno Verde De Agroecologia E Desenvolvimento Sustentável, 9(7), p7052. <https://doi.org/10.18378/cvads.v9i7.7052>.

MENDES, I. C.; REIS JUNIOR, F. B. Uso de parâmetros microbiológicos como indicadores para avaliar a qualidade do solo e a sustentabilidade dos agroecossistemas. Planaltina: Embrapa, 2004. 34 p.

MILLER JUNIOR, G. T. Ciência Ambiental. 11. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2013. 501 p. Tradução da 11ª edição norte-americana.

PERUZZO, F. M.; CANTO, E. L. do. Química: na abordagem do cotidiano. 2. ed. São Paulo: Moderna, 2002. 584 p.

PFEIFFER, Ehrenfried E. Chromatography applied to quality testing. Wyoming: Bio-Dynamic Literature, 1984.

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

PINHEIRO, S. Cartilha da saúde do solo: (cromatografia de pfeiffer). São Paulo: Juquira Candiru Satyagraha, 2011. 120 p. Disponível em: [https://projetopampa.fld.com.br/modules/blog/datafiles/FILE\\_1EAF04-9ACOF7-5E3BD1-B9DF4A-B81FBD-67069B.pdf](https://projetopampa.fld.com.br/modules/blog/datafiles/FILE_1EAF04-9ACOF7-5E3BD1-B9DF4A-B81FBD-67069B.pdf). Acesso em: 21 fev. 2023.

PINHEIRO, S.; BLANCO, O. Vídeo (2:13:49h). Aula Magna sobre Cromatografia com Sebastião Pinheiro e Oliver Blanco. Publicado pelo canal Eurico Vianna, 2020. Disponível em: <[https://youtu.be/f-\\_hgCycSxM](https://youtu.be/f-_hgCycSxM)>. Acesso: 31 de outubro 2020. (Pinheiro; Blanco, 2020).

PRIMAVESI, A. Cartilha do solo: como reconhecer – e sanar seus problemas. São Paulo: Movimento dos Trabalhadores Rurais Sem Terra – MST, 2009. 71 p. Disponível em: <https://anamariaprimavesi.com.br/wp-content/uploads/2020/01/Cartilha-do-Solo-Como-reconhecer-e-sanar-seus-problemas.pdf>. Acesso em: 21 fev. 2023.

RIKLEFS, R. E. A Economia da Natureza. 5. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2003. 503 p.

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

SÃO PAULO. Coordenadoria de Assistência Técnica Integral da Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo. Agroecologia. Disponível em <<https://www.cati.sp.gov.br/portal/produtos-e-servicos/publicacoes/acervo-tecnico/agroecologia-conceitos>> Acesso em 04/02/2022.

SOUZA, C. M. de; PAIVA, M. J. do A.; MELO, C. das E. L. D.; MELO, A. da P.; TELES, S. B. S.; PAIVA, M. C. G. Tipos de agricultura. In: AQUINO, L. A. de; SANTOS, C. E. M. dos; BORÉM, A. (org.). Agronomia profissão do presente e do futuro. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2022. Cap. 11.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (ONU). Status of the World's Soil Resources. Rome: Food And Agriculture Organization Of The United Nations And Intergovernmental Technical Panel On Soils, 2015. 607 p. Disponível em: <https://www.fao.org/3/i5199e/i5199E.pdf>. Acesso em: 14 jul. 2023.

# Autores



**DIEGO OLIVEIRA**

Diego Oliveira é Doutor em Geografia (UFMG) e Professor no IFMG. Atua nos cursos técnicos integrados nível médio, graduação em Geografia e no Programa de Pós-Graduação em Ensino de Geografia em rede. Tem experiência em planejamento territorial, Ensino de Geografia e análise ambiental de áreas úmidas.



**SIMONE FONSECA ALVES**

Simone Fonseca Alves é professora de Geografia da FIEMG - SESI/ SENAI. Possui mestrado (2013) e doutorado (2017) em Ciência e Tecnologia das Radiações, Minerais e Materiais pelo CDTN/ CNEN campus UFMG. Desenvolve estudos sobre Educação em Solos, Geografia Agrária e Geografia da População.



## **CÍNTIA MARQUES DE QUEIROZ OLIVEIRA**

Cíntia Marques de Queiroz Oliveira é Graduada em Geografia (UFU) e Mestre em Educação (UFOP). Atua como professora de Geografia na educação básica e desenvolve estudos na área de educação inclusiva e Representações Sociais.



**ELIZÊNE VELOZO RIBEIRO**

Elizêne Veloso Ribeiro é graduada em Geografia (UNIMONTES), Mestre e Doutora em Geografia (UFMG), Membro do Geo-Network of Latinamerican-German Alumni - GOAL-Brasil/Alemanha e pesquisadora do Núcleo de Geoquímica Ambiental da UFMG. Desenvolve projetos em diversas áreas de Geociências.



**INSTITUTO FEDERAL  
DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA**  
Minas Gerais



• EDITORA  
**IFMG**

Este livro foi editorado com as fontes.: Robot, Crimson Pro, Open Sans, Cambria, Archivo Expanded, Myriad Pro, Darleston e French Script MT.

Versão digital (e-book), em acesso aberto, disponível em:

<https://www.ifmg.edu.br/portal/pesquisa-e-pos-graduacao/editora-ifmg>



• EDITORA  
**IFMG**