



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DA EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL BAIANO CAMPUS GUANAMBI

LAURIENY SHEILA FRAGA DOS REIS

**CROMATOGRAFIA DE PFEIFFER COMO ALTERNATIVA PARA
AVALIAÇÃO DA SAÚDE DOS SOLOS NO TERRITÓRIO SERTÃO PRODUTIVO**

GUANAMBI
BAHIA - BRASIL

2024



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DA EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL BAIANO CAMPUS GUANAMBI

LAURIENY SHEILA FRAGA DOS REIS

**CROMATOGRAFIA DE PFEIFFER COMO ALTERNATIVA PARA
AVALIAÇÃO DA SAÚDE DOS SOLOS NO TERRITÓRIO SERTÃO PRODUTIVO**

Exame de Defesa do Mestrado Profissional em
Produção Vegetal no Semiárido do Instituto
Federal de Educação, Ciência e Tecnologia
Baiano *Campus* Guanambi.

Orientadora: Dr^a. Felizarda Viana Bebé.

GUANAMBI
BAHIA - BRASIL

2024

Catálogo: Leidiane Reis - CRB-5/1959, IF Baiano
Campus Guanambi

R375c Reis, Laurieny Sheila Fraga dos

Cromatografia de Pfeiffer como alternativa para avaliação da
saúde dos solos no território Sertão Produtivo / Laurieny Sheila
Fraga dos Reis.– Guanambi, Ba., 2024.
36f.: il.

Dissertação (Mestrado Profissional em Produção Vegetal no
Semiárido) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia
Baiano, Campus Guanambi.

Orientadora: Felizarda Viana Bebé.

1. Solo 2. Agroecologia. 3. Insumos agrícolas. 4. Qualidade.
I.Título.

CDU: 631.4



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA BAIANO

Curso de Mestrado Profissional em Produção Vegetal no Semiárido

TERMO DE APROVAÇÃO NO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CROMATOGRAFIA DE PFEIFFER COMO ALTERNATIVA PARA AVALIAÇÃO DA SAÚDE DOS
SOLOS NO TERRITÓRIO SERTÃO PRODUTIVO

Por

Laurieny Sheila Fraga dos Reis

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado às 08:30 do dia 28 de março de 2024 como requisito para a conclusão do curso de Mestrado Profissional em Produção Vegetal no Semiárido do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano - *Campus* Guanambi. A candidata foi arguida pela Banca Examinadora, composta pelos professores/pesquisadores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o Trabalho APROVADO.

Banca Examinadora:

Profª. Drª. Felizarda Viana Bebé - Presidente; Profª. Drª. Joice Andrade Bonfim - Titular;
Profª. Drª. Aureluci Alves Aquino - Titular; Prof. Dr. Fábio Martins de Carvalho – Titular.

Documento assinado eletronicamente por:

- **Fabio Martins de Carvalho, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 22/01/2025 16:05:04.
- **Joice Andrade Bonfim, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 07/01/2025 15:50:15.
- **Aureluci Alves de Aquino, DIRETOR(A) - CD3 - GBI-DDE**, em 07/01/2025 14:57:22.
- **Felizarda Viana Bebe, COORDENADOR(A) - FG2 - GBI-COPES**, em 07/01/2025 14:52:13.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 07/01/2025. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifbaiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código 649451
Verificador: 2bdb40c96c
Código de
Autenticação:



RESUMO

DOS REIS, Laurieny Sheila Fraga, M. Sc. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano *Campus* Guanambi, março de 2024. **Cromatografia de Pfeiffer como alternativa para avaliação da saúde dos solos no território Sertão Produtivo.** Orientadora: Felizarda Viana Bebé.

A Cromatografia Circular de Pfeiffer é uma técnica de análise de solo ainda pouco difundida. Se trata de uma análise de baixo custo e fácil execução que possibilita ao próprio agricultor analisar o solo de cultivo. O objetivo dessa pesquisa foi analisar solos de diferentes manejos de produção com a Cromatografia de Pfeiffer e comparar os resultados encontrados também com as análises químicas convencionais realizadas nas mesmas amostras. A cromatografia Circular de Pfeiffer tem se mostrado eficaz quanto aos resultados encontrados, além de ter apresentado boas relações com as análises convencionais (SIQUEIRA, 2016). A análise de Cromatografia de Pfeiffer foi realizada de acordo com a metodologia proposta por Restrepo e Pinheiro (2011), enquanto que as análises químicas seguiram a metodologia descrita pela Embrapa (2017). Dentre as conclusões, a Cromatografia de Pfeiffer se mostrou eficaz em seus resultados e apresentou boa relação com as análises químicas, em especial com a análise de matéria orgânica do solo.

Palavras-chave: Cromatografia de Pfeiffer. Solo. Agroecologia. Agrotóxico.

ABSTRACT

DOS REIS, Laurieny Sheila Fraga, M. Sc. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano *Campus* Guanambi, march 2024. **Pfeiffer chromatography as an alternative for soil health assessment in the Sertão Produtivo territory.** Advisor: Felizarda Viana Bebê.

Pfeiffer Circular Chromatography is a soil analysis technique that is still not widely known. It is a low-cost and easy-to-perform analysis that allows farmers to analyze their own cultivation soil. The objective of this research was to analyze soils from different production managements using Pfeiffer Chromatography and to compare the results with conventional chemical analyses performed on the same samples. Pfeiffer Circular Chromatography has proven to be effective in the results found, in addition to showing good correlations with conventional analyses (SIQUEIRA, 2016). The Pfeiffer Chromatography analysis was performed according to the methodology proposed by Restrepo and Pinheiro (2011), while the chemical analyses followed the methodology described by Embrapa (2017). Among the conclusions, Pfeiffer Chromatography proved effective in its results and showed good correlation with chemical analyses, especially with soil organic matter analysis.

Keywords: Pfeiffer Chromatography. Soil. Agroecology. Pesticide.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Zonas centrais.....	12
Figura 2- Zonas internas – inexistente, dourada e lilás.....	13
Figura 2- Zona intermediária não integrada e inexistente.....	14
Figura 3- Zona intermediária marrom escuro e dourado.....	14
Figura 4- Zonas externas ideais e não ideais para um cromatograma.....	15
Figura 6- Cores e radiais ideais e não ideais de um cromatograma.....	16
Figura 5- Diagrama de montagem do papel para a impregnação das soluções.....	22
Figura 6- Cromatogramas de solo de manejo convencional obtidos das amostras C1 a C10..	24
Figura 7- Cromatogramas de amostras de solo de manejo agroecológico coletadas nos municípios de Guanambi, Candiba e Caetité.....	26
Figura 8- Cromatograma O8, da amostra de solo de manejo agroecológico durante a impregnação e após a secagem.....	29
Figura 9- Cromatograma da amostra O8, da amostra de manejo agroecológico após a redução da massa do solo (2,5g).....	30

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	6
2. OBJETIVOS.....	8
2.1 OBJETIVO GERAL.....	8
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	8
3. REVISÃO DE LITERATURA.....	8
3.1 SOLOS E A DEGRADAÇÃO.....	8
3.2 CROMATOGRAFIA CIRCULAR DE PFEIFFER.....	9
3.3 INTERPRETAÇÃO DA CROMATOGRAFIA CIRCULAR DE PFEIFFER.....	10
3.4 CCP COMO INDICADORA DA QUALIDADE DO SOLO.....	15
3.5 AGROTÓXICOS E OS EFEITOS SOBRE A SAÚDE DO SOLO.....	16
3.6 MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO.....	17
3.7 ATRIBUTOS QUÍMICOS E FÍSICOS DO SOLO.....	18
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	19
4.1 AMOSTRAGEM E PREPARO DE AMOSTRA.....	20
4.3 ANÁLISES LABORATORIAIS.....	21
4.4 ANÁLISES QUÍMICAS.....	22
4.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	22
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	22
5.1 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	31
6. CONCLUSÃO.....	31
REFERÊNCIAS.....	32

1. INTRODUÇÃO

Sendo um dos maiores produtores de alimentos em todo o mundo, o Brasil também é um dos países que mais adota, em suas diversas culturas, o uso de agrotóxicos nas produções agrícolas, e deste modo, atende a demanda de exportação (CARVALHO, NODARI E NODARI, 2017). Este fato é extremamente preocupante uma vez que o uso dessas substâncias, além de contribuírem para a degradação dos solos, também os contamina, podendo torná-los inférteis (SOUZA, MACHADO E DALCIN, 2015).

Além de serem nocivos aos solos, o uso desses insumos agrícolas pode acarretar sérios riscos tanto ao meio ambiente, de modo geral, quanto aos seres que de alguma forma mantêm contato direto ou indireto com estes produtos (VALENZUELA et al., 2011).

A qualidade do solo está diretamente relacionada a alguns fatores, como os atributos físicos, químicos e biológicos, os quais são indispensáveis para a saúde deste meio. Nesta perspectiva, a pesquisa busca avaliar os impactos que o uso de agrotóxicos gera no solo após ser submetido a uma condição de contaminação por este produto.

Sendo assim, a análise é indispensável na avaliação e caracterização do solo, e para isso, existem diversos métodos os quais podem ser usados, tanto quantitativos, quanto qualitativos, porém, há uma técnica que vem sendo estudada e utilizada que é a CCP (DONAGEMA et al., 2011). Por meio da Cromatografia Circular de Pfeiffer é possível avaliar qualitativamente a saúde do solo, se trata de uma técnica indicadora da qualidade, pois, ela possibilita através da observação das cores, formatos e expressões reveladas nos cromatogramas, estimar o estado da saúde das amostras.

Nesse sentido, a técnica foi escolhida por apresentar algumas vantagens quando comparada as outras, como por exemplo, baixo custo, fácil execução e uso de materiais que podem ser facilmente adaptados/substituídos, pois, não necessita de equipamentos robustos de laboratório. Além disso, permite uma avaliação dos atributos químicos, físicos e biológicos, ou seja, integrando todos em uma só análise (PINHEIRO; RIVERA, 2011).

Diante do exposto, a presente pesquisa tem como hipótese que tanto os cromatogramas quanto as análises quantitativas químicas realizadas em solos de manejo agroecológico apresentem melhores resultados quando comparados aos solos de manejo convencional. E que, o estudo realizado reafirme ainda mais a eficiência do uso da técnica de cromatografia de

Pfeiffer para avaliar de modo qualitativo e integral os atributos do solo, tornando assim mais acessível aos agricultores a análise.

A pesquisa apresenta relevância tanto aos pesquisadores da área, quanto aos agricultores e a todos os que se interessem pelo tema. Além disso, é extremamente importante entender mais sobre os solos, os agroquímicos e os impactos que o uso dessas substâncias podem gerar.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

- Avaliar se a CCP é um método eficiente para analisar a saúde do solo do território sertão produtivo.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Comparar os cromatogramas dos solos de manejo agroecológico e convencional;
- Correlacionar os cromatogramas com os atributos químicos dos solos.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 SOLOS E A DEGRADAÇÃO

A produção de alimentos está intimamente relacionada com a qualidade do solo, além disso, o solo exerce um fundamental papel na produção de alimentos, é tido como um recurso natural praticamente não renovável, uma vez que seu processo de regeneração é extremamente lento (MASEDA, 2016). Primavesi (2014), enfatiza que para um solo ter vida e ser saudável ele depende diretamente da diversidade de microrganismos, microvida vegetal e de matéria orgânica presente nele. Nesse sentido, Primavesi (1980;2016) não compreende o solo como sendo rochas moídas que atuam como suporte para as plantas e adubos, mas o compreende como organismos vivos.

A degradação desse recurso natural pode estar relacionada a diversos fatores, porém um muito comum é durante o processo de colheita, período onde os nutrientes são removidos. Outra forma de perda de nutrientes é através de processos naturais como lixiviação, erosão, os quais irão contribuir para que a perda ocorra (ROBERTS, 2015).

Essa perda pode levar a sérias consequências, como a degradação e a infertilidade dos solos. Em um estudo realizado em 60 países pela Organização das Nações Unidas, mais de 30% dos solos das regiões estudadas se encontraram em estado de degradação, uma taxa alta, e preocupante (FAO, 2015).

De acordo com o manejo agrícola adotado em determinada área, o solo apresentará diferentes estados, por exemplo, um solo que adota o uso da agricultura convencional, a qual faz uso de agrotóxicos e pesticidas, apresentará resquícios dos princípios ativos presentes na composição desses agroquímicos utilizados, bem como uma redução significativa no crescimento microbiano do meio, além da redução de atividade enzimáticas, tornando-se um solo com a microvida reduzida e de baixa qualidade (WOLEJKO et al., 2020).

Como uma alternativa para a redução da degradação desse recurso natural, a FAO (2015) propõe a aplicação de técnicas e cuidados para evitar chegar a um estado mais crítico, como por exemplo, uso do manejo adequado visando o cuidado com a fertilidade, a cobertura vegetal, o cultivo de grande variedade de espécies vegetais, para assim evitar a perda, compactação e, por fim a degradação dos solos.

Sendo assim, é indispensável o cuidado com solo e a aplicação de medidas conservacionistas, pois ele gerará plantas com composição semelhante as suas, ou seja, um solo “sem vida”, com baixos teores de nutrientes, irá gerar plantas com essas características e mesma composição química (ROBERTS, 2015).

3.2 CROMATOGRAFIA CIRCULAR DE PFEIFFER

Cromatografia consiste em uma técnica de análises físico-química que ocorre através da separação dos componentes em duas fases, sendo uma delas a móvel e a outra, a estacionária (SKOOG et al., 2006).

Com o uso crescente de insumos químicos dos agricultores alemães, com o intuito de aumentar cada vez mais a produtividade, Ehrenfried Pfeiffer juntamente com os seus colaboradores no ano de 1920, desenvolveram uma técnica aplicada para avaliar a saúde do solo, e ela ficou conhecida por Cromatografia Circular de Pfeiffer, a qual também pode ser aplicada para análises de adubos e alimentos (RESTREPO, PINHEIRO, 2011).

A Cromatografia de Pfeiffer se difere das demais análises convencionais por permitir em uma só análise a avaliação qualitativa dos atributos químicos, físicos e biológicos do solo, de forma integral (PINHEIRO, 2011).

Nos resultados das análises são criados cromatogramas, que por meio das suas zonas, suas cores, seus tamanhos, sua integração gerada pelas atividades microbiológicas, enzimáticas, transformação dos minerais e pela matéria orgânica, irão revelar o estado em que o solo analisado se encontra. Além disso, se trata de uma técnica simples, de fácil execução e de baixo custo (RIVERA; PINHEIRO, 2011).

Na etapa de realização das análises, os equipamentos necessários para realizá-las podem ser facilmente adaptados, deste modo facilitando para que o próprio agricultor, com treinamento adequado, consiga realizar a análise qualitativa dos solos da área de cultivo, para acompanhar o estado em que ele se encontra e dessa forma, auxiliar os agricultores no processo de transição para a agricultura agroecológica (KOKORNACZYK et al., 2016; MELO et al., 2019; PERUMAL, ANANTHI, ARUNUKUMAR, 2016)

Nesse sentido, Siqueira (2016) em sua pesquisa afirma que a CCP é uma análise de fácil acesso, a qual pode ser utilizada pelos próprios agricultores para conseguirem, de forma autônoma, conhecer mais sobre o solo utilizado para o cultivo, e assim decidirem sobre o manejo ideal.

Para o desenvolvimento dessa técnica só se fazem necessárias duas soluções, uma extratora, hidróxido de sódio a 1%, e a outra reveladora, nitrato de prata a 0,5%.

Em seu artigo, Pinheiro et al., (2018) buscaram uma alternativa de substituírem o papel filtro convencional, da marca whatman, utilizado para as análises, por filtro de papel descartáveis (utilizados para coar café), por serem de mais fácil acesso e por terem um valor mais baixo, reduzindo ainda mais o custo da análise. Porém, eles não foram eficazes para as análises, pois notou-se que as regiões dos cromatogramas não se apresentaram nítidas, isso ocorreu devido ao papel filtro do café ser formado por uma celulose mais irregular quando comparado a celulose do papel filtro utilizado comumente.

Partindo do ponto que solos com saúde e qualidades semelhantes irão, consequentemente, apresentarem cromatogramas semelhantes, como por exemplo o tamanho das zonas, cores, formações de radiais e integração das zonas, já estão sendo realizados estudos que buscam desenvolver softwares visando facilitar a interpretação dos cromatogramas (PERUMAL; ANANTHI; ARUNUKUMAR, 2016).

3.3 INTERPRETAÇÃO DA CROMATOGRAFIA CIRCULAR DE PFEIFFER

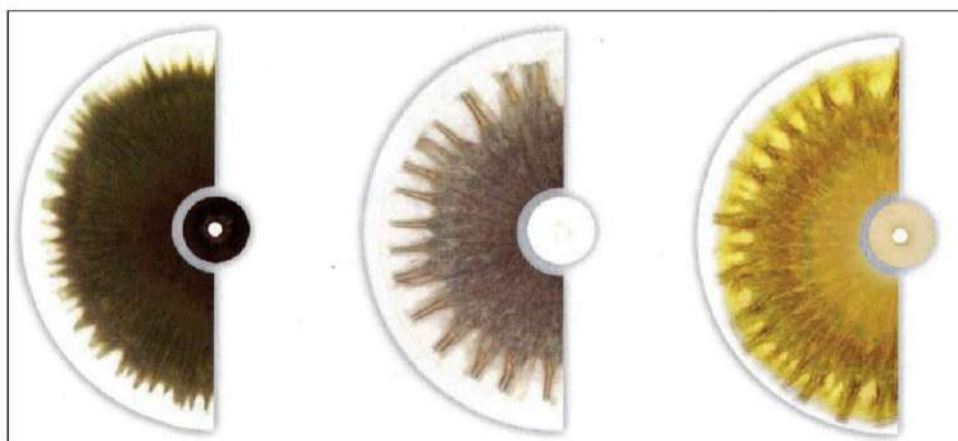
Uma etapa crucial para se aplicar a análise de cromatografia circular de Pfeiffer é saber realizar a leitura e a interpretação das imagens que são geradas nos cromatogramas já formados. Para isso, Pinheiro e Restrepo (2011) em seu livro “Cromatografia imagens de vida e destruição do solo”, apresentam, com o auxílio de imagens, características ideais e não ideais para um solo equilibrado.

Para se interpretar um cromatograma, é necessário dividi-lo em zonas, sendo elas:

Zona Central: essa zona também é chamada de zona da oxigenação, ou também de umbigo do croma, isso por se tratar da zona que é responsável por descrever se o solo apresenta boa

aeração, boa atividade aeróbica, coberto e protegido da exposição solar, nesses casos, será possível observar uma zona central bem desenvolvida, de coloração creme caracterizando um solo saudável. A Figura 1 mostra a variação dessa zona.

Figura 10- Zonas centrais.

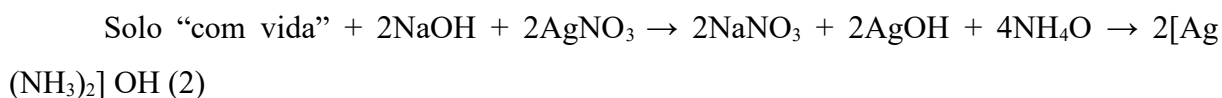
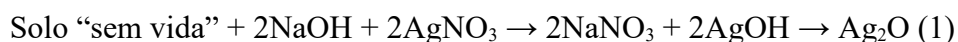


Fonte: Restrepo e Pinheiro, 2011.

Em se tratando de características não ideais para um solo equilibrado, a zona central de cor escura, pouco desenvolvida ou inexistente são as esperadas quando o solo analisado apresenta predominância de atividade anaeróbica, compactado, com elevada exposição solar ou em casos de usos exagerados de agrotóxicos.

Solos que apresentam elevadas concentrações de compostos nitrogenados, seja por adubação química ou orgânica, apresentarão sua zona central do cromatograma de cor branca.

A reação química responsável pela coloração escura, é a reação que ocorre entre o hidróxido de sódio com o solo em contato com a solução reveladora que terá como produto a formação do hidróxido de prata (AgOH), que por se tratar de um composto instável logo se transformará no óxido de prata (Ag₂O), composto esse responsável pela coloração preta e cinza do cromatograma, isso em casos de soluções de solo sem vida, enquanto que em uma reação para a solução de solo com vida irá gerar como produto final o complexo *Amin Prata* (2[Ag(NH₃)₂]OH).



Zona interna: também chama de zona mineral, pois os minerais se depositam nessa área, assim como as substâncias tóxicas do solo. Ela se localiza entre a zona central e a intermediária, como é mostrado na Figura 2, e pode estar presente ou ausente no

cromatograma. Pode haver situações que nessa zona apresente um círculo linear mostrando que o solo analisado apresenta a ausência ou a baixa vida nele presente.

Desta forma, essa zona será responsável por mostrar se os minerais se encontram solúveis ou não no solo, no primeiro caso, a coloração desejável será tons dourados e formatos de plumas, mostrando que o solo é equilibrado, saudável e de boa harmonia biológica.

Figura 11- Zonas internas – inexistente, dourada e lilás.



Fonte: Restrepo e Pinheiro, 2011.

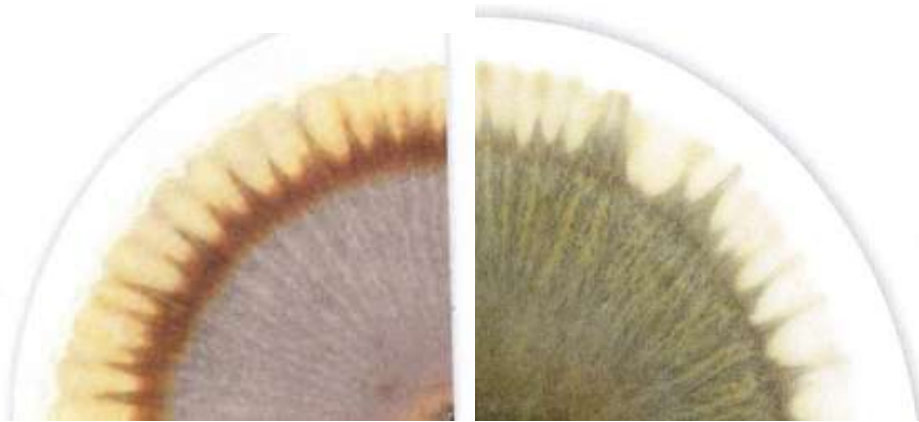
Podem haver também nos cromatogramas situações em que a zona se apresente não integrada com as demais, além disso, se apresentando com colorações em tons muito escuros, descrevendo um solo pouco estruturado, com pouca ou ausência de matéria orgânica, baixa atividade microbiológica e degradados.

Essa zona também pode se apresentar com outra coloração, sendo ela lilás a qual também poderá se estender até as demais zonas. Essa cor é característica de solo que provém de agricultura de manejo convencional, onde o agricultor faz uso exagerado de agrotóxicos da classe dos inseticidas e fungicidas, afetando assim a solubilidade dos minerais (N, P, K, Ca) presentes no solo em análise.

Zona intermediária: essa é a zona da matéria orgânica, também chamada de zona proteica, ela pode se apresentar integrada ou não com a zona interna e zona externa, sua coloração pode variar do preto, o mínimo de atividade microbiológica, ao laranja, o máximo de atividade.

Além disso, nela é possível saber se a matéria orgânica da amostra analisada se encontra presente ou ausente através das características trazidas nos cromatogramas interpretados. Quando essa zona se apresenta de forma não integrada as demais zonas, isso mostra uma destruição nos organismos presentes no solo, ou seja, um desequilíbrio na sua fauna, como mostra a Figura 3.

Figura 12- Zona intermediária não integrada e inexistente.



Fonte: Restrepo e Pinheiro, 2011.

Em cromatogramas nos quais essa zona se apresenta inexistente, sabe-se que faz alusão a um solo compactado, com alta exposição solar, solo altamente mineralizado, desequilibrado, com usos exagerados de herbicida, inseticida e fungicida, e essas substâncias usadas de forma descontrolada gera um desequilíbrio em todo a biota solo.

Além dessas formas, essa zona também pode se apresentar de outra forma, como a de tom marrom ou café escuro, descrevendo que a matéria orgânica desse solo se encontra em estado de decomposição, e mais a frente esse mesmo solo pode apresentar em seu cromatograma coloração dourada ou laranja indicando que essa matéria orgânica se encontra em processo de mineralização, ou seja, disponibilizando nutrientes para o solo.

A Figura 4 mostra as zonas intermediárias com a matéria orgânica em estágio de decomposição e mineralização.

Figura 13- Zona intermediária marrom escuro e dourado.

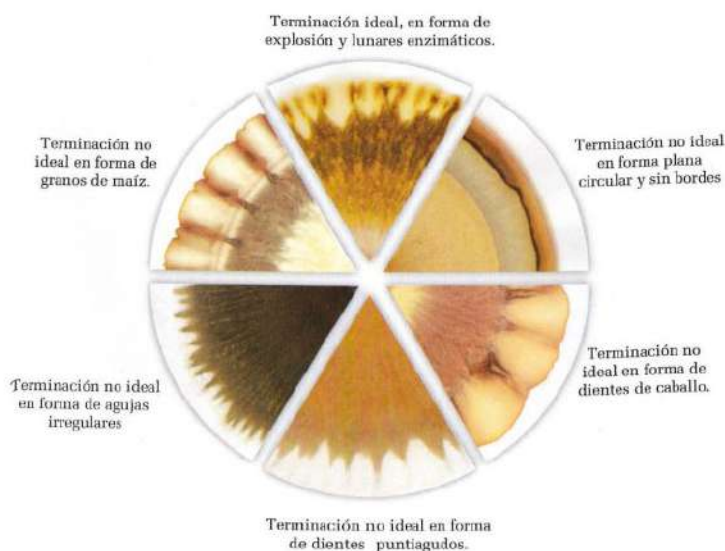


Fonte: Restrepo e Pinheiro, 2011.

Zona externa: por fim, a zona da reserva nutricional, ela é a última zona de interpretação do estado do solo, aquela que permitirá mostrar se ele apresenta uma boa ou ruim reserva nutricional.

A zona anterior, a intermediária, será a responsável por realizar bordaduras na zona externa, e elas formarão desenhos que permitirão classificar a amostra analisada como desejável ou não para um solo. Sua coloração pode variar do castanho escuro ao tom ocre, essa característica alude a presença de enzimas e nutrientes no solo. A formação de nuvens ou bolsinhas em tons de café claro e escuro fazem referência um solo equilibrado, ou seja, de alto valor biológico e boa reserva nutricional como mostra a Figura 5.

Figura 14- Zonas externas ideais e não ideais para um cromatograma.



Fonte: Restrepo e Pinheiro, 2011.

Zona periférica: nessa zona não passa nenhuma das soluções, ela é utilizada para a identificação da amostra analisada e para a manipulação do cromatograma durante o processo de análise.

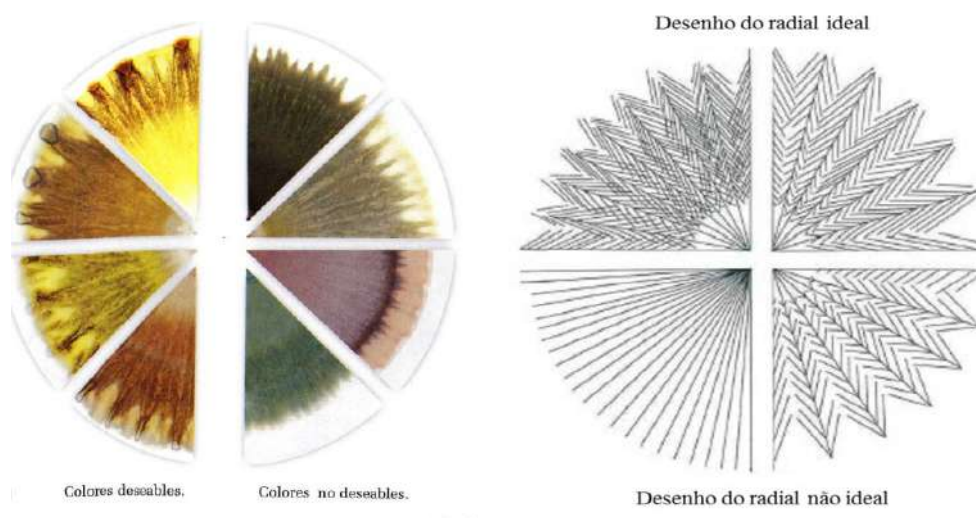
Analisando o cromatograma como um conjunto de zonas integradas, é possível identificar pelas cores se aquele solo analisado está com vida, uma vez que tons como dourado, laranja, amarelo, avermelhado, café claro e verde são cores desejáveis para um cromatograma de solo em bom estado, enquanto que solos degradados e destruídos deverão apresentar colorações próximas de cinza, preto, marrom escuro e lilás.

Vale ressaltar que é possível avaliar com acurácia a atividade microbiológica da amostra de solo a partir da formação de radiais em um cromatograma, essa formação de

radiais pode ir desde a zona central a zona externa com formato de flechas ou ramificações semelhantes a plumas, quando o solo apresenta a biota preservada.

Em contrapartida, casos nos quais há ausência de radiais, ou até mesmo a presença deles em linhas retas, entende-se que se trata de uma amostra que se encontra em estado crítico no que tange a saúde do solo, ou seja, o mesmo está degradado, com presença de compactação além de elevadas concentrações de defensivos químicos, a variação dos radiais é mostrada na Figura 6.

Figura 06- Cores e radiais ideais e não ideais de um cromatograma.



Fonte: Restrepo e Pinheiro, 2011.

3.4 CCP COMO INDICADORA DA QUALIDADE DO SOLO

No processo de formação dos cromas, através da capilaridade os componentes que impregnam no papel filtro trará como resultado as formações das zonas (RIVERA; PINHEIRO, 2011).

A variação das cores e dos tons obtidos ocorre devido ao processo de foto reação do nitrato de prata e o contato com a luz solar indireta, e essas cores juntamente com a largura das zonas, a integração, formação de radiais, permitirá a interpretação do estado que o solo analisado se encontra e a torna uma técnica capaz de ser utilizada como indicadora da qualidade do solo (RESTREPO; PINHEIRO, 2011; PILON, 2018).

Sendo assim, Silva (2019) obteve um resultado positivo aplicando a Cromatografia de Pfeiffer para avaliar a qualidade do solo, em sua pesquisa foi avaliado um solo de cultivo de tomate por manejo convencional no período de cinco meses, no qual o agricultor fazia uso de pesticidas nos meses iniciais, e foi possível constatar no cromatograma a evolução dos solos

quanto a contaminação dos agrotóxicos e também quanto a sua saúde, isso ocorreu paralelamente a introdução de medidas conservacionistas, como por exemplo, o uso da cobertura vegetal.

Em seu manual de guia prático da CCP, Pilon et. al., (2018) também afirmaram que a cromatografia de Pfeiffer é uma metodologia a ser aplicada, pois essa ferramenta além de ser de baixo custo, se mostra eficaz para avaliar a fertilidade dos solos. Nesse sentido, Feliciano (2018) traz que as análises químicas convencionais estavam de acordo com os resultados obtidos a partir das análises qualitativas de CCP.

Melo et. al., (2019) reportaram em seu estudo que a cromatografia circular de Pfeiffer é uma técnica aplicável para avaliar a qualidade sistêmica dos solos, pois através de parâmetros qualitativos visuais, consegue-se identificar características desejáveis ou não para as amostras analisadas.

3.5 AGROTÓXICOS E OS EFEITOS SOBRE A SAÚDE DO SOLO

Quando se fala em produção de larga escala, o uso de agrotóxicos logo vem à mente pois, esses produtos químicos são muito utilizados com o objetivo de ampliar a produção agrícola, porém, como é trazido por Souza et al., (2015), a infertilidade e a contaminação do solo poderão ser respostas ao uso impróprio de substâncias como essas.

Em uma visão a longo prazo, esse risco ainda é mais preocupante, uma vez que o solo é tido como um recurso não renovável e é inimaginável a possibilidade da existência humana em um meio sem solos férteis.

Sabe-se que em manejo convencional de produção é necessário adotar o uso de agrotóxicos nas culturas, e como consequência desse ato, esses solos apresentarão concentrações dessas substâncias aplicadas e isso afetará na saúde do mesmo, uma vez que influenciará negativamente tanto em seu desenvolvimento microbiano, quanto em suas atividades enzimáticas (WOLEJKO, et al., 2020).

Existem duas categorias de classificação dessas substâncias químicas, que podem ser comercializadas de acordo com o Ministério do Meio Ambiente – MMA, são elas as agrícolas, voltados a produção, e as não agrícolas, que são utilizadas em áreas urbanas, como em processo de tratamento de água (BRASIL, 2018).

Além da classificação de categoria dos agrotóxicos, outra classificação importante de se discutir é quanto a sua toxicidade, e de acordo com o decreto nº 4.074, em seu artigo sexto da Lei nº 7.802 de 11 de julho de 1989 é papel do Ministério da Saúde realizar a classificação toxicológica de agrotóxicos e afins (BRASIL, 2002).

Tendo em vista os riscos que a aplicação dessas substâncias geram, é de suma importância realizar uma classificação para facilitar o entendimento quando se tratar do grau de toxicidade, e de acordo com o decreto 4.074 em seu artigo sétimo, é papel do órgão de controle do ministério da saúde realizar a classificação toxicológica de agrotóxicos e afins.

Desta forma, no Brasil, o órgão de controle do ministério da saúde responsável por realizar a classificação é a ANVISA, assim, a classificação em ordem decrescente de grau de toxicidade é: classe I (rótulo vermelho) extremamente tóxico; classe II (rótulo amarelo) altamente tóxico; classe III (rótulo azul) mediantemente tóxico; classe IV (rótulo verde) pouco tóxico (ANVISA, 2018).

3.6 MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO

Uma característica de um ecossistema saudável é um solo composto por uma grande variedade de microrganismos que exercem funções de grande importância em um solo saudável, como por exemplo a ciclagem de matéria orgânica e a fixação de nutrientes (RIVERA, 2014).

Nesse sentido, a matéria orgânica tem papel fundamental para um solo saudável, ela é responsável por atuar tanto na disponibilização de nutrientes, quanto em sua estrutura, auxiliando no grau de aeração, além de controlar o pH do solo por tamponar a acidez (BETTIOL et al., 2023).

A matéria orgânica servirá como alimento para os decompositores presentes no solo que irão decompô-la em partículas menores para se alimentarem, e para isso, utilizam as enzimas microbianas que irão atuar no processo de decomposição do material orgânico presente no solo e também na ciclagem dos nutrientes (RAMOS et al., 2018).

Outra função importante que a matéria orgânica apresenta é a de conseguir imobilizar substâncias tóxicas tanto no solo, quanto nas plantas, como o alumínio e metais pesados, sendo dessa forma fundamental para que um solo permaneça saudável e em equilíbrio (BALDOCK; NELSON, 2000).

Diante do exposto, sabe-se que para que se consiga um solo fértil e estruturado, é de suma importância o agricultor cuidar para que haja o aumento da concentração da matéria orgânica do solo, e conseqüentemente, esse aumento de fertilidade do solo levará a um aumento da produção vegetal naquele meio (CERRI et al., 2022).

Em se tratando dos atributos físicos do solo, Oliveira et. al., (2018) dizem que a matéria orgânica poderá influenciar na estrutura do mesmo, reduzindo sua densidade por atuar

aumentando seu espaço poroso, dessa forma, afetando não só sua densidade, como também em sua aeração, consistência e retenção de água.

De pensamento semelhante, Gomes et al., (2015) afirmam que devido ao aumento de poros que a matéria orgânica causa no solo, conseqüentemente ela afeta sua densidade, ou seja, quanto mais MO, maior o número de macroporos, menor a densidade desse solo. Deste modo, é possível perceber a importância e a influência da matéria orgânica em todos os atributos do solo, seja químico, físico ou biológico.

3.7 ATRIBUTOS QUÍMICOS E FÍSICOS DO SOLO

Tendo em vista a importância de avaliar os atributos químicos do solo para entender sobre sua fertilidade e sua capacidade de produção, devido aos nutrientes que se encontram disponíveis nesse meio, em sua dissertação, Graciano (2018) comparou os resultados encontrados pela cromatografia com os resultados de análises convencionais, em seu estudo, a zona interna conhecida como zona mineral apresentou uma relação positiva com os parâmetros químicos.

Para Martinazzo (2006), potencial hidrogeniônico (pH), nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), alumínio (Al) e carbono orgânico (C) são tidos como os principais atributos químicos por possuir reflexos imediatos para estudos que são realizados em pouco tempo.

O alumínio é uma substância que em elevadas concentrações no solo gera toxicidade e conseqüentemente é tóxico para as plantas, porém quando as bases trocáveis presentes no solo se encontram em bom estado, o pH do meio irá aumentar gerando a redução da toxicidade por alumínio (CUNHA, 2017).

Um solo saudável deve apresentar mais que só a presença dos nutrientes em boas concentrações, é necessário que esse solo se encontre em uma faixa de pH ideal, além disso, é preciso que tenha a presença de microorganismos para que mineralizem a matéria orgânica, ou seja, para que isso ocorra é necessário que esse solo esteja suprido de MO (LOPES; ALVES, 2005).

Em se tratando dos atributos físicos, o mau uso do solo pode acarretar sérios danos em suas propriedades físicas, seja de forma temporária ou até mesmo permanente, esse fator justifica a necessidade de avaliar esse atributo nos solos.

A qualidade física do solo muito se relaciona com as demais, uma vez que pode afetar tanto a qualidade física, quanto a química, além de influenciar em fatores como a infiltração, retenção de água e sua disponibilidade no solo (REICHERT et al., 2003; ARAÚJO et al.,

2007; SILVA et al., 2008). Por exemplo, um solo que se encontra compactado é um solo com baixa aeração, com pouca presença de atividade aeróbica, ou seja, limita a qualidade do solo (SANTOS, 2013). A Tabela 1 mostra valores referenciais para os atributos analisados.

Tabela 1- Valores utilizados para a interpretação da análise de solo.

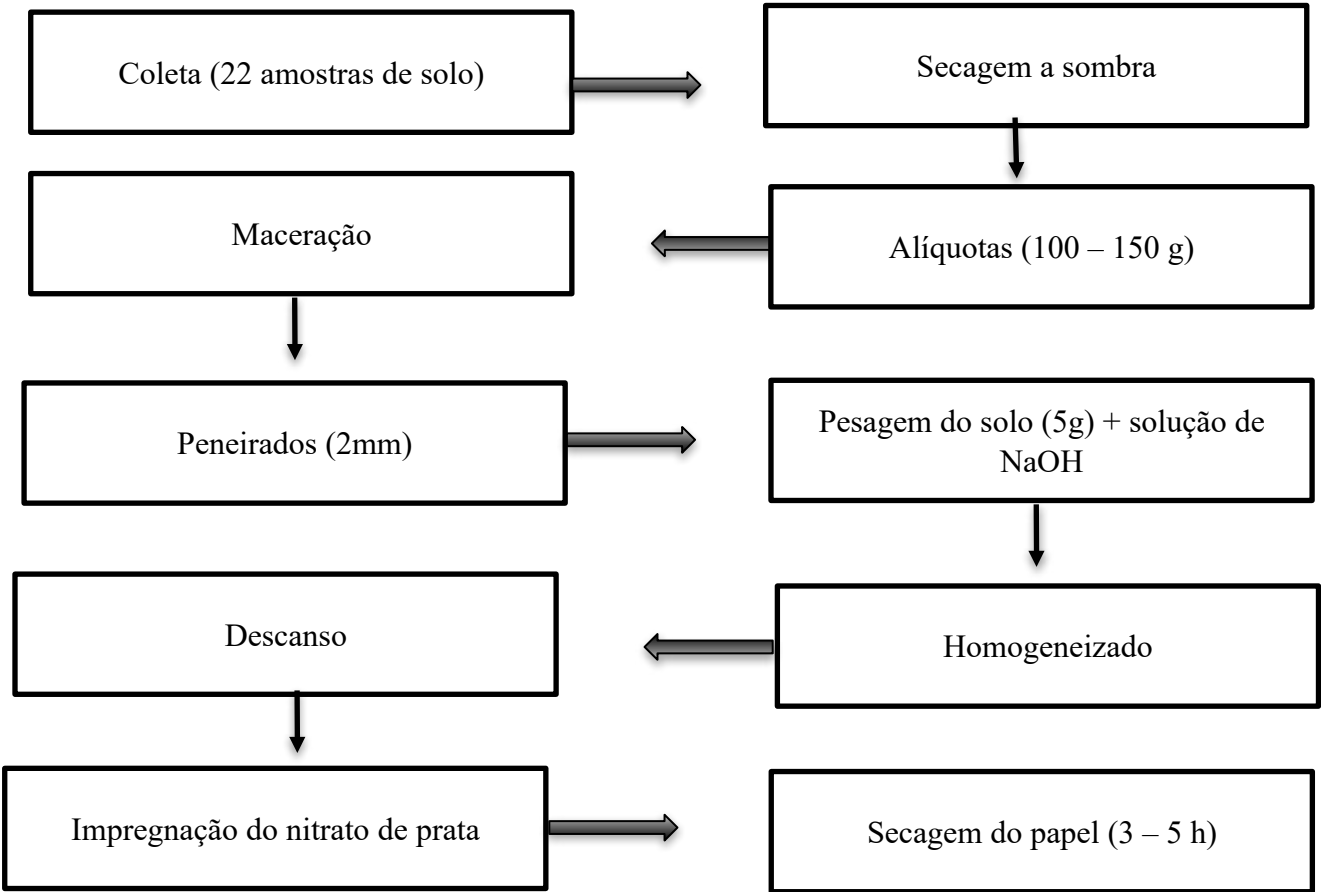
	Baixo	Médio	Alto
MO (%)	< 1,5	1,5 – 3,0	> 3,0
pH	< 5,0	5,0 – 6,0	> 6,0
Al (cmolc/dm ³)	< 0,5	0,5 – 1,0	> 1,0
P (mg/kg)	5 - 10	10 - 20	20 - 40

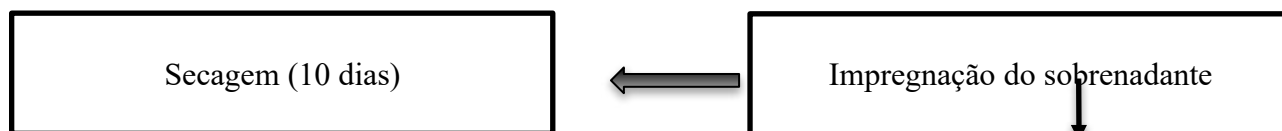
Legenda: Alumínio trocável (Al³⁺), Matéria Orgânica (MO), Potencial Hidrogeniônico (pH).

Fonte: Sobral, 2015/ Embrapa, 2017.

4. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado com 22 amostras de solos de manejo convencional e agroecológico, coletadas do perímetro irrigado do distrito Ceraíma e das cidades Guanambi-BA, Caetité-BA e Candiba-BA, no período do mês de maio a agosto do ano de 2023.





4.1 AMOSTRAGEM E PREPARO DE AMOSTRA

Para se analisar uma determinada área do solo é necessário obter-se amostras que representarão determinada localidade a qual se deseja avaliar. A amostragem foi feita em pontos aleatórios, e esses pontos de coletas foram marcados com GPS. Todas as amostras foram coletadas com as camadas de 0-10 e 10-20 cm (RESTREPO E PINHEIRO, 2011).

Após a coleta as amostras foram identificadas e transportadas para o laboratório de solos, para obtenção de terra fina seca ao ar (TFSA). Em seguida, as amostras foram divididas em alíquotas contendo em média 100 a 150 g, as quais passaram por um processo de maceração visando a redução da partícula, com o auxílio do almofariz, e posteriormente foram peneiradas com uma peneira 0,5 mm. A Tabela 02 apresenta as caracterizações das amostras.

Tabela 2- Caracterização das amostras dos solos dos municípios de Guanambi, Candiba e Caetité.

Amostras	Camada Cm	Cultura	Características da área
O1	10-20	Milho	Solo de baixada, solo escuro.
O2	10-20	Beterraba	Casa de vegetação, canteiro
O3	0-10	Tomate	Solo escuro
O4	10-20	Tomate	Solo claro
O5	10-20	Mandioca	área alta, solo ácido (tem análise de solo)
O6	10-20	Coentro	Área alta
O7	10-20	Alface	Área baixa
O8	10-20	Mandioca	Área baixa
O9	10-20	Banana	Área alta
O10	10-20	Milho	Área baixa
O11	10-20	-	mata nativa, margem de lagoa
O12	0-10	Tomate	Área que não se faz uso de agrotóxicos
O13	0-10	-	Área que não se faz uso de agrotóxicos
O14	0-10	-	Área que não se faz uso de agrotóxicos
O15	0-10	-	Área que não se faz uso de agrotóxicos
O16	0-10	Banana	Área que não se faz uso de agrotóxicos
C1	0-10	Mandioca	Solo descoberto, cor escura, área alta descoberta
C2	10-20	Mandioca	Solo descoberto, cor escura, área alta descoberta
C3	0-10	Banana	Solo com cobertura, de cor escura
C4	10-20	Banana	Solo com cobertura, de cor escura
C5	0-10	Manga	Solo descoberto, cor escura
C6	10-20	Manga	Solo descoberto, cor escura
C7	0-10	Quiabo	Solo descoberto, cor escura, área alta, descoberta
C8	10-20	Quiabo	Solo descoberto, cor escura, área alta, descoberta

C9	0-10	Palma	Área aerada, sem cobertura vegetal, solo escuro, uso de pesticidas.
C10	0-10	Batata	Área aerada, sem cobertura vegetal, solo escuro.

Fonte: autora, 2023.

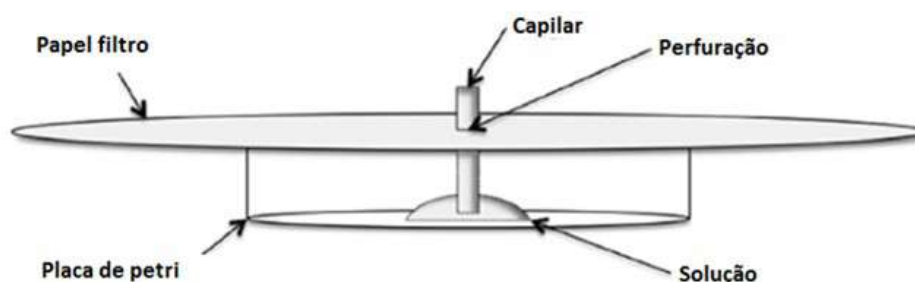
4.3 ANÁLISES LABORATORIAIS

A metodologia empregada para a análise de cromatografia de Pfeiffer foi a de Riveira e Pinheiro (2011), e para esta etapa foram preparadas duas soluções: solução extratora a 1% (NaOH), e a solução reveladora a 0,5% (AgNO_3), a primeira para dissolver o solo e a outra para sensibilizar o papel filtro, respectivamente.

Após o preparo do solo, foram adicionados 5 g em cada erlenmeyers, 50 ml de solução extratora de hidróxido, e em seguida procedeu-se a homogeneização, sete vezes para a direita, sete vezes para a esquerda. Após 15 minutos de descanso ela foi novamente homogeneizada da mesma forma, deixando em repouso por 60 minutos. Posteriormente, uma terceira e última agitação foi realizada e em seguida foi colocada em repouso por 6 horas, como recomendado pela metodologia adotada.

O papel filtro utilizado foi o da marca whatman de 15 cm de diâmetro, o qual foi dobrado para encontrar o centro e a partir dele fazer-se marcações em 4 e 6 cm. Após isso, foram feitos quadrados 2 X 2cm em outras folhas de papel filtro, que foram utilizados como capilares, os quais foram responsáveis pelas impregnações das soluções, como pode ser observado no diagrama da Figura 7.

Figura 15- Diagrama de montagem do papel para a impregnação das soluções.



Fonte: Kokornaczyk et al., 2016.

Ao tempo que as soluções dos solos estavam no descanso por 6 horas, foram preparadas as soluções de nitrato de prata a 0,5%. Posteriormente, foram colocadas aproximadamente 15 ml dessa solução em placas de Petri de 12 cm de diâmetro para a impregnação no papel filtro.

Logo após a impregnação, os papéis filtros foram retirados cuidadosamente e colocados em uma superfície plana entre papéis toalhas absorventes e depositadas em uma caixa escura para impedir que o nitrato de prata fique vulnerável a alguma alteração, devido exposição a claridade, leva um período de 3 a 5 horas para a secagem completa dos papéis. Após o tempo de descanso da solução de solo, foi retirado o sobrenadante cuidadosamente com o auxílio de uma pipeta e posteriormente colocado nas placas de Petri para as impregnações até o alcance de 6 cm, anteriormente marcado no papel filtro.

Por fim, após a última impregnação do papel filtro com o solo eles foram colocados para secar por 10 dias, para a revelação dos cromatogramas, os quais, por último foram passados na parafina, para a fixação da cor obtida.

4.4 ANÁLISES QUÍMICAS

A análise da matéria orgânica foi realizada pelo método da mufla (GOLDIN, 1987), em que as amostras inicialmente foram levadas a estufa a 105 graus por 24 horas, visando eliminar toda a água presente, após isso, os cadinhos foram acondicionados no forno tipo mufla e incinerados em uma temperatura de 600° por 6 horas. Posteriormente o conjunto foi acondicionado no dessecador e em seguida pesado.

As análises de alumínio trocável, fósforo disponível, pH em água e condutividade elétrica foram realizadas conforme a da Embrapa (2017).

4.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA

A estatística aplicada as amostras do solo foi a descritiva, ela permite avaliar a tendência comportamental das variáveis, além disso foi aplicado o teste T de *student*, ela permite avaliar se há diferenças significativas entre os dois grupos. A matriz foi constituída por 26 amostras e 5 variáveis relacionadas aos atributos químicos dos solos avaliados.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os cromatogramas foram interpretados seguindo os padrões de Restrepo e Pinheiro (2011). Ao analisar os resultados obtidos por meio dos cromatogramas das amostras de solo, foi possível observar diferença na coloração dos cromatogramas das amostras de solo de manejo agroecológico, comparadas as de manejo convencional.

Figura 16- Cromatogramas de solo de manejo convencional obtidos das amostras C1 a C10.

C1



C2



C3



C4



C5



C6



C7



C8



C9



C10





Fonte: Autora, 2023.

As amostras de solo convencional apresentaram uma cloração no geral escura, como mostra a Figura 8, com pouca definição entre as zonas, além de apresentarem a zona interna quase inexistente, fazendo referência a um solo compactado, com alta exposição solar, sem cobertura e consequentemente com baixa atividade microbiológica e uma predominância de atividade anaeróbica.

As características presentes na ZC dos cromatogramas das amostras de solos convencionais, são típicas de solos com uso de agrotóxicos, compactados e sem cobertura vegetal. Embora todos os cromatogramas analisados (C1 a C10) tenham apresentado uma zona muito pequena, os C9, C8 e C7 das culturas palma e quiabo foram os que obtiveram as menores zonas centrais.

Outro fator que vale destacar foi a presença de uma terminação em formato de anel entre a zona interna e a zona intermediária, que caracteriza um solo sugestivo de matéria orgânica não decomposta. Dentre as analisadas, as que apresentam a formação de modo mais evidente são as C8, C7, C3 e C4.

Com relação as zonas internas e intermediárias, se encontram pouco integradas, ou seja, os minerais presentes nesse meio então com pouca interação com a matéria orgânica, e a coloração da zona intermediária em tom marrom escuro descreve que a MO presente no solo se encontra em processo de decomposição e neste estágio ocorre pouca liberação de nutrientes para o solo.

Em se tratando do aspecto dos radiais presentes nestes cromatogramas, foi possível observá-los de forma pouco aparente, e em terminações que fazem referência a um solo com elevadas concentrações de agrotóxicos aos quais acarretam o desequilíbrio biológico (RESTREPO E PINHEIRO, 2011).

Sobre a última zona de interpretação do cromatograma, também conhecida como zona externa, ela se apresentou de forma não ideal, onde as bordaduras em tons de marrom escuro se assemelham a dentes pontiagudos, e não apresentou terminações esperadas para um solo

com boa reserva de nutrientes, ou seja, bordaduras em formato de nuvens em tons claro, sendo assim, essas características aludem um solo com deficiência de nutrientes.

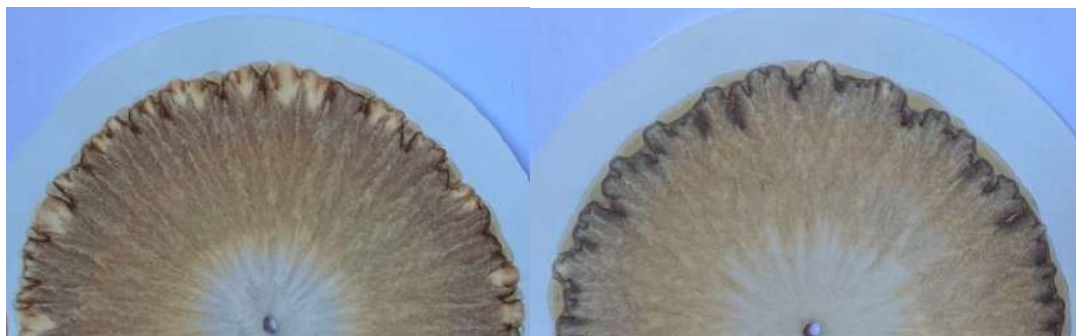
Os cromatogramas C9 e C10 apresentam uma tonalidade lilás, que se estende da zona central a zona intermediária. De forma semelhante, Silva (2019) observou as mesmas características inferindo que na área ocorreu aplicação de fungicidas e inseticidas.

Observa-se que os cromatogramas das amostras de solos de manejo convencional, apresentaram diferença na coloração em relação aos de manejo agroecológico (figura 9). Notou-se que os cromatogramas da área agroecológica estão com características que corroboram com as elencadas por Restrepo e Pinheiro (2011) como por exemplo, a predominância de tons creme, dourado, marrom claro, além de uma harmonia entre as zonas. Em relação aos radiais, observou-se a presença de formato em plumas desde a zona central até a zona externa, caracterizando um solo com biota preservada, equilibrada e saudável. Nesse sentido, Aguillón (2011) destaca que os solos saudáveis e férteis devem apresentar cromatogramas com zonas bem desenvolvidas.

Figura 17- Cromatogramas de amostras de solo de manejo agroecológico coletadas nos municípios de Guanambi, Candiba e Caetité.

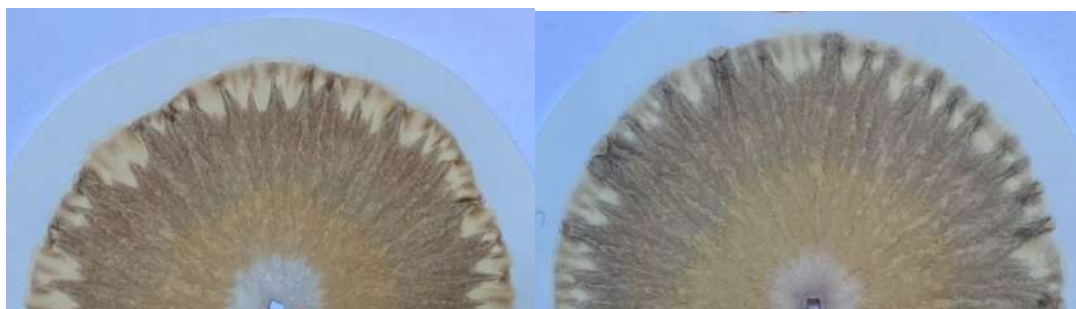
O1

O2



O3

O4



O5

O6



O07



O09



O10



O11



O12



O13



O14



O15



O16



Fonte: autora, 2023.

Nos cromatogramas O1, O2 e O7, as zonas centrais encontram-se bem desenvolvidas além de apresentarem excelente harmonia e integração. Sobre as colorações dessas zonas, todas se apresentaram em tons creme, exceto os cromas O1, O3 e O6, pois estes apresentaram a coloração branca na ZC, essa característica descreve que o solo é rico em nitrogênio (N), neste caso, advindo de adubação orgânica.

O bom desenvolvimento da ZC e a presença de colorações ideais referem-se a um solo em bom estado de oxigenação, por apresentar alta atividade microbiológica e com predomínio de atividade aeróbica, além de menor exposição solar sem uso de insumos químicos, consequentemente apresenta microbiota preservada. Nesse sentido, Bezerra (2021) afirma que, há uma boa relação entre a zona central e a zona de matéria orgânica, de forma que ela está diretamente relacionada a quantidade de microrganismos presentes no solo.

Notou-se que nas zonas internas dos cromatogramas obtidos dos solos de manejo agroecológico, houve a predominância da coloração dourada. Essa cor somada ao bom desenvolvimento da zona e a integração com as demais, caracteriza a presença de minerais solúveis no meio, solo equilibrado, saudável e biologicamente harmônico.

Todos os cromatogramas gerados evidenciam a zona intermediária bem integrada com a zona mineral. Isso ocorre porque o solo se encontra com alta atividade microbiológica, como foi mostrado na zona central. Em adição a isto, nota-se na coloração, a predominância do tom marrom mais escuro, nas amostras O2, O5, O7, O9, O10 e O11. Essa cor indica que existe matéria orgânica e se encontra em estado de decomposição, a qual explica a pouca reserva nutricional elucidada nas zonas externas das amostras O9, O10 e O11 visto que no estágio de decomposição da matéria orgânica, libera-se menores concentrações de nutrientes.

Nas amostras O1, O3, O4, observou-se que a zona intermediária apresentou cor dourada, indicando um solo com matéria orgânica em processo de mineralização, ou seja, alta disponibilização de nutrientes no solo. Essas mesmas amostras apresentaram as zonas externas com terminações irregulares em tons marrom claro semelhante a nuvens e com a

presença de bolhas que, segundo Siqueira (2018) refere-se a um solo de ótima qualidade e de alto valor biológico. Por se conhecer o histórico dessas amostras, os resultados encontrados estão condizentes com o esperado, devido ao manejo de produção adotado pelos agricultores.

Na amostra de solo (O8), foi possível notar dificuldade durante o processo de impregnação da solução de solo, mesmo após o tempo de descanso indicado pela metodologia adotada como mostra a Figura 10. Foi possível observar que a solução de solo apresentou coloração muito escura devido a riqueza de matéria orgânica. Isso fez com que o sobrenadante pipetado para impregnar não conseguisse correr no diâmetro ideal proposto pela metodologia aplicada, gerando um entupimento dos poros do papel filtro (PINHEIRO, 2011).

Figura 18- Cromatograma O8, da amostra de solo de manejo agroecológico durante a impregnação e após a secagem.



Fonte: autora, 2023.

Nota-se que embora a amostra O8 tenha um elevado teor de matéria orgânica, pela coloração marrom escuro da zona intermediária, também conhecida como zona de matéria orgânica, ela se encontra no início no processo de decomposição, pouco desenvolvimento da zona externa e pouca variedade nutricional.

Como mostra a Figura 11, a zona central da amostra O8, apresentou a coloração em tom creme, bom desenvolvimento e a ótima integração com as demais zonas, caracterizam um solo com alta atividade microbiológica, bem aerado, ou seja, apresenta predominância de atividade aeróbica. A zona externa se encontra com uma coloração dourada e terminações de plumas, essas características aparecem quando o solo analisado possui minerais solúveis e harmonia biológica.

Figura 19- Cromatograma da amostra O8, de amostra de manejo agroecológico após a redução da massa do solo (2,5g).



Fonte: autora, 2023.

Diante disso, notou-se que a concentração de matéria orgânica presente no solo está em concordância com a análise realizada através da cromatografia de Pfeiffer, pois a amostra O8 foi a que apresentou uma maior quantidade de MO.

Nos resultados das amostras referentes as áreas de manejo convencionais, a escala de concentração hidrogeniônica pode variar de 0 a 14, porém, a faixa de pH ideal para que se ocorra uma máxima disponibilidade de nutrientes e assim uma boa absorção deles através das raízes das plantas está entre 5,5 e 6,5 (MALAVOLTA, 1992), entretanto, o das amostras analisadas obteve a variação entre 5,7 e 7,7. Sendo assim, a maioria das amostras não tiveram a sua disponibilidade de nutrientes afetada por esse fator, por se encontrarem dentro da faixa de pH tida como ideal para melhor produção. Nos casos dos solos com o pH alcalino, na maioria das vezes possui relação com a alcalinização feita, proveniente da aplicação do calcário que em excesso pode alterar e limitar a disponibilidade de nutrientes presentes.

Em solos com pH menor que 5,5 pode ocorrer elevada concentração de alumínio que interfere na produtividade das culturas. Outra influência importante do alumínio é na translocação e na absorção do fósforo. Elevadas concentrações de alumínio diminuem a absorção de fósforo, enquanto que baixas concentrações de alumínio elevam a absorção do nutriente (FILHO; SOUZA, 1986). Nas amostras analisadas, as concentrações de alumínio trocável foram muito baixas, inferiores a $0,3 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$, ou seja, não afeta o sistema radicular e a absorção de nutrientes (EMBRAPA, 2015).

O fósforo é um macronutriente que se encontra pouco disponível às plantas em função da alta fixação no solo (LEITE, 2015). Sendo assim, é importante a realização da estimativa do teor do fósforo. No presente estudo, todas as amostras apresentaram um baixo teor de fósforo disponível (ALVAREZ, 1999).

Nas amostras de solos oriundas de manejo agroecológico observou-se que o teor de matéria orgânica foi superior aos de manejo convencional. Este resultado pode estar associado

ao uso de biofertilizantes, esterco, cobertura vegetal, visando sempre a redução de impactos e o cuidado com o meio de produção. O teor de matéria orgânica foi superior na cama 0-10 cm. Tais resultados também foram observados por Araújo et al. (2004) e Silva, Silva Júnior e Melo (2006), isso porque nas camadas superficiais há maior deposição de material orgânico.

Relacionando a cromatografia e a análise de matéria orgânica, observou-se que a amostra de solo O8 (Figura 11) foi a que apresentou o maior teor de matéria orgânica. Observou-se que houve no geral valores da condutividade elétrica que classificam os solos analisados como salinos, ou seja, apresentam elevadas concentrações de sais como é trazido pelo Guia Prático de Interpretação de Solos da Embrapa (2015) sendo maior ou igual a quatro, na Tabela 03 segue os dados obtidos a partir das análises realizadas no município de Guanambi, Caetité e Candiba.

Tabela 3- Dados obtidos pelas análises químicas das amostras de solo coletadas do sertão produtivo.

Amostra	MO g kg ⁻¹	CE mS cm ⁻¹	pH	Al cmol _c kg ⁻¹	P mg kg ⁻¹
O1	85,32	5,2	5,9	0,1	4,67
O2	114,11	5,0	5,7	0,1	5,53
O3	52,50	4,7	6,0	0,2	5,07
O4	106,79	5,0	5,8	0,1	4,71
O5	34,82	6,1	6,2	0,1	1,84
O6	74,32	5,3	5,9	0,2	5,10
O7	98,31	5,6	5,9	0,1	5,60
O8	124,15	5,3	5,8	0,1	1,61
O9	28,37	5,8	6,0	0,1	1,39
O10	112,16	5,4	5,7	0,1	1,20
O11	59,00	5,4	5,9	0,1	1,43
O12	80,63	6,1	6,0	0,1	2,33
O13	46,12	5,4	5,8	0,1	1,78
O14	49,21	5,2	5,8	0,2	1,75
O15	155,93	8,3	6,1	0,2	3,10
O16	53,40	6,1	5,7	0,1	2,51
C1	50,77	8,2	7,4	0,1	4,68
C2	31,40	8,8	7,7	0,1	4,42
C3	37,96	7,9	6,9	0,1	4,87
C4	14,33	6,1	6,4	0,1	4,61
C5	24,37	5,8	5,9	0,2	5,12
C6	27,03	5,1	6,3	0,1	4,22
C7	15,22	5,0	6,1	0,2	4,88
C8	34,86	5,6	5,8	0,1	3,98
C9	38,29	5,3	5,9	0,1	4,71
C10	23,37	5,8	6,4	0,1	5,11

Legenda: MO= matéria orgânica, P= fósforo, CE= Condutividade elétrica, Al= alumínio, pH= potencial hidrogeniônico.

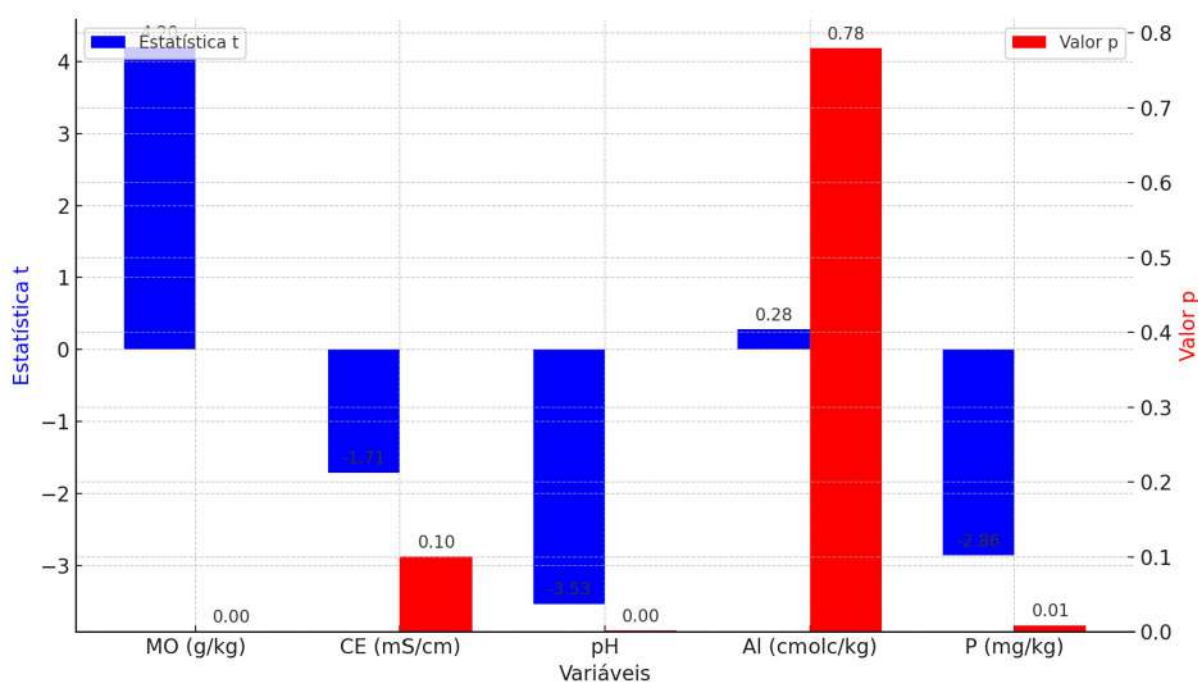
Fonte: A autora, 2024.

O teor de matéria orgânica obtido através do método da mufla é encontrado a partir da redução de massa da amostra após a sua incineração (SUGUIO, 1973). Diante disso, foi possível observar alguns valores de matéria orgânica bem elevados, esse fato pode se justificar devido ao uso de alguns “contaminantes” químicos como por exemplo cal hidratada, superfosfatos simples, gesso, dentre outros. Esse fator pode afetar a precisão dos resultados analisados (CARMO, 2011).

5.1 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Diante disso, os atributos pH, MO e P apresentaram o Pvalor $<0,05$ e o H_0 foi rejeitado, descrevendo assim amostras de solo que apresentam significativas diferenças entre o manejo agroecológico e convencional, como mostra o gráfico 1. Já os atributos Al e CE ocorreu o contrário e não houveram diferenças significativas quando os dois grupos são comparados. Na Tabela 4 contém os resultados estatísticos calculados.

Gráfico 1- Resultados dos testes t de students.



Fonte: A autora, 2024

Tabela 4- Testes t de Student

Variável	Estatística t	Valor p	Interpretação
MO (g/kg)	4.20	0.0003	Diferença significativa entre os grupos

Variável	Estatística t	Valor p	Interpretação
CE (mS/cm)	-1.71	0.1003	Não há diferença significativa
pH	-3.53	0.0017	Diferença significativa entre os grupos
Al (cmolc/kg)	0.28	0.7794	Não há diferença significativa
P (mg/kg)	-2.86	0.0087	Diferença significativa entre os grupos

Fonte: A autora, 2024

Tabela 5- Estatística Descritiva.

Variável	Média	Desvio Padrão	Mínimo	25%	Mediana	75%	Máximo
MO (g/kg)	60.49	38.06	14.33	32.26	49.99	84.15	155.93
CE (mS/cm)	5.90	1.12	4.70	5.23	5.50	6.10	8.80
pH	6.12	0.50	5.70	5.80	5.90	6.18	7.70
Al (cmolc/kg)	0.12	0.04	0.10	0.10	0.10	0.10	0.20
P (mg/kg)	3.70	1.54	1.20	1.96	4.52	4.88	5.60

Fonte: A autora, 2024

6. CONCLUSÃO

A partir da Cromatografia de Pfeiffer foi possível evidenciar a diferença da saúde do solo entre os manejos agroecológico e convencional, constatando que o primeiro apresentou melhores indicadores de qualidade do que o segundo. Por fim, o manejo de produção adotado influencia diretamente na qualidade do solo e consequentemente nos resultados dos cromatogramas.

REFERÊNCIAS

- AGUILLÓN, S.M.M.; **Comparación del análisis químico convencional de suelos con la técnica de cromatografía para agricultura organica en transición**, Trabalho de conclusão apresentada ao departamento de Ciencias Agronomicas da Universidad de El Salvador, 2011.
- ANVISA, Agência Nacional de Vigilância Sanitária (2018). **Regularização de Produtos - Agrotóxicos**. Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br/registros-e-autorizacoes/agrotoxicos/produtos/reavaliacao-de-agrotoxicos>. Acesso em: jun. 2023.
- BETTIOL, W.; SILVA, C. A.; CERRI, C. E. P.; MARTIN NETO, L.; ANDRADE, C. A. **Entendendo a matéria orgânica do solo em ambientes tropical e subtropical**. 1ª ed. – Brasília-DF: Embrapa, 2023.
- BEZERRA, L. P. **Implantação de sistemas agroflorestais na agricultura familiar: um caminho para a transição agroecológica**, Dissertação de Mestrado apresentado ao Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de São Carlos, Arraras - SP, 2018.
- BRASIL. **Decreto nº 4074**, de 4 de janeiro de 2002. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2002/D4074.htm. Acesso em: jun. 2023.
- CARMO, D. L. **Quantificação e Fator de Conversão de Carbono em Matéria Orgânica Para Resíduos Orgânicos**. UFLA, Lavras – MG, 2011. (Dissertação).
- CARVALHO, M. M. X.; NODARI, E. S.; NODARI, R. O. **“Defensives” or “pesticides”? A history of the use and perception of pesticides in the state of Santa Catarina, Brazil, 1950-2002**. v. 24, n. 1, 2017. Disponível em: https://www.scielo.br/pdf/hcsm/v24n1/en_0104-5970-hcsm-24-1-0075.pdf. Acesso em: mai. 2022.
- CUNHA, G. O. M.; **Formas de alumínio em solos com altos teores trocáveis e toxidez na soja e no milho**. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, SC, 2017.
- DONAGEMA, G. K.; CAMPOS, D. V. B. de; CALDERANO, S. B.; TEIXEIRA, W. G.; VIANA, J. H. M. (Org.). **Manual de métodos de análise de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de Métodos de Análise de Solo**. 2ª ed. Ministério da Agricultura e do Abastecimento, Rio de Janeiro, 1997.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de Métodos de Análise de Solo**. 3ª ed. Ministério da Agricultura e do Abastecimento, Brasília, DF, 2017.
- EMBRAPA. **Manual de Análises Químicas de Solos, Plantas e Fertilizantes**. 2ª ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2017.
- FAO, ITPS. **Status of the World's Soil Resources (SWSR)**—technical summary. Food and Agriculture Organization of the United Nations and Intergovernmental Technical Panel on Soils, Rome, Italy, 2015.

- FELICIANO, C.A.; **Avaliação da qualidade do solo em dois diferentes sistemas de manejo orgânico e convencional**, Trabalho de conclusão de curso (dissertação de mestrado), Universidade de Araraquara, Araraquara, SP, 2018.
- GOLDIN, A. **Reassessing the use of loss-on-ignition for estimating organic matter content in noncalcareous soils**. Commun. Soil Sci. Plant. Anal., 18:1111-1116, 1987.
- GOMES, R.L.R.; SILVA, M.C.; COSTA, F.R.; JUNIOR, A. F. LIMA.; OLIVEIRA, I.P.; SILVA, D. B. Propriedades físicas e teor de matéria orgânica do solo sob diferentes coberturas vegetais. **Rev. Faculdade Montes Belos (FMB)**, v. 8, n° 5, 2015.
- GRACIANO, I. **Avaliação da saúde do solo por meio da cromatografia de Pfeiffer: aspectos metodológicos e aplicações**. **Dissertação em Agronomia**. Dissertação de Mestrado em Agronomia. Universidade Estadual do Norte do Paraná. Bandeirantes, PR, 2018.
- KOKORNACZYK, M. O. et al. Analysis of soils by means of Pfeiffer's circular chromatography test and comparison to chemical analysis results. **Biological Agriculture & Horticulture**, v. 33, n. 3, 2016.
- LEITE, J.N.F. **Formas orgânicas e inorgânicas de fósforo em função de plantas de cobertura e de adubação nitrogenada**. UNESP, Jaboticabal, 2015.
- LOPES, O. M. N.; ALVES, R. N. B.; **Adubação verde e plantio direto: alternativas de manejo agroecológico para a produção agrícola familiar sustentável**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos 212). 2005.
- MALAVOLTA, E.; **Manual de química agrícola: adubos e adubação**. 3ª Ed, Ceres, São Paulo, SP, 1992.
- MARTINAZZO, R.; **Diagnóstico da fertilidade de solos em áreas sob plantio direto consolidado**. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2006.
- MASEDA, M.T. **Desarrollo y caracterización del método de dinamolisis capilar para el análisis de suelos contaminados: estudio de los suelos de Linares**. [Development and characterization of the capillary dynamolysis method for the analysis of contaminated soils: study of the soils of Linares] [dissertation]. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid. Spanish. 2016.
- MELO, D. M. A.; REIS, E. F.; COARACY, T. N.; SILVA, W. A. O.; ARAÚJO, A. E. Cromatografia de Pfeiffer como indicadora agroecológica da qualidade do solo em agroecossistemas. **Revista Craibeiras de Agroecologia**. v. 4, n. 1, UFAL - Alagoas – AL. 2019.
- FILHO, M.V. M.; SOUZA, A.F. **Resposta do tomateiro à aplicação da calagem e da adubação fosfatada**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 26. Salvador, 1986. Resumos. Horticultura Brasileira, Brasília, 4: 61, 1986.
- OLIVEIRA, J.R.; FILHO, J. T.; BARBOSA, G.M.C. Alterações na física do solo com a aplicação de dejetos animais. **Geographia Opportuno Tempore**. Londrina. v. 2, n. 2. Edição Especial, 2016.

OLIVEIRA, W. S. et al. Métodos de interpretação para teste de qualidade em solos a partir da Cromatografia Circular Plana (FCC). **Brazilian Journal of Animal and Environmental**, v. 3, n. 3, 2020.

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

PILON, L.C.; CARDOSO, J.H.; MEDEIROS, F.S. **Guia prático de cromatografia de Pfeiffer**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, (Documentos / Embrapa Clima Temperado, ISSN 1516-8840, n. 455. 2018.

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

PINHEIRO, S. M.; SANTOS, R. S.; KUSS, A. V. Aplicação da Cromatografia Circular de Pfeiffer utilizando diferentes papéis filtro para avaliação de amostras de solo obtidas em propriedades rurais do sul do Estado do Rio Grande do Sul. **XXVII Congresso de Iniciação Científica**, 2018.

PRIMAVESI, A. **Pergunte ao solo e às raízes**: Uma análise do solo tropical e mais de 70 casos resolvidos pela agroecologia. I ed., São Paulo: Nobel, 2014.

PRIMAVESI, Ana. **Manejo ecológico do solo**; a agricultura em regiões tropicais, 1984.
PRIMAVESI, Ana. **Manual do solo vivo**. São Paulo: Expressão Popular, 2016

RAMOS R.F, Sobucki L., Rohrig B., Ludwig J., Daroit D.J. Diversidade funcional de bactérias isoladas de solos rizosférico e não rizosférico em cultura de milho. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v.17, n. 3, 2018.

RIVERA, J. R. **Manual de Agricultura Orgânica Curso teórico-prático do ABC da Agricultura Orgânica**: Remineralização e Recuperação da Saúde dos Solos; Microbiologia dos Solos e Técnica da Cromatografia de Pfeiffer, 2014.

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

ROBERTS, T. L.; RYAN, J. **Solo e segurança alimentar**. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, 2015.

SILVA, B. M. **Qualidade do solo pelo método da cromatografia de Pfeiffer**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Oeste da Bahia. Guanambi, Ba. 2019.

SIQUEIRA, I. **Avaliação da fertilidade e vitalidade do solo pela cromatografia de Pfeiffer e seu potencial para motivar manejos agroecológicos**. Trabalho de conclusão de especialização em: Especialização em Agricultura Familiar e Educação do campo. Santa Maria, RS. 2016.

SIQUEIRA, J. B. **Uma metodologia de auxílio à interpretação da qualidade do solo por meio da cromatografia de Pfeiffer**. Monografia em Engenharia Florestal. Universidade Federal de São Carlos: Sorocaba. 2018.

SKOOG, D. A. et al. **Fundamentos de química analítica**. 8^a ed. Thomson, 2006.

SOBRAL, L.F.; BARRETO, M.C.V.; SILVA, A.J.; ANJOS, J.L.; **Guia prático para interpretação de resultados de análises de solo**, 1^a Ed, EMBRAPA, Aracaju, SE, 2015.

SOUZA, A. R. L.; MACHADO, J. A. D.; DALCIN, D. Análise de estudos internacionais sobre os fatores que influenciam a decisão dos agricultores pela produção orgânica. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente. Maringá**, v. 8, n. 3, 2015. Disponível em: <http://periodicos.unicesumar.edu.br/index.php/rama/article/view/3569/2653>. Acesso em: ago. 2022.

SOUZA, Â. R. L.; MACHADO, J. A. D.; DALCIN, D. Análise de estudos internacionais sobre os fatores que influenciam a decisão dos agricultores pela produção orgânica. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente. Maringá**, v. 8, n. 3, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.17765/2176-9168.2015v8n3p563-583>. Acesso em: mai. 2022.

SUGUIO, K. **Introdução à sedimentologia**. São Paulo: Edgard Blücher, 1973.

VALENZUELA, P.; SOLEDAD, M. S.; ARAYA, G. I.; PARIS, E. Pediatria ambiental: um tema emergente. **Jornal de Pediatria**, v. 87, n. 2, 2011. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0021-75572011000200003. Acesso em: mai. 2022.

WOLEJKO, E.; TRYPUC, A. J.; WYDRO, U.; BUTAREWICZ, A.; LOZOWICKA, B. Soil biological activity as an indicator of soil pollution with pesticides – A review. **Applied Soil Ecology**, v. 147, n.103356, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2019.09.006>. Acesso em: jul. 2023.