



Campus Ariquemes
Coordenação do Curso Bacharelado em Agronomia

HELBER KAUÃ SILVA SANTOS

**QUALIDADE DE SOLOS SOB CULTIVO DE HORTALIÇAS DETERMINADA POR
CROMATOGRAFIA DE PFEIFFER NA AGRICULTURA FAMILIAR NO VALE DO
JAMARI- RO**

ARIQUEMES - RO

2026

HELBER KAUÃ SILVA SANTOS

**QUALIDADE DE SOLOS SOB CULTIVO DE HORTALIÇAS DETERMINADA POR
CROMATOGRAFIA DE PFEIFFER NA AGRICULTURA FAMILIAR NO VALE DO
JAMARI- RO**

Artigo entregue como Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia (IFRO), *Campus* Ariquemes, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel, junto ao Curso de Agronomia, sob a orientação da professora Dra. Ludmila de Freitas e Coorientador professor Dr. Ivanildo Amorim de Oliveira.

ARIQUEMES - RO

2026

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema Gerador de Ficha Catalográfica do IFRO.

Santos, Helber Kauã Silva.

Qualidade de solos sob cultivo de hortaliças determinada por cromatografia de Pfeiffer na agricultura familiar no Vale do Jamari- RO / Helber Kauã Silva Santos. - Ariquemes, 2026.

21 f. : il.

Orientador(a): Prof^{ra}. Dra. Ludmila de Freitas.

Coorientador(a): Prof. Dr. Ivanildo Amorim de Oliveira.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia - IFRO, Ariquemes, 2026.

1. Sustentabilidade. 2. Saúde do solo. 3. Metodologia qualitativa . 4. Baixo custo. . I. Freitas, Ludmila de (orient.). II. Oliveira, Ivanildo Amorim de (coorient.). III. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia - IFRO. IV. Título.

Bibliotecário(a) Responsável: Renilce Silva Moraes, CRB-11/906

HELBER KAUÃ SILVA SANTOS

**QUALIDADE DE SOLOS SOB CULTIVO DE HORTALIÇAS DETERMINADA POR
CROMATOGRAFIA DE PFEIFFER NA AGRICULTURA FAMILIAR NO VALE DO
JAMARI- RO**

Artigo entregue como Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia (IFRO), *Campus* Ariquemes, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel, junto ao Curso de Agronomia, sob a orientação da professora Dra. Ludmila de Freitas e Coorientador professor Dr. Ivanildo Amorim de Oliveira.

Aprovado em: 30 / 06 / 2026 pela banca examinadora.

Documento assinado digitalmente



JUSLEI FIGUEIREDO DA SILVA
Data: 10/07/2026 21:20:20-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Membro da Banca

Documento assinado digitalmente



ACACIO BEZERRA DE MIRA
Data: 11/07/2026 11:12:02-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Membro da Banca

Documento assinado digitalmente



LUDMILA DE FREITAS
Data: 08/07/2026 19:07:24-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Orientador

Documento assinado digitalmente



IVANILDO AMORIM DE OLIVEIRA
Data: 10/07/2026 19:17:47-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Coorientador

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus, por conceder-me força, sabedoria e discernimento ao longo desta trajetória. À minha família, em especial aos meus pais, Anilton Souza Santos e Marta Maria da Silva Santos, expresso minha profunda gratidão pelo amor, apoio incondicional, paciência e incentivo constantes. À minha orientadora, Dra. Ludmila de Freitas, e ao meu coorientador, Dr. Ivanildo Amorim de Oliveira, pela dedicação, orientação e valiosos ensinamentos durante o desenvolvimento deste trabalho. Aos meus amigos, pelo companheirismo e apoio em todos os momentos. Ao Grupo de Pesquisa Solo e Água em Ambientes Amazônicos (GPSAAM), pelo acolhimento, apoio científico e disponibilidade para a realização das análises laboratoriais. Por fim, ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia (IFRO), pela formação acadêmica.

OBSERVAÇÃO

O presente trabalho se trata de um artigo publicado em periódico científico, sendo assim, o mesmo se encontra indexado conforme as normas exigidas pela revista Caderno Pedagógico.

Qualidade de solos sob cultivo de hortaliças determinada por Cromatografia de Pfeiffer na agricultura familiar no Vale do Jamari- RO

Soil Quality under vegetables cultivation determined by Pfeiffer Chromatography in family farming in Vale do Jamari- RO

Calidad del suelo bajo cultivo de hortalizas determinada por Cromatografía Pfeiffer en agricultura familiar en Vale do JamariRO

DOI: 10.54033/cadpedv21n7-210

Originals received: 06/21/2024
Acceptance for publication: 07/12/2024

Helber Kauã Silva Santos

Graduando em Agronomia

Instituição: Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Rondônia

Endereço: Ariquemes, Rondônia, Brasil

E-mail: kauanapoleao901@gmail.com

Ruan Gabriel Vagmakre

Graduando em Agronomia

Instituição: Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Rondônia

Endereço: Ariquemes, Rondônia, Brasil

E-mail: ruan.g@estudante.ifro.edu.br

Simone Auxiliadora de Oliveira Felix

Graduanda em Agronomia

Instituição: Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Rondônia

Endereço: Ariquemes, Rondônia, Brasil

E-mail: siimone.felixx@gmail.com

Rafael Gatto de Moraes

Graduando em Agronomia

Instituição: Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Rondônia

Endereço: Ariquemes, Rondônia, Brasil

E-mail: r.gatto@estudante.ifro.edu.br

Thiago Sena de Oliveira

Graduando em Agronomia

Instituição: Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Rondônia

Endereço: Ariquemes, Rondônia, Brasil

E-mail: thiagosena4793@gmail.com

Marcos Aparecido Duarte Junior

Graduando em Agronomia

Instituição: Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Rondônia

Endereço: Ariquemes, Rondônia, Brasil

E-mail: marcosduartejunior1@gmail.com

Valéria Polese

Doutora em Fitotecnia

Instituição: Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Espírito Santo

Endereço: Colatina, Espírito Santo, Brasil

E-mail: valeria.polese@ifes.edu.br

Ivanildo Amorim de Oliveira

Doutor em Ciência do Solo

Instituição: Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Rondônia

Endereço: Ariquemes, Rondônia, Brasil

E-mail: ivanildo.oliveira@ifro.edu.br

Ludmila de Freitas

Doutora em Ciência do Solo

Instituição: Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Rondônia

Endereço: Ariquemes, Rondônia, Brasil

E-mail: ludmila.freitas@ifro.edu.br

RESUMO

A qualidade do solo tem efeitos na produtividade dos ecossistemas e nos ambientes a ele relacionados. O objetivo do trabalho foi consolidar o uso da Cromatografia de Pfeiffer como ferramenta de avaliação da qualidade de solos, sob cultivo de hortaliças na agricultura familiar no Vale do Jamari- RO. Foram realizadas coletas em 10 áreas com produção de hortaliças e realizado a Cromatografia de Pfeiffer dos solos dos Assentamento Madre Cristina, Migrantes e Zenon, nos municípios de Ariquemes e Monte Negro-RO. As análises foram realizadas no laboratório de solos do IFRO- *Campus* Ariquemes. Para a avaliação qualitativa utilizaram-se os parâmetros: cor, integração entre zonas, radiações, atividade biológica e terminações, aos quais foram atribuídos escores. Também, foram utilizadas categorias expressas através de semáforos com cores distintas e legendas. O solo com melhor qualidade foi observado na horta 6, apresentando maiores valores para o parâmetro “integrações entre zonas” e, de

modo geral, foi a horta com qualidade do solo (coloração azul) mais satisfatória em relação aos critérios analisados, enquanto a horta 7 apresentou os menores valores de qualidade do solo, com bons resultados quanto as terminações e atividade biológica. A horta 9 obteve qualidade suficiente para a saúde do solo, com coloração amarela dos semáforos. Conclui-se que a Cromatografia de Pfeiffer enquanto instrumento metodológico avaliador da qualidade do solo, se demonstra eficiente e aplicável devido à sua sensibilidade na avaliação dos atributos físicos, químicos e biológicos inerentes à saúde e vida do solo, com potencialidade de uso por agricultores familiares.

Palavras-chave: Sustentabilidade. Saúde do Solo. Metodologia Qualitativa. Baixo Custo.

ABSTRACT

Soil quality has effects on the productivity of ecosystems and related environments. The objective of the work was to consolidate the use of Pfeiffer Chromatography as a tool for evaluating soil quality, under vegetable cultivation in family farming in Vale do Jamari-RO. Collections were carried out in 10 areas with vegetable production and Pfeiffer Chromatography was carried out on the soils of the Madre Cristina, Migrantes and Zenon Settlements, in the municipalities of Ariquemes and Monte Negro-RO. The analyzes were carried out in the soil laboratory at IFRO- *Campus* Ariquemes. For the qualitative assessment, the following parameters were used: color, integration between zones, radiation, biological activity and terminations, to which scores were assigned. Also, categories expressed through traffic lights with different colors and captions were used. The soil with the best quality was observed in garden 6, presenting higher values for the parameter "integrations between zones" and, in general, it was the garden with the most satisfactory soil quality (blue color) in relation to the analyzed criteria, while the garden 7 presented the lowest soil quality values, with good results regarding terminations and biological activity. Garden 9 obtained sufficient quality for soil health, with yellow coloration of traffic lights. It is concluded that Pfeiffer Chromatography as a methodological instrument for evaluating soil quality, proves to be efficient and applicable due to its sensitivity in evaluating the physical, chemical and biological attributes inherent to the health and life of the soil, with potential for use by family farmers.

Keywords: Sustainability. Soil Health. Qualitative Methodology. Low Cost.

RESUMEN

La calidad del suelo tiene efectos sobre la productividad de los ecosistemas y ambientes relacionados. El objetivo del trabajo fue consolidar el uso de la Cromatografía Pfeiffer como herramienta para evaluar la calidad del suelo, en el cultivo de hortalizas en la agricultura familiar del Vale do Jamari-RO. Se realizaron colectas en 10 áreas con producción vegetal y Cromatografía Pfeiffer en los suelos de los Asentamientos Madre Cristina, Migrantes y Zenón, en los municipios de Ariquemes y Monte Negro-RO. Los análisis se realizaron en el laboratorio de suelos de IFRO-Campus Ariquemes. Para la evaluación cualitativa

se utilizaron los siguientes parámetros: color, integración entre zonas, radiación, actividad biológica y terminaciones, a los que se les asignó puntuación. Además, se utilizaron categorías expresadas a través de semáforos con diferentes colores y leyendas. El suelo de mejor calidad se observó en el jardín 6, presentando valores más altos para el parámetro “integraciones entre zonas” y, en general, fue el jardín con la calidad de suelo más satisfactoria (color azul) en relación a los criterios analizados. , mientras que el huerto 7 presentó los valores más bajos de calidad del suelo, con buenos resultados en cuanto a terminaciones y actividad biológica. El Jardín 9 obtuvo calidad suficiente para la salud del suelo, con coloración amarilla de semáforo. Se concluye que la Cromatografía Pfeiffer como instrumento metodológico para evaluar la calidad del suelo, demuestra ser eficiente y aplicable debido a su sensibilidad en la evaluación de los atributos físicos, químicos y biológicos inherentes a la salud y vida del suelo, con potencial para uso familiar. agricultores.

Palabras clave: Sustentabilidad. Salud del Suelo. Metodología Qualitativa. Bajo Costo.

1 INTRODUÇÃO

O solo é um recurso natural vital para o funcionamento do ecossistema terrestre, e é representado por um balanço entre os fatores e propriedades físicas, químicas e biológicas. O solo equilibrado e de boa qualidade proporciona à planta um desenvolvimento vigoroso e condições para a planta expressar todo seu potencial genético de produção (Araújo; Monteiro, 2007). Desta forma, avaliar a qualidade do solo (QS) torna-se importante para monitorar a sua degradação, bem como, planejar a implantação de práticas sustentáveis de manejo.

O conceito de QS é relativamente recente, não havendo uma definição concreta e consensual, razão da existência de múltiplas definições, mas baseadas, em sua maioria, na utilização do solo pelo homem para fins agrícolas e relacionadas com as funções do solo em ecossistemas naturais e agrícolas (Karlen *et al.*, 1997). No presente, nenhum método isolado tem sido amplamente aceito para atribuir um índice de qualidade ao solo, haja vista, que o solo é um ambiente complexo, onde interagem inúmeros processos químicos, físicos e biológicos os quais estão constantemente em fluxo, e são de natureza heterogênea e, frequentemente, de difíceis medições.

A avaliação da QS através da Cromatografia de Pfeiffer (CP) tem demonstrado ser uma animadora ferramenta, por ser de baixo custo, o que facilita o acesso direto dos agricultores e por apresentar, a princípio, formas simples de avaliação, o que também contribui para a autonomia do agricultor no processo de identificação da qualidade dos seus solos (Graciano, 2018). Com a CP, é possível avaliar os componentes minerais, orgânicos e protéicos, possibilitando quando necessário, ajustes de manejo.

Vale ressaltar que os métodos laboratoriais, ainda que constituam importantes ferramentas para estabelecer o manejo específico do solo e sejam bastante exatos e precisos, são muitas vezes de difícil utilização devido ao custo e tempo. A necessidade de diagnóstico rápido e confiável da QS conduziu ao desenvolvimento de estudos baseados na avaliação visual de atributos que indiquem sua qualidade. Dessa forma, referencia-se a CP, que pode ser utilizada como um instrumento para análise da QS, principalmente nos sistemas agroecológicos, dado que permite uma visão holística e integrada dos processos dinâmicos do solo como organismo vivo (Graciano, 2018), principalmente por ser de fácil acesso e uso, e de baixo custo (Pilon *et al.*, 2018).

Diante do exposto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a QS para a produção de hortaliças em Assentamentos no município de Ariquemes e Monte Negro, estado de Rondônia, através da Cromatografia de Pfeiffer, no intuito de orientar a tomada de decisões para o uso e manejo dos solos.

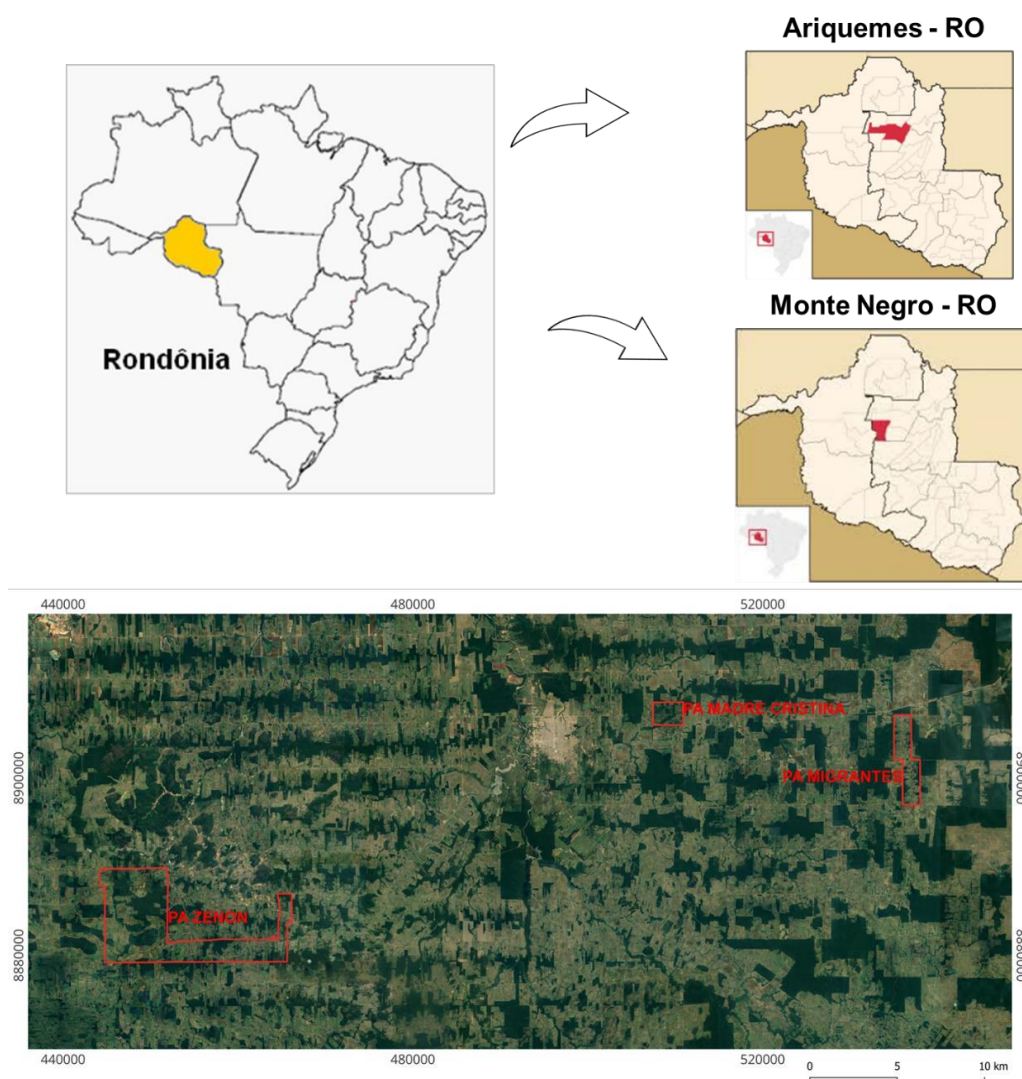
2 METODOLOGIA

2.1 CARACTERIZAÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDO

As áreas de estudo estão localizados no Assentamento Madre Cristina e no Assentamento Migrantes, no município de Ariquemes, e no Assentamento Zenon, no município de Monte Negro, no estado de Rondônia, região do Vale do Jamari (Figura 1). O trabalho faz parte de uma iniciativa do projeto GeoRondônia que marca a primeira parceria entre o Instituto Federal de Rondônia (IFRO) e o Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA) por meio do TED (Termo de Execução Descentralizada) nº 20/2021/DF/SEDE/INCRA-IFRO. As

classes de solos que predominam nos locais são Latossolos e Argissolos, sendo o clima segundo classificação de Köppen, pertencente ao grupo A (Clima Tropical Chuvoso), e tipo climático, quente e úmido, com temperatura média de 25°C, com precipitação média anual de 2.290 mm, umidade relativa do ar uma média de 81,02% e cobertura vegetal predominante é a Floresta Tropical Densa e Aberta (Brasil, 1978).

Figura 1 – Localização das áreas de estudos, no estado de Rondônia.



Fonte: Os autores (2024) adapta de Adaptado de Bianchini *et al.* (2014).

2.2 METODOLOGIA DE CAMPO E CARACTERIZAÇÃO TEXTURAL DOS SOLOS

As coletas de solo foram realizadas em 10 (dez) áreas para a produção de hortaliças, sendo 5 (cinco) hortas no Assentamento Madre Cristina (hortas 1,

2, 3, 4 e 5), 1 (uma) no Assentamento Migrantes (horta 6) e 4 (quatro) hortas no Assentamento Zenon (hortas 7, 8, e e 10). Destaca-se que as horta 3, 7, 6 e 9 estavam sendo cultivadas com hortalias, e a demais, cultivadas com solos sem cultivo, nos quintais das casas dos moradores. Foram coletadas aleatoriamente 4 (quatro) amostras compostas deformadas na camada de 0,0-0,20 m de profundidade nas áreas destinadas à produção de hortícolas, com auxílio de enxadão. Após a coleta, as amostras de solo foram secas à sombra, peneiradas e encaminhadas para o laboratório.

A caracterização física dos solos estudados está apresentada na Tabela 1. As áreas de horta 5 e 9 apresentaram textura arenosa, enquanto, as áreas de horta 1, 2, 7 e 8 apresentaram textura média, sendo as duas últimas, com textura próxima a arenosa. As demais áreas (horta 3, 4 e 6) apresentaram textura argilosa.

Tabela 1 – Caracterização física dos solos estudados.

Áreas	Textura do solo		
	Areia (g kg ⁻¹)	Silte (g kg ⁻¹)	Argila (g kg ⁻¹)
Horta 1	531,34	186,58	282,07
Horta 2	549,77	179,33	270,90
Horta 3	361,80	199,92	438,28
Horta 4	310,32	312,41	377,28
Horta 5	742,27	124,53	133,30
Horta 6	270,82	222,83	506,33
Horta 7	687,79	133,12	179,25
Horta 8	694,54	133,09	172,38
Horta 9	715,38	136,35	148,28
Horta 10	564,00	175,50	260,40

Fonte: Os autores (2024).

2.3 ANÁLISE POR MEIO DA CROMATOGRAFIA DE PFEIFFER

Os procedimentos para a Cromatografia de Pfeiffer (CP) foram realizados no Laboratório de Solos do IFRO *Campus* Ariquemes, do Grupo de Pesquisa Solo e Água em Ambientes Amazônicos. Para o preparo das amostras foi utilizado o papel-filtro circular Jprolab® 41 de 15,00 cm, onde foi realizado uma impregnação com substância foto-reativa de nitrato de prata (AgNO₃) a 0,5% (solução preparada) e colocadas para secar no escuro. O papel-filtro circular foi marcado em três locais, no centro, e 4,00 cm e 6,00 cm do centro. O centro foi

perfurado com orifício de 2 mm e os pontos 4,00 e 6,00 cm com uma agulha. Uma segunda folha de papel filtro foi quadriculada de 2,00 cm x 2,00 cm e depois de recortada, essas quadriculas são enroladas num prego (12x12) formando pequenos cilindros de papel que foram colocados, posteriormente, no orifício central do papel filtro, onde se dá a absorção da solução de AgNO_3 e do sobrenadante de solo, respectivamente, para a formação do cromatograma do solo.

Para a impregnação dos filtros com AgNO_3 se deu por meio dos rolos de papéis colocados no centro do filtro, utilizando dois recipientes, em que, o menor foi colocado dentro do maior e centralizado, com a solução de nitrato de prata. No menor foi colocado 0,40 mL da solução, aguardou-se que fosse impregnado até os 4,00 cm previamente marcados, e aguardou-se que secassem sem contato com a luz.

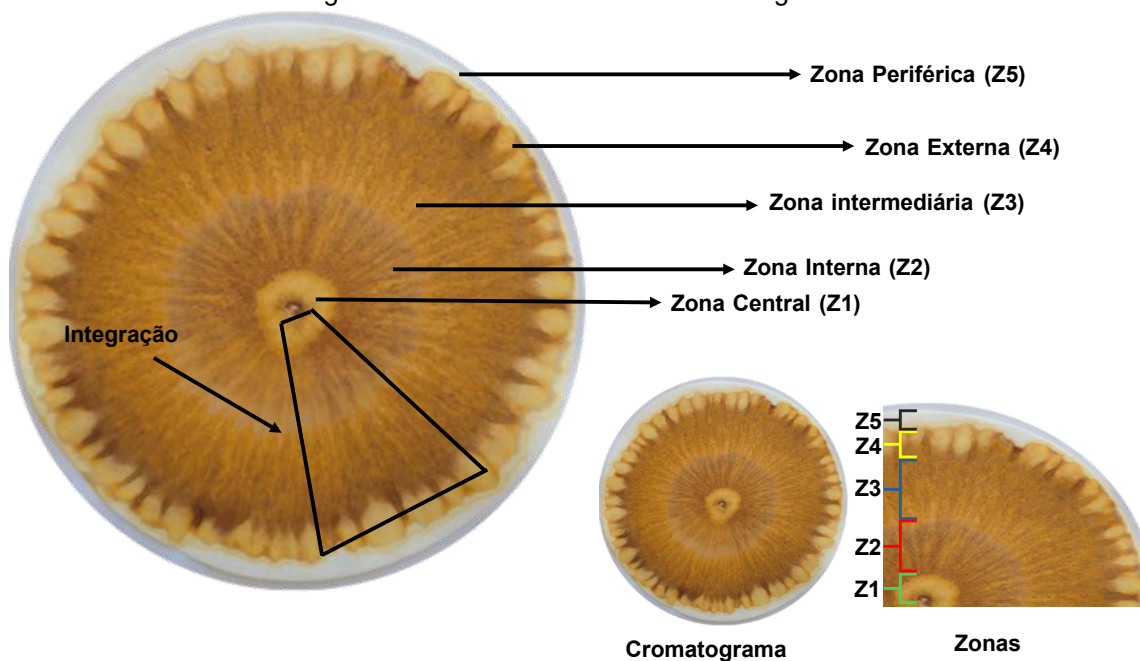
As amostras de solos foram maceradas, pesadas 5 gramas e solubilizadas em 50 mL no extrator de hidróxido de sódio (NaOH) a 1%, agitou-se de forma circular por seis vezes para a direita e para esquerda, descansando por quinze minutos, e agitou-se novamente por seis vezes, repetindo o mesmo procedimento após meia hora e uma hora.

Após as 6 horas com as amostras em repouso foi coletado o sobrenadante de cada amostra e colocadas em contato com o papel-filtro impregnado, sendo separadas por capilaridade as frações do solo. Para isso, com uma pipeta foram retirados 1,25 mL do sobrenadante da solução, que foi colocada sobre um recipiente de vidro menor dentro de um maior, onde um novo rolo de papel foi colocado no centro do papel impregnado com nitrato de prata para que a solução de solo fosse impregnada até a marca dos 6,00 cm. Após desse processo, o rolo foi retirado e o filtro foi colocado para secar e revelar as informações sob luz difusa. O processo de revelação durou aproximadamente uma semana. Dessa forma, os componentes do solo vão se separando por capilaridade e formando a figura cromatográfica (Pinheiro, 2015). O arquivamento dos cromatogramas foi realizado após a revelação dos cromatogramas, por meio de escâner das imagens que foram digitalizadas.

2.4 INTERPRETAÇÃO DOS CROMATOGRAMAS E FORMA DE ANÁLISES DOS RESULTADOS

Como forma de análise dos resultados, as figuras geradas foram divididas em zonas (do centro à extremidade) e a ligação entre zonas (abrupta ou gradativa), como exemplificado na Figura 2. A precipitação desta reação ocorre a várias distâncias do ponto de aplicação. A distância, o padrão, a cor e a forma de reação na área que são significativas, usou-se a interpretação das substâncias contidas no extrato (Pfeiffer, 1984).

Figura 2 - Divisão em zonas no cromatograma



Fonte: Os autores (2024) e adaptado de Rivera e Pinheiro (2011).

Desse modo, através de uma escala cromatográfica foi levado em consideração cinco aspectos para determinar a fertilidade e a saúde do solo: cor geral do cromatograma; forma e cor da zona central, forma e complexidade das formações radiais; interação entre as principais zonas formadas no cromatograma, forma e características relacionadas a zona externa e suas terminações (Rivera; Pinheiro, 2011). O significado de cada uma das zonas foram avaliados, conforme Pilon, Cardoso e Medeiros (2018), a seguir:

- 1) *Zona Central ou Zona 1 (Z1)*: zona da atividade mineral, processos de mineralização, oxigenação e sistema poroso do solo.
- 2) *Zona interna ou Zona 2 (Z2)*: zona da química do solo. Relaciona-se com atividade microbiológica (fungos e bactérias); observa-se aqui também a textura do solo e propriedades da argila.
- 3) *Zona intermediária ou Zona 3 (Z3)*: zona da matéria orgânica do solo. Refere-se também à zona da fauna do solo.
- 4) *Zona externa ou Zona 4 (Z4)*: zona do alimento potencial do solo, também zona do húmus disponível e atividade enzimática/microbiológica. Borda externa: zona de manipulação e identificação do croma. Região não atingida pelas soluções reagentes.
- 5) *Zona periférica ou Borda externa (Z5)*: Localizada entre a zona externa e a borda do filtro, onde localiza-se a identificação da amostra e outras informações.

Posteriormente, todos os padrões, gerados pela CP, obtidos na presente atividade, conforme Melo *et al.* (2019a), foram avaliados em três zonas em forma de anel localizadas em torno da perfuração, a seguir: central (i) - *zona central* (ZC), caracterizada pelo seu tamanho e pela cor clara a claro cremoso, apontando questões inerentes a estrutura do solo; interna (ii) - *zona interna* (ZI), zona mineral e da matéria orgânica, definida com ou sem integração com as zonas anterior e posterior, e, na periferia do padrão; externa (iii) - *zona externa* (ZE), zona da atividade e diversidade microbiana e atividade húmica, presença de dentes diversificados e/ou, em muitos casos, apenas deficientemente visível.

Para facilitar a interpretação dos cromas, foi utilizada uma escala cromatográfica, conforme Melo *et al.* (2019a). Nesta escala, consideraram-se as zonas do cromatograma e sua harmonia entre elas, utilizando um sistema de cores para estabelecer as categorias que traduzem, de forma pictórica, a interpretação dos cromatogramas: as categorias 1 e 2 correspondem ao vermelho (deficiente), 3 ao amarelo (suficiente), 4 ao verde (bom) e 5 ao azul (excelente). Para à análise da interpretação dos cromatogramas foram considerados os critérios usados por Rivera e Pinheiro (2011) e Pinheiro (2015).

De acordo com a metodologia preconizada por Rivera e Pinheiro (2011), foram elaborados escores de 0 a 10 para os parâmetros diagnósticos, demonstrados no Quadro 1, conforme metodologia de Matos e Santos (2021).

Essa avaliação foi executada para cada um dos cromatogramas por dois avaliadores, a fim de evitar dados tendenciosos, e posteriormente calculada a média entre os escores atribuídos. Os avaliadores, pesquisadores colaboradores do estudo, possuíam conhecimento sobre a metodologia de Pfeiffer e interpretação de cromatogramas.

Quadro 1 - Variáveis diagnósticas e escores considerados para avaliação quantitativa.

Variável	Descrição	Escore				
		0	1-4	5	6-9	10
Cor	Ideal cores marrons e vivas	Negro, cinza, pardo ou muito escuro, lilás, violeta ou azuladas	Cores que remetem ao café, sem muito brilho e vivacidade	Café muito claro ou muito escuro	Aspecto amarelo ou dourado com brilho	Amarelo, dourado, alaranjado, avermelhado, marrom claro e esverdeado (cores vivas)
Terminações	A presença de terminações em forma de explosão e manchas enzimáticas indicam intensa atividade biológica no solo e disponibilidade de nutrientes (manchas entre dentes)	Plana, circular e sem borda, dentes de cavalo, dentes pontiagudos, forma de agulhas irregulares, forma de grão de milho.	Presença de manchas enzimáticas, mas que não chegam na metade da zona externa	Apresentando-se ao menos parcialmente em forma de explosão e manchas enzimáticas	Presença em grande parte de manchas e explosões que chegam até a borda da zona externa, com cor marcante	Apresentando-se totalmente em forma de explosão e manchas enzimáticas
Radiações	Caminhos sinuosos altamente ramificados lembrando penas é a condição ideal	Completamente ausentes	Presença de formação do tipo agulha, em maior ou menor grau	Formação de linhas retas e/ou caminhos sinuosos ramificados (aspecto de pena) não tão bem demarcados	Presença em grande parte de ramificações do tipo pena bem espessas	Formação de caminhos sinuosos ramificados terminando em pequenas nuvens ou pontos de cor marrom suave.
Integração entre zonas	As zonas devem apresentar integração harmoniosa	Ausência de integração	Integração entre 1 ou 2 zonas, com limites visíveis e marcantes	Integração parcial entre algumas zonas	Integração entre 4 zonas e limites visíveis	Integração total entre zonas

Atividade biológica	Nas extremidades do cromatograma devem aparecer manchas e pontuações de cor marrons indicando atividade enzimática	Ausência de nuvens ou pontos (bolinhas) de cor marrom suave na porção terminal das ramificações.	Poucas nuvens ou pontos nas porções terminais das ramificações	Presença mediana	Presença de manchas, nuvens ou pontuações em grande parte da zona externa	Presença próxima à totalidade
----------------------------	--	--	--	------------------	---	-------------------------------

Fonte: Adaptado de Matos e Santos (2021).

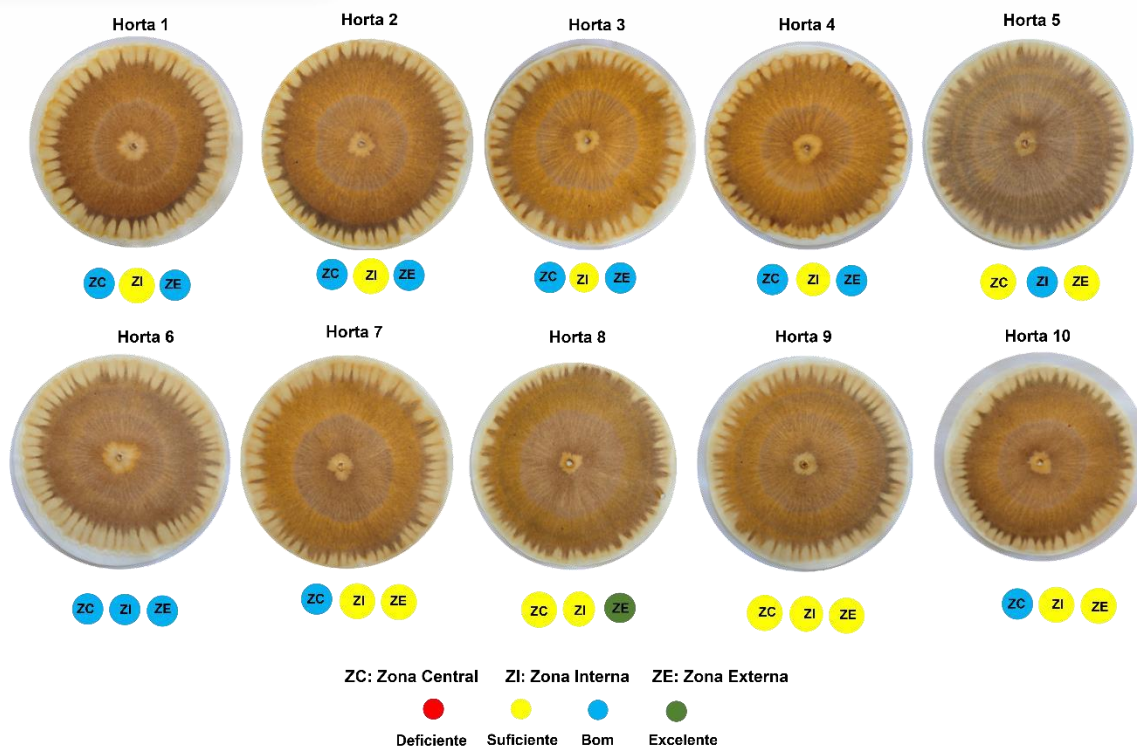
Com as médias dos dados, foram gerados gráficos do tipo “radar”, comparando-se os resultados encontrados nas áreas de produção de hortaliças. Ressalta-se que para cada uma das 10 hortas (áreas amostrais) foram realizados quatro cromatogramas para verificar a repetitividade dos padrões.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 DESCRIÇÃO QUALITATIVA DOS CROMATOGRAMAS

A análise dos cromatogramas das diferentes áreas para a implantação de hortas avaliadas (Figura 3) possibilitou a verificação de que houve variâncias entre as unidades.

Figura 3 - Cromatogramas das áreas com cultivo da horta avaliadas.



Nas amostras coletadas no assentamento Madre Cristina (horta de 1 a 5), e a horta 6 do Assentamento Migrantes, observou-se que todas possuem a zona central (ZC) com a coloração creme integrada à zona interna, indicando desta forma boa aeração e estrutura com reentrâncias nas zonas sequenciais, sendo classificadas com a cor azul, a exceção da horta 5, com relação ao tamanho e coloração da ZC (Figura 3). Ressalta-se que as áreas avaliadas, no Assentamento Madre Cristina são manejadas somente com ferramentas manuais, sendo que os resíduos das culturas são depositados nos solos para servirem de cobertura morta, o que influencia diretamente a aeração e a estrutura do solo. Essas condicionantes da CP são ótimos indicadores do uso e da qualidade do solo devido à sua sensibilidade às práticas de manejo adotadas no assentamento.

Já nas amostras coletadas no Assentamento Zenon, observa-se que ZC apresentou halo menos espesso, com exceção das hortas 6, 7 e 10 com halo mais espesso o que representa boa qualidade (pode ser observado pelo maior tamanho da zona central). Esse fato indica resultados positivos para a estrutura

do solo, boa aeração e, conseqüentemente melhor troca de oxigênio e gás carbônico do solo com a atmosfera (Pinheiro, 2015). Essas condições são constatadas pelo tamanho e pela coloração da ZC (Figura 3). Conforme destacado por Melo *et al.* (2019b), a estrutura é boa indicadora do uso e qualidade do solo devido a sua sensibilidade às práticas de manejo adotadas, sendo expressa na primeira zona do cromatograma.

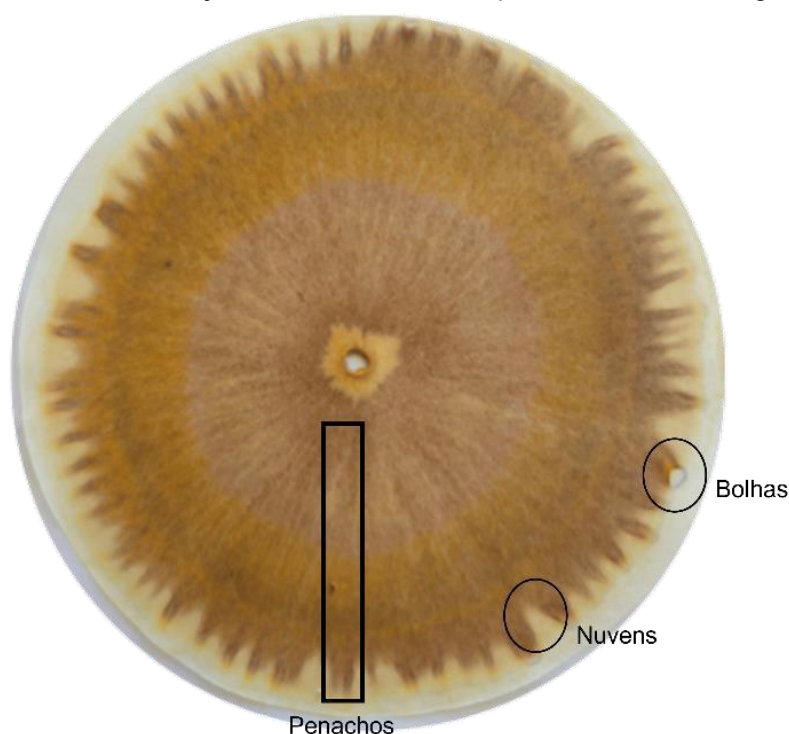
Na zona interna (ZI), avaliando os cromatogramas do Assentamento Madre Cristina, a qual é a zona mineral e da matéria orgânica, as 4 primeiras hortas obtiveram coloração do semáforo amarelo, possuindo moderada integração com as demais zonas e favorecendo, minimamente, a disponibilidade de minerais e a presença da matéria orgânica (Figura 3). A horta 5, obteve semáforo com coloração azul, indicando boas condições de metabolismo mineral e presença de matéria orgânica no solo, fatores primordiais para a saúde do solo (Miranda *et al.*, 2018), podendo ser notado pelos radiais. A ZI apresentou integração com as demais zonas, com terminações irregulares, caracterizando assim presença de matéria orgânica na forma de húmus. Houve ainda a formação de dentes e terminações que se iniciam desde a ZI que seguiram até a ZE.

Nos cromatogramas do Assentamento Zenon, ao avaliar a ZI, todas obtiveram coloração do semáforo amarelo, com suficiente integração entre a ZC e ZE (Figura 3). A qualidade dos solos também pode ser identificada pela vivacidade das cores dos cromatogramas, passando de um marrom escuro opaco para uma cor mais viva (Rivera; Pinheiro, 2011; Melo *et al.*, 2019a).

Em relação a zona externa (ZE), que indica a atividade enzimática, no Assentamento Madre Cristina, as hortas, com exceção da horta 5, obtiveram coloração do semáforo azul, indicando ser boa, a presença e diversidade de microrganismos do solo (Figura 3). Este resultado aponta para boa formação dos dentes e as núvens de húmus, indicando boa atividade proteica de enzimas. A horta 5, apresentou-se com coloração amarela, revelando radiação em forma de flechas, com terminações pontiagudas, que pouco se conectam com a zona seguinte, que se manifestou na imagem com tamanho grande e com desenhos mais achatados, indicando pouco acúmulo de matéria orgânica. Já o

Assentamento Zenon, seguiu-se a mesma tendência, porém, percebe-se que a horta 8, a qual possuem formação de bolhas e penas mais grossas, conforme destaque na Figura 4. Ressalta-se que, a formação de nuvens ou ondas, com os caminhos em formato de penas desde a zona interna se encerrando nas bordas do cromatograma, pode ser indicativo de que a microbiologia do solo, matéria orgânica e os nutrientes encontram-se em bons estados, e o solo em questão é saudável e propício para produção sustentável de alimentos (Restrepo; Pinheiro 2011).

Figura 4 – Demonstração de bolhas, nuvens e penachos no cromatograma.



Fonte: Os autores (2024).

Já para a horta 6, do Assentamento Migrantes, notou-se a coloração azul para as três zonas, indicando solo de boa qualidade para todos os parâmetros analisados, com características de um solo em melhor equilíbrio, com presença de radiações semelhantes a plumas e principalmente transição suave entre algumas zonas. Ressalta-se que essa horta possui solo argiloso, o que favorece o maior acúmulo de matéria orgânica, maior estabilidade de agregados e porosidade dos solos (Araújo, Tormena; Silva, 2004; Genu, Demattê, Nanni, 2013; Oliveira *et al.*, 2018).

Por fim, a cromatografia mostrou ser uma ferramenta eficaz para avaliar a qualidade do solo, com outra perspectiva de visualizar a dinâmica do solo e sua interação entre a física, química e biologia do solo.

3.2 VARIÁVEIS DIAGNÓSTICAS E PONTUAÇÕES

Ao analisar os cromatogramas das 10 hortas estudadas, verificou-se a pontuação de cada uma delas conforme a variável apresentada, a qual receberam pontuações por escores de acordo com a metodologia de Matos e Santos (2021), conforme o Tabela 2. Faz-se necessário destacar que a repetição adotada para interpretação dos cromatogramas mostrou que o método é acurado, dado que no método de interpretação adotado os critérios analisados não apresentaram variações que fossem significativas para os resultados, não influenciando na média do ponto amostra.

Tabela 2 – Distribuição das pontuações dos escores da cromatografia das áreas estudadas.

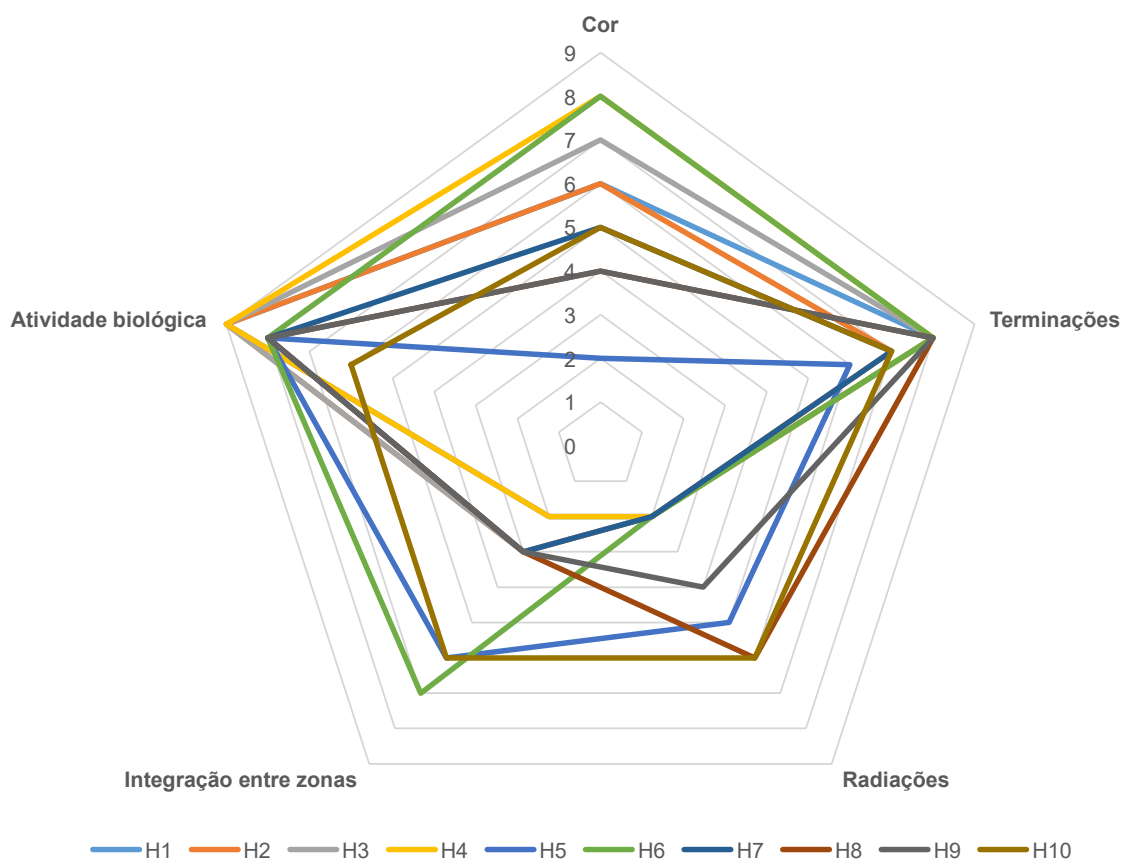
Parâmetros	Pontuações dos escores									
	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8	H9	H10
Cor	6	6	7	8	2	8	5	4	4	5
Terminações	8	7	8	8	6	8	7	8	8	7
Radiações	2	2	2	2	5	2	2	6	4	6
Interações entre zonas	2	3	3	2	6	7	3	3	3	6
Atividade biológica	9	9	9	9	8	8	8	8	8	6
Somatória	27	27	29	29	27	33	25	29	27	30

Fonte: Os autores (2024).

Para avaliar a qualidade das hortas, utilizou-se o gráfico de radar, de modo a locar em cada um de seus vértices os parâmetros utilizadas na metodologia adotada, sendo elas: cor, terminações, radiações, interação entre zonas e atividade biológica. Desta forma, quanto mais próximo da borda a linha que

representa a determinada horta, mais satisfatórios são os dados, isto é, demonstraram os maiores valores nos cromatogramas para cada parâmetro analisado, consoante aos dados apresentados na Tabela 2. Sua escala é medida de zero a 10, cujo último valor não foi atingido por nenhuma das hortas e variáveis analisadas, conforme a Figura 5.

Figura 5 – Gráfico de radar representando as variáveis analisadas nos cromatogramas, segundo a metodologia adotada.



Legenda: H1 a H10: corresponde as hortas de 1 a horta 10.

Fonte: Os autores (2024)

Quanto a variável “cor”, nota-se que a horta 4 e horta 6 atingiram a maior pontuação por estar mais próximo ao final do vértice do gráfico, enquanto o horta 5 com menor grau de qualidade quanto a esse parâmetro.

Para o parâmetro “terminações”, percebe-se que grande parte das hortas apresentaram valores satisfatórios. Enquanto o parâmetro “integração entre zonas”, destaca-se a horta 6, por apresentar melhor interação entre as zonas,

apresentando melhor pontuação. Nas demais hortas, nota-se que essa variável é bem delimitada indicando pouca integração com a matéria orgânica e os nutrientes, o que indica que o solo está empobrecido quimicamente.

Quando se observa o parâmetro “radiações”, nota-se que apenas a horta 8 e horta 10 apresentaram maiores pontuações, com formação de penachos, sendo possível a observação de manchas que indicam o acúmulo de húmus em praticamente todos os pontos de conexão com a zona externa, o que evidencia forte atividade biológica e enzimática, em cooperação com o processo de decomposição da matéria orgânica (Restrepo; Pinheiro 2011). Nas demais hortas, é possível observar radiação em forma de flechas, com terminações curtas que não se conectam diretamente com a zona externa, o que indica pouco acúmulo de húmus e baixa atividade microbiológica.

Já para o parâmetro “atividade biológica”, é possível observar que houve a formação de dentes e terminações que se iniciam desde a zona intermediária e seguiram até a zona externa, com destaque para a horta 8. Este tipo de padrão visual significa estoque de matéria orgânica no solo em forma de húmus, com intensa atividade microbiológica, conforme destacado no trabalho de Restrepo e Pinheiro (2011).

As hortas 1, 2, 5 e 9, apresentaram os piores valores médios dos parâmetros analisados. Por outro lado, o melhor resultado foi encontrado na horta 6. Considerando-se as cinco variáveis diagnósticas (cor, radiações, atividade biológica, integração e terminações), a horta 6 apresenta o maior valor (33 pontos) seguido pelas hortas 3, 4, 8 e 10 (29 pontos) com qualidade do solo similar. A horta 7 apresentou os menores valores de qualidade do solo, conferindo apenas bons resultados quanto as terminações e atividade biológica.

Por conseguinte, destaca-se que em concordância com as análises realizadas e os resultados obtidos, observou-se que a horta 6 de modo geral, foi a horta com qualidade do solo mais satisfatória em relação aos critérios analisados, demonstrado pela tabela de distribuição de pontos (Tabela 2) e pelo gráfico de radar (Figura 5), sendo superior na variável integração entre as zonas. Para uma análise mais aprofundada torna-se indispensável o levantamento histórico investigativo do uso do solo nas áreas, bem como a execução de

análises químicas, físicas e microbiológicas do solo por métodos analíticos em laboratório.

4 CONCLUSÕES

A Cromatografia de Pfeiffer mostrou-se uma ferramenta útil para a constatação dos solos com melhor qualidade, com destaque para a horta 6.

Enquanto instrumento metodológico avaliador da qualidade do solo, a Cromatografia de Pfeiffer se demonstra eficiente, aplicável e benéfica para a realização da avaliação da qualidade sistêmica do solo devido à sua sensibilidade na avaliação dos atributos inerentes à saúde e vida do solo. Além disso, por sua facilidade de aplicação e acesso, essa técnica visa fortalecer a autonomia de pequenos produtores em assentamentos rurais.

Recomenda-se um estudo ao longo do tempo para detectar as diferenças causadas pelo manejo das hortas e assim auxiliar o planejamento e tomada de decisões, além do acompanhamento dos atributos físicos, químicos e biológicos dos solos, por meio de análises analíticas, para fins de comparações com a Cromatografia de Pfeiffer.

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária- INCRA e ao Instituto Federal de Rondônia- IFRO, pela financiamento do projeto “Vitrines para transferência de tecnologias de baixo custo para a produção agrícola em assentamentos no Vale do Jamari, RO”, no âmbito do Projeto GeoRondônia IFRO/INCRA. Ao IFRO *Campus* Ariquemes, pelo aporte financeiro destinado à publicação deste artigo.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, A. S. F.; MONTEIRO, R. T. R. Indicadores biológicos de qualidade do solo. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 23, n. 3, 2007. Disponível em:

<https://seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/6684/4403>. Acesso em: 28 abr. 2024.

ARAÚJO, M. A.; TORMENA, C.A.; SILVA, A. P. Propriedades físicas de um Latossolo Vermelho distrófico cultivado e sob mata nativa. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.28, n.2, p337-45, 2004. Disponível em: [/www.scielo.br/j/rbcs/a/mff5y8xXY3tQ3cJHnL6KbXH/?format=pdf&lang=pt](http://www.scielo.br/j/rbcs/a/mff5y8xXY3tQ3cJHnL6KbXH/?format=pdf&lang=pt). Acesso em: 02 jul. 2024

BRASIL. **Ministério das Minas e Energia**. Projeto RADAMBRASIL, folha SC. 20, Porto Velho. Rio de Janeiro, 1978.

GENU, A. M.; DEMATTÊ, J. A. M.; NANNI, M. R. Caracterização e comparação do comportamento espectral de atributos do solo obtidos por sensores orbitais (ASTER e TM) e terrestre (IRIS). **Ambiência**, Guarapuava, v.9, n.2, p.279-88, 2013. Disponível em: <https://revistas.unicentro.br/index.php/ambiencia/article/view/1403/2058>. Acesso em: 30 jun. 2024.

GRACIANO, I. **Avaliação da saúde do solo por meio da cromatografia de Pfeiffer**: Aspectos metodológicos e aplicações. 2018. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual do Norte do Paraná, Paraná, 2018. Disponível em: <https://uenp.edu.br/dissertacao-agronomia/11531-igorgraciano/file> Acesso em: 28 abr. 2024.

KARLEN, D. L. *et al.* Soil quality: a concept, definition and framework for evaluation. **Soil Science Society America Journal**, Madison, v.61, n.1, p.4-10, 1997.

MATOS, M.F.; SANTOS, M.A. do N. Avaliação da qualidade de solos em locais de disposição de resíduos sólidos por meio da Cromatografia de Pfeiffer. **REA – Revista de Estudos Ambientais**, v.23, n. 2, p.35-46, jul./dez. 2021. Disponível em: <https://ojsrevista.furb.br/ojs/index.php/rea/article/view/10538/5737>. Acesso em: 28 jun. 2024.

MELO, D. M. A. *et al.* Caracterização qualitativa de solos através da cromatografia de Pfeiffer em agroecossistemas. *In*: Rodrigues, T. A.; Leandro Neto, J.; Galvão, D. O. (org.). **Meio ambiente, sustentabilidade agroecologia**. 6ª ed. Ponta Grossa - PR: Atena, 2019b. p. 229 - 235. Disponível em: <https://atenaeditora.com.br/catalogo/post/caracterizacao-qualitativa-desolos-atraves-de-cromatografia-de-pfeiffer-em-agroecossistemas>. Acesso em: 02 jul. 2024.

MELO, D. M. A. *et al.* Qualidade do solo através da Cromatografia de Pfeiffer de um agroecossistema em transição agroecológica no Brejo paraibano. **Caderno Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Pombal, v. 9, n. 7, p. e7052, 2019a. Disponível em:

<https://gvaa.com.br/revista/index.php/CVADS/article/view/7052/7046>. Acesso em: 29 abr. 2024.

MIRANDA, A. A. C.; SALLA, L. M. X.; ARAUJO, A. E. Uso da Cromatografia de Pfeiffer como indicador de qualidade do solo: monitoramento do manejo agroecológico da UR-MECA/UFPB. **Cadernos de Agroecologia**, [s.l.], v. 13, n. 1, 18 ago. 2018. Disponível em: <http://cadernos.abagroecologia.org.br/index.php/cadernos/article/view/1321>. Acesso em: 29 abr.2024.

OLIVEIRA, I. A. *et al.* Chemical and physical pedoindicators of soils with different textures: spatial variability. **Environmental Earth Sciences**, v. 77, n.81, p. 1-12, 2018. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s12665017-7216-2>. Acesso em: 30 jun. 2024.

PILON, L. C. *et al.* Cromatografia de Pfeiffer: desenvolvimento de padrões brasileiros de uma metodologia para sistemas de agricultura orgânica. *In*: CONGRESSO LATINOAMERICANO DE LA CIÊNCIA DEL SUELO, 20. 2014, Cusco. **Anais...** Cusco, Perú, 2014.

PILON, L. C.; CARDOSO, J. H.; MEDEIROS, F. S. **Guia prático de Cromatografia de Pfeiffer**. Embrapa Clima Temperado. Documentos 455. Pelotas, RS. 2018. 16 p. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/184134/1/DOCUMENTO455.pdf>. Acesso em: 24 jun. 2024

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

PFEIFFER, E. **Chromatography Applied to Quality Testing**. Alemanha: Biodynamic Literatura, 1984.

RESTREPO, J., PINHEIRO, S. **Cromatografía imá- genes de vida y destrucción del suelo**. Cali: coas, 2011.

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