



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
AGROECOLOGIA E DESENVOLVIMENTO RURAL**

**CONTRIBUIÇÕES DA CROMATOGRAFIA CIRCULAR DE PFEIFFER PARA
A ANÁLISE DA SAÚDE DO SOLO**

CARLOS EDUARDO BARROS

**Araras
2020**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
AGROECOLOGIA E DESENVOLVIMENTO RURAL**

**CONTRIBUIÇÕES DA CROMATOLOGRAFIA CIRCULAR DE PFEIFFER PARA
A ANÁLISE DA SAÚDE DO SOLO**

CARLOS EDUARDO BARROS

ORIENTADOR: PROF. Dr. FERNANDO SILVEIRA FRANCO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agroecologia e Desenvolvimento Rural como requisito parcial à obtenção do título de **MESTRE EM AGROECOLOGIA E DESENVOLVIMENTO RURAL**

Araras

2020

Barros, Carlos Eduardo

Contribuições da cromatografia circular de Pfeiffer para a análise da saúde do solo. / Carlos Eduardo Barros -- 2020.
65f.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de São Carlos, campus Araras, Araras
Orientador (a): Fernando Silveira Franco
Banca Examinadora: Irene Maria Cardoso, Ricardo Serra Borsatto
Bibliografia

1. Agroecologia. 2. Metodologias qualitativas. 3. Solos tropicais. I. Barros, Carlos Eduardo. II. Título.

Ficha catalográfica desenvolvida pela Secretaria Geral de Informática (SIn)

DADOS FORNECIDOS PELO AUTOR

Bibliotecário responsável: Maria Helena Sachi do Amaral - CRB/8
7083



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

Centro de Ciências Agrárias
Programa de Pós-Graduação em Agroecologia e Desenvolvimento Rural

Folha de Aprovação

Defesa de Dissertação de Mestrado do candidato Carlos Eduardo Barros, realizada em 28/09/2020.

Comissão Julgadora:


Prof. Dr. Fernando Silveira Franco (UFSCar)

Prof. Dr. Ricardo Serra Borsatto (UFSCar)

Profa. Dra. Irene Maria Cardoso (UFV)

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

O Relatório de Defesa assinado pelos membros da Comissão Julgadora encontra-se arquivado junto ao Programa de Pós-Graduação em Agroecologia e Desenvolvimento Rural.

AGRADECIMENTOS

Inicialmente agradeço ao divino, ao sagrado, à força que tudo move, à luz que tudo cria, seja que nome tiver: sou grato!

Agradeço ao apoio incondicional da minha família, por sempre ter acreditado em mim, mesmo quando eu achava que não seria possível vencer.

Tenho que agradecer a todas as pessoas que contribuíram para que esse trabalho fosse realizado, foram muitas as parcerias necessárias, agradeço a cada uma! Em especial, a Marialina Clapis Ravagnani por ter sido uma parceira para todos as horas, sempre dedicando seu tempo para me ajudar na condução da pesquisa. Agradeço também Fernanda Sant'Anna Ventura que sempre me ouviu, me incentivou e me ajudou. Gratidão!

Agradeço muito ao meu orientador Fernando Silveira Franco, por sua leveza, por sua amizade, por seu acolhimento, por sua clareza espiritual e por sua dedicação à construção de um mundo melhor. Aprendi e sigo aprendendo muito com a sua forma de encarar os desafios, admiro-o muito.

Necessito agradecer à "Comunidade Mãe Terra", em especial Maria, Willian e Francisco pela confiança, amizade e por todos os aprendizados sobre como curar nossa Terra re-existindo nela. Sem vocês a pesquisa não seria possível, continuem sendo inspiração ao mundo!

Em meio aos desafios associados ao mestrado, acompanhados de sentimentos de insegurança, medo e solidão, tive a oportunidade de encontrar pessoas incríveis. Em especial quero agradecer dois agrupamentos que me ensinaram sobre a beleza da vida e a importância do afeto: "Refazenda Morada Agroecológica" e "Núcleo de Agroecologia Apetê Caapuã". Agradeço por cada amizade e cada troca, os nossos momentos sempre estarão guardados em meu coração e farão as lembranças do mestrado serem muito mais leves.

Agradeço aos amigos do "PPGADR" pelas experiências e aprendizados compartilhados, em especial Diego Ruis Soares, Bruna Silva e Wolney Junior pela parceria constante.

À CAPES, uma vez que o presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Encerro agradecendo aos integrantes das bancas: Irene Maria Cardoso, Kelly Cristina Tonello, Maria Cristina Perusi e Ricardo Serra Borsatto por terem aceitado fazerem parte desse momento da minha vida, pela paciência e por todas as contribuições.

SUMÁRIO

ÍNDICE DE TABELAS	i
ÍNDICE DE FIGURAS	ii
RESUMO	iii
ABSTRACT	iv
1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO DA LITERATURA	4
2.1. A saúde do solo em sistemas agroecológicos	4
2.2. Como a cromatografia tem sido utilizada para a avaliação dos manejos agroecológicos?	8
2 OBJETIVO	14
3 MATERIAL E MÉTODOS	14
3.1 Área de estudo	14
3.2. Caracterização das áreas amostrais	15
3.3. Metodologias utilizadas em campo com os agricultores	18
3.4. Análises laboratoriais	19
3.5. Interpretação da cromatografia de Pfeiffer	21
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
4.1. Indicadores de saúde do solo utilizados pelos agricultores	25
4.2. Avaliação visual da saúde do solo através da CCP	32
4.2. Avaliação da saúde do solo através da chave de interpretação da CCP	35
4.3. Avaliação da saúde do solo através de indicadores químicos e físicos	38
4.4. Comparação entre os métodos para avaliação da saúde dos solos	44
4.5. Repetitividade	46
5 CONCLUSÕES	48
6 LITERATURA CITADA	49

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1. Atributos presentes na chave da interpretação proposta por Siqueira (2018)	23
Tabela 2. Resultado dos questionamentos sobre saúde do solo com o grupo de não-agricultores	29
Tabela 2. Média e desvio padrão das áreas amostrais com seus respectivos IQS.	36
Tabela 4. Indicadores químicos de qualidade do solo	42
Tabela 5. Indicadores físicos de qualidade do solo	44
Tabela 6. Quantificação do cromatograma do ponto amostral 1 da área de pousio	47

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Local da área de estudo e das parcelas amostrais.....	15
Figura 2. Mapa pedológico do município de Iperó/SP.....	17
Figura 3. Análise granulométrica.....	20
Figura 4. Organograma da chave de interpretação.....	24
Figura 5. Esquema para o Índice de Qualidade do Solo Ordinal	25
Figura 6. Nuvem de palavras: indicadores da saúde dos solos pelos agricultores.....	26
Figura 7. Socialização dos resultados das tarjetas	30
Figura 8. Agricultores observam as análises de cromatografia.....	31
Figura 9. Organização dos cromatogramas feita pelos agricultores	31
Figura 10. Diálogo sobre interpretação dos resultados da cromatografia	32
Figura 11. Zonas do resultado da CCP dos usos amostrados.....	34
Figura 12. Quartis dos cromatogramas das áreas estudadas.....	35
Figura 13. Índice de Qualidade do Solo ordinal (IQSo).....	36
Figura 14. Box plot dos valores totais dos cromatogramas.....	37
Figura 15. Box plot da ZC	37
Figura 16. Box plot da ZI	37
Figura 17. Box plot da ZINT	38
Figura 18. Box plot da ZE	38
Figura 19. Solos da área de pousio (ponto 1) com as referidas repetições	47

CONTRIBUIÇÕES DA CROMATOGRAFIA CIRCULAR DE PFEIFFER PARA A ANÁLISE DA SAÚDE DO SOLO

Autor: CARLOS EDUARDO BARROS

Orientador: Prof. Dr. FERNANDO SILVEIRA FRANCO

RESUMO

A degradação dos solos é um processo proveniente dos manejos adotados pela agricultura industrial, o que configura uma crise ecológica e social. Em meio a tal contexto, a agroecologia enquanto movimento, ciência e prática valoriza a diversificação da produção de alimentos respeitando as condições edafoclimáticas dos ecossistemas. Para a aplicação dessa proposta de agricultura, é imprescindível métodos que permitam avaliar os impactos ocorridos nos solos em decorrência das práticas adotadas nos agroecossistemas. A Cromatografia de Pfeiffer constitui uma ferramenta de diagnóstico, cujo método é simples e de baixo custo. O presente artigo objetivou a compreensão do estado da saúde do solo em quatro usos da terra em um sítio biodinâmico certificado: um sistema agroflorestal, um plantio de banana com adubação verde, uma área em pousio e um fragmento florestal no estado de São Paulo. Para isso, foi utilizado o método da Cromatografia de Pfeiffer e examinados atributos físico-químicos dos solos. Os resultados obtidos de modo qualitativo e quantitativos permitem afirmar que os solos da área do fragmento e do sistema agroflorestal foram os mais saudáveis. A cromatografia foi um método eficiente na análise da saúde dos solos tropicais, com potencialidade de uso por agricultores familiares.

CONTRIBUTIONS OF PFEIFFER'S CIRCULAR CHROMATOGRAPHY TO SOIL HEALTH ANALYSIS

Author: FERNANDO SILVEIRA FRANCO

Adviser: Prof. Dr. CARLOS EDUARDO BARROS

ABSTRACT

Soil depletion is a process resulted from the management adopted by agriculture activity which consequently causes an ecological and social crisis. In the midst of such a context, agroecology as a movement, science and practice, values the diversification of food production while respecting the edaphoclimatic conditions of ecosystems. To apply this agriculture proposal, it is essential methods that assess the impacts on soils resulted from practices adopted in agro-ecosystems. Pfeiffer chromatography is a diagnostic tool, which is a method considerably simple and low-cost. This article aimed to understand the state of soil health in four different land-uses in a certified biodynamic site: an agroforestry system, a banana plantation with green manure, a fallow area and a forest fragment in the State of Sao Paulo, Brazil. For this, the Pfeiffer chromatography method was used and soil physical-chemical attributes were examined. The qualitative and quantitative outcomes obtained are enough to affirm that the soils of the fragment area and the agroforestry system are healthier than those of the banana area with green manure and fallow. Chromatography was a sensitive and efficient method to analyze the health of tropical soils, with the potential to be used by rural families.

1 INTRODUÇÃO

O solo é um bem natural essencial para a produção de alimentos, entretanto, os processos de degradação já atingem um terço dos solos agrícolas do mundo (ITPS, 2015), o que fragiliza a soberania alimentar das populações humanas atuais e futuras. A degradação é resultado de um modelo de agricultura baseado em um pacote tecnológico, que incentiva o uso de práticas agrícolas que buscam a maximização da produção e do lucro (GLIESSMAN, 2002) e desrespeita as especificidades edafoclimáticas e culturais.

A degradação do solo e de outros componentes do ambiente impõem uma crise ecológica sem precedentes à humanidade. A crise ecológica, pauta emergencial para sustentação da vida na biosfera, é também uma questão política, que essencialmente se desdobra em uma crise ética relacionada às maneiras pelas quais os sujeitos se relacionam com a natureza e entre si, isto é, as vinculações sociais que são inscritas nos ecossistemas de modo a transformá-los (WOLKMER & PAULITSCH, 2011; PORTO-GONÇALVES, 1984).

Um novo paradigma da sustentabilidade, articulado a um novo paradigma tecnológico, se faz necessário para a superação de tais crises. Isto exige mudanças e uma conscientização coletiva que apontem para a autodeterminação dos povos por meio de democracia autogestionada em consonância à diversidade étnico-cultural e à biodiversidade (LEFF, 2002). Contribuindo na construção deste novo paradigma, a agroecologia é resistência e resiliência ao sistema de relações econômicas que se estrutura sob a égide do lucro em detrimento da vida das pessoas e dos seres do planeta, expressada pela agricultura capitalista (HOLT-GIMÉNEZ & ALTIERI, 2012; JARDÓN-BARBOLLA, 2018), é entendida enquanto movimento social político, ciência inovadora e prática ética (ABA, 2015). As práticas agroecológicas fomentam a diversificação e a produção ecológica de alimentos, recompondo economias e ecossistemas locais e viabilizando a emancipação dos

agricultores familiares (IPC, 2015). A popularização destas técnicas de cultivo e manejo da terra pode contribuir para o desenvolvimento de uma agricultura sustentável que sobreponha os valores éticos acima da racionalidade econômica (ALMEIDA, 2005).

O uso de tais técnicas exige indicadores e instrumentos que permitam avaliar se as modificações promovidas nos agroecossistemas foram efetivas para a recuperação e/ou conservação dos bens naturais, dentre eles os solos. Os indicadores normalmente utilizados exigem métodos que geralmente são caros e que demandam tempo e procedimentos que os tornam inacessíveis aos agricultores familiares, responsáveis pelo uso e manejo dos solos, sendo mais complexos em sistemas agroecológicos devido à sua dinâmica. Os cientistas têm sido os responsáveis pela avaliação da saúde do solo, mesmo não sendo eles e sim os agricultores os principais responsáveis pelo uso e manejo dos solos (BÜNEMANN et al., 2018). A produção de conhecimento e os métodos de investigação para avaliar os sistemas de produção alimentar não deveriam ficar estritamente restritos ao meio acadêmico e este tem sido um dos desafios da ciência agroecológica. No enfoque agroecológico os agricultores, em especial os familiares, deveriam ser os principais usuários dos resultados da avaliação, pois são eles os que podem de fato modificar suas ações para promover a conservação dos solos.

Os cientistas engajados devem, portanto, utilizar metodologias, como preconizada pela agroecologia, participativas para permitir aos agricultores o acesso a indicadores de sustentabilidade que forneçam às comunidades rurais a capacidade de observar, avaliar, tomar decisões e adaptar as tecnologias às condições socioeconômicas e biofísicas de seus agroecossistemas (MACHADO & VIDAL, 2006).

As análises convencionais quantitativas que determinam os indicadores de qualidade do solo, se analisados de maneira isolada são insuficientes para uma avaliação integrada das condições do solo. Uma vez que tais análises, recorrentemente no meio científico encontra-se muitas vezes à serviço da agricultura industrial movida pelo grande mercado de insumos e fertilizantes químicos (PINHEIRO, 2011). Em contrapartida, a Cromatografia Circular de

Pfeiffer (CCP) se destina à uma visão integrativa sobre a vida do solo; o diagnóstico é expresso por uma linguagem visual codificada em cores e desenhos, que expõe as deficiências e as fragilidades do solo e possibilita indicar ações para a melhoria das condições elucidativas de adoecimento do ecossistema. Por se tratar de uma análise com procedimentos metodológicos simples e de baixo custo, é mais acessível, assim permite a participação dos agricultores, o que pode contribuir para a autonomia e empoderamento dos mesmos, promovendo diálogos de saberes, essencial para o desenvolvimento de uma agricultura verdadeiramente ecológica (ALTIERI, 2012).

A cromatografia sobre superfície circular plana de papel como ferramenta de análise da saúde do solo teve como precursor o bioquímico de origem alemã Ehrenfried Pfeiffer (1899 – 1961). Apesar dos avanços na avaliação de compostos e solos, Pfeiffer não teve apoio e nem reconhecimento. Isto porque a lei de Liebig, difundida cientificamente na época em que desenvolvia seus estudos, implicou na adoção de políticas de incentivo à agricultura industrial, que compreende de forma reducionista as necessidades intrínsecas ao desenvolvimento das plantas. Esta necessidade, conforme o pensamento da agricultura industrial é pautada na oferta ou deficiência de nutrientes específicos, sem considerar a saúde integral do agroecossistema, que pressupõe também a saúde do solo.

Desse movimento resultou a crescente produção de fertilizantes químicos e a tentativa de invisibilização dos conhecimentos como a Cromatografia de Pfeiffer, por seu potencial de transgredir o novo circuito econômico estabelecido na agricultura desde então, por meio do fortalecimento da proposta da Agricultura Biodinâmica, onde Pfeiffer foi seu grande precursor no continente americano. Apesar da difusão de seus conhecimentos entre agricultores biodinâmicos, apenas recentemente o método têm sido divulgado e aplicado por outros agricultores com estilos de agricultura de base ecológica e adentrou no meio acadêmico, neste meio diversos autores reconhecem a necessidade de sua difusão e maior aprofundamento em sua utilização (PILON, CARDOSO e MEDEIROS, 2018; BURLE e FIGUEIREDO, 2019; SIQUEIRA, MARQUES e FRANCO, 2017).

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1. A saúde do solo em sistemas agroecológicos

Ao consentir sobre a necessidade de avaliação dos agroecossistemas precisamos definir os critérios que irão nos permitir conceber o quão ecológico e viável economicamente é a atividade que está sendo desenvolvida. Precisam ser critérios que sejam sensíveis as mudanças promovidas no ecossistema, de fácil aplicação e percepção, para que os atores das mudanças consigam mensurar, validar e modificar suas práticas quando necessário. Como a prática agrícola é dependente do recurso solo e de seus serviços para manutenção do ecossistema, devemos adotá-lo como recurso relevante para a avaliação.

São os processos biológicos somados aos processos físicos e químicos de cada lugar e região climática que formam o solo (GLEISSMAN, 2002). Através de cinco fatores de formação: material de origem, clima, relevo, organismos e tempo (LEPSCH, 2016). Os processos naturais de formação e desenvolvimento do solo levam um tempo considerável (GLEISSMAN, 2002). Podendo variar entre 0,001 – 1mm/ano, sendo mais rápido em climas quentes e úmidos (GARDI et al., 2014), por essa razão os solos são considerados recursos não renováveis.

Assim, a conservação do solo é importante não apenas por ser o recurso que suporta todos os ecossistemas terrestres e pelas funções que desempenha, mas também pela complexidade que envolve sua formação. Uma vez que lamentavelmente, as atividades humanas estão destruindo alguns solos mais rápido do que a natureza pode reconstruí-los (BRADY e WEIL, 2013).

A agroecologia contribui para a manutenção e recuperação dos solos destruídos por práticas humanas, restabelecendo a fertilidade dos solos. Está para além do uso de práticas alternativas e do desenvolvimento de agroecossistemas com baixa dependência de agroquímicos e de aportes externos de energia. A proposta agroecológica enfatiza agroecossistemas complexos nos quais as interações entre seus componentes biológicos promovem os mecanismos para que os próprios sistemas subsidiem a

fertilidade do solo, sua produtividade e a sanidade dos cultivos (ALTIERI, 2012).

Na agroecologia não existem receitas prontas, o que rompe com a visão homogeneizadora da agricultura industrial de propor pacotes tecnológicos (FEIDEN, 2005). A busca por atingir o princípio de diversificar os agroecossistemas, transformando-os o mais próximo aos ecossistemas naturais depende de algumas etapas que são chamadas de transição agroecológica. A efetivação da transição agroecológica se materializa através da observação e da consideração dos agricultores de elementos que podem ser inferidos como bases para os indicadores em agroecossistemas sustentáveis. Assim sendo, os agricultores têm papel fundamental na avaliação dos sistemas agroecológicos.

Para entendermos como esses indicadores são considerados notaremos como pesquisadores importantes para a construção dos modelos de agricultura alternativos e para a sistematização da agroecologia têm compreendido a saúde dos solos em sistemas agroecológicos.

No contexto pós-Guerras e pós a difusão dos resultados de Justus von Liebig, pesquisadores prontamente indicaram suas preocupações nas mudanças que ocorriam no manejo dos solos com a adoção de novas técnicas agrícolas. Na década de 1940, o pesquisador, extensionista e botânico inglês Howard (1946) destacava que a base de um solo fértil e de uma agricultura próspera é o húmus, já observando a crescente utilização de fertilizantes químicos que substituíam as técnicas de adubação orgânica. Destacava que se o solo é deficiente em húmus, o volume do espaço poroso é reduzido o que dificultará a aeração do solo. Além de que, com baixos índices de matéria orgânica haverá redução do suprimento de oxigênio, água e elementos minerais dissolvidos o que vai dificultar e reduzir a absorção de nutrientes nas plantas. Deste modo, enquanto em solos férteis se produz cultivos resistentes às enfermidades, em solos doentes há necessidade de aplicação de fertilizantes químicos, onde as plantas necessitarão de ajuda de inseticidas e fungicidas para oferecer uma colheita aceitável.

A agrônoma, agricultora inglesa e uma das precursoras do movimento da agricultura orgânica Lady Eve Balfour (1943) evidencia em sua obra "The living soil" a necessidade de manter o equilíbrio biológico do solo através do húmus com técnicas que busquem um ciclo fechado nos agroecossistemas, resultando em solos com boa aeração, com capacidade de retenção de água e que permitam drenagem livre, ou seja, estruturados. Em sua compreensão a fertilidade do solo se relaciona com a manutenção da vitalidade de forma permanente e não estritamente com a produtividade. Destaca ainda que a vitalidade do solo terá efeito direto na vitalidade das plantas, animais e do ser humano.

O cientista de solos alemão, bioquímico, defensor da agricultura biodinâmica e discípulo da antroposofia de Rudolf Steiner, o Ehrenfried Pfeiffer (1940) também trouxe suas contribuições para a compreensão da fertilidade do solos em seu livro "Bio-Dynamic Farming and Gardening: Soil Fertility Renewal and Preservation", relatando que são um conjunto de fatores que estão envolvidos na fertilidade do solo, como: substâncias orgânicas e inorgânicas, água, fauna do solo, manejo adotado e o clima, enfatizando que o húmus estável, em estado coloidal e neutro, determina a saúde do solo, uma vez que a estrutura coloidal do húmus favorece a absorção da água e a absorção das substâncias minerais e enzimas. Ao evidenciar que o solo se trata de um organismo vivo pelas diferentes interações entre seus componentes, critica a atenção dada as substâncias minerais baseadas na Lei do mínimo de Liebig, em detrimento das carências biológicas, como a falta do húmus, já que a ação dos organismos tem influência direta na estrutura do solo. Na ocasião cita a cromatografia como uma análise sensível a essas carências (PFEIFFER, 1984).

Em ambientes tropicais uma expoente dessas ideias foi a cientista austríaca, agrônoma e agricultora que veio ao Brasil pós segunda guerra mundial e presenciou as mudanças ocorridas no manejo dos solos pós adoção do pacote tecnológico da revolução verde. A autora Ana Primavesi (1920 - 2020) também concebia o solo como um sistema dinâmico de complexas inter-relações recíprocas entre seus componentes físicos, químicos e biológicos. Em

sua compreensão um solo saudável é agregado, grumoso, com um sistema macroporoso que permite a entrada e circulação de ar e água, que permite a penetração das raízes, sem compactação e erosão. Destacando ainda que solos saudáveis são limpos, sem acúmulo de resíduos tóxicos ou metais pesados, com nutrientes em equilíbrio, de forma que as plantas que nele crescem são saudáveis, sem pragas ou doenças e que produzem alimentos de elevado valor biológico. Assim, em sua compreensão os solos são mais do que apenas suporte das plantas e adubos, menos ainda rocha moída com alguns elementos em solução, são organismos vivos (PRIMAVESI, 1980; 2016).

Observa-se que são décadas de acúmulo de defesa pela compreensão dos solos como organismos vivos e o que se presencia atualmente com os problemas materializados no campo não ocorrem por falta de base científica, mas sim pela racionalidade que opta por escolhas técnicas com a finalidade de aumentar a produtividade das culturas agrícolas desconsiderando a vitalidade dos solos, necessária para a manutenção da sua fertilidade. Mais recentemente cientistas engajados com a ciência agroecológica também trouxeram suas contribuições.

Colaborando Gliessman (2002), botânico e ecólogo americano, também defende o solo como um sistema dinâmico e vivo, onde seu manejo deve ser um processo integrado que considere o sistema agrícola em sua totalidade para que seja efetivamente sustentável. Acrescentando que o manejo da fertilidade precisa estar baseado no entendimento dos ciclos de nutrientes, do desenvolvimento da matéria orgânica e do balanço entre os componentes vivo e não vivos do solo.

O agrônomo e entomologista chileno Miguel Altieri aponta que a fertilidade do solo depende da alta concentração de matéria orgânica e da atividade biológica, que preserva cadeias alimentares complexas que resultarão na sanidade dos cultivos prevenindo doenças (ALTIERI, 2012). Por conta disso que Altieri e Nicholls (2002) desenvolveram uma metodologia que permite a avaliação da qualidade do solo e da sanidade dos cultivos, tornando a complexidade presente nos agroecossistemas assimiláveis e mensuráveis. Os critérios adotados esclarecem sobre a compreensão existente sobre a

qualidade dos solos pelos autores, que propõem indicadores que permitam avaliar a estrutura do solo, grau de compactação e infiltração, profundidade do solo, estado dos resíduos, cor, odor e presença da matéria orgânica, retenção de água, o desenvolvimento das raízes, presença de erosão e atividade biológica. Ou seja, são elementos que participam da compreensão de diversos autores já citados (PRIMAVESI, 2016; BALFOUR, 1943; HOWARD, 1940; GLIESMANN, 2002, PFEIFFER, 1940) quanto à qualidade do solo e a saúde do solo que refletirão diretamente sobre a saúde dos cultivos, ou seja, na sua produtividade.

A atual definição da Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura, FAO (www.fao.org) define a fertilidade do solo como “a capacidade do solo de fornecer nutrientes de plantas e água do solo em quantidades e proporções adequadas para o crescimento e reprodução das plantas na ausência de substâncias tóxicas que pode inibir o crescimento”. Compreensão essa que foca na capacidade de produção dos solos sem destacar se as práticas adotadas garantam sua conservação, permitindo assim que sua fertilidade seja preservada. Apesar disso, encontramos similaridades na definição dos critérios adotados para determinação da saúde dos solos, as principais características do solo esperadas em solos saudáveis são: a disponibilidade de nutrientes, disponibilidade de oxigênio para as plantas, a capacidade de retenção de nutrientes, a toxicidade, a salinidade e as condições de enraizamento.

Portanto, a avaliação da sustentabilidade em agroecossistemas deve considerar dois aspectos: se há a conservação dos recursos naturais e se ainda assim, há a garantia da satisfação das necessidades do agricultor, que é o gestor da prática agrícola (ALTIERI, 2012), manifestada através da produtividade.

2.2. Como a cromatografia tem sido utilizada para a avaliação dos manejos agroecológicos?

A pergunta posta no título desse subcapítulo pretende ser respondida através da consulta de diferentes artigos, trabalhos publicados em congressos e pesquisas de conclusão de cursos e mestrados, para tal, foram consultadas

as seguintes bases de dados em 2019: Scopus da Elsevier, Web of Science, Scielo - Scientific Electronic Library Online, CAPES – Portal Periódicos e Google Acadêmico - Scholar Google. A pesquisa se deu através da utilização das seguintes palavras-chave: cromatografia de pfeiffer e saúde do solo, em português, inglês e espanhol. A escolha por essas bases de dados bibliográficas justifica-se por serem os mais utilizados pela comunidade científica nacional e internacional.

No trabalho apresentado por Wandelli et al. (2016), os autores citaram o uso da técnica pelos agricultores da Amazônia para avaliação da saúde do solo, apesar disso no decorrer do resumo não apresentam os resultados dos cromatogramas, porém afirmaram que além da metodologia ser barata, é capaz de ser interpretada por agricultores treinados induzindo-os à soberania na análise dos solos. Fagundes (2013) relata a experiência do contato do Grupo de Estudos de Agricultura Ecológica (GEAE) da Universidade Federal do Paraná (UFPR) com a cromatografia que culminou na realização de diversas oficinas e discussões sobre a técnica durante os anos de 2012-2013, o autor defende a cromatografia como uma importante ferramenta para construção de uma matriz tecnológica para agroecologia, já que a técnica além de determinar o estado do solo possibilita ainda um debate político sobre o histórico da química na agricultura. Avalia ainda que oficinas foram espaços satisfatórios para a formação técnica e política, defendendo ainda que a metodologia segue um protocolo laboratorial que permite uma abordagem ampla adaptada às demandas técnicas e políticas de cada região.

A experiência apresentada por Tenório (2011) relata a capacitação técnica de agricultores, universitários, cooperativados, técnicos de movimentos sociais e de instituições de assistência técnicas do Estado de Alagoas em cromatografia através de um curso ministrado pelo engenheiro agrônomo e florestal Sebastião Pinheiro. Segundo os autores a experiência resultou na formação de parcerias comprometidas na disseminação da técnica tanto para capacitar agricultores quanto para estudantes das ciências agrárias. Além disso, apresentam a possibilidade de uso da cromatografia como uma

ferramenta de auto certificação camponesa por ser uma técnica de baixo custo e de fácil acesso aos agricultores.

Kehl (2014) utilizou a técnica para indicar a qualidade do solo em sistema agroflorestal no Rio Grande do Sul, os resultados dos cromatogramas possibilitaram concluir que a CCP é um instrumento que permite verificar a interação entre os diferentes elementos que constituem o solo que quando somado a outras formas de análise pode alcançar bons resultados na avaliação dos solos.

Com a finalidade de compreenderem o estado da degradação da terra em uma microbacia no México, Martínez Santiago et al. (2015) realizaram a cromatografia combinado a alguns parâmetros químicos como N, P, K, Ca, Mg, MO e pH em 42 locais de amostragem. Os resultados indicaram que tanto análise química quanto os cromatogramas indicaram quais eram as parcelas mais degradadas, coincidindo também nas áreas menos degradadas. Das 11 classes de solo analisadas apenas 3 não apresentaram correspondência entre as amostragens. Assim, a cromatografia serviu como ferramenta complementar na análise integral da condição de solo permitindo a avaliação de seu uso.

Wandelli (2016) apresentou o uso da CCP como parte das metodologias participativas utilizadas pelo Projeto Ajuri Agroflorestal da Embrapa Amazônia Ocidental em conjunto com a Rede Maniva de Agroecologia (Rema), para compreensão do processo de conservação e/ou degradação dos solos na região de Manaus e entorno em sistemas agroflorestais, a autora ressalta o baixo custo da ferramenta e seu potencial em provocar a soberania dos agricultores em compreender a condição do solo de maneira holística, para além do teor de nutriente, os resultados foram sistematizados e discutidos nas oficinas participativas, o que facilitou a aprendizagem e o compartilhamento de experiências entre os agricultores.

Miranda et al. (2017) ao exporem sobre as abordagens educativas do Movimento de Educação do Campo e Agroecologia da UFRN, apresentaram

sobre possível uso da cromatografia como técnica barata e acessível de análise qualitativa do solo, no Assentamento Paulo Freire, em Mossoró/RN.

Nivia Torres (2017) em sua monografia discute a importância da análise do solo através da cromatografia em manejos agroecológicos, já que por se tratar de uma avaliação qualitativa, não oferece um diagnóstico e recomendação específica em quantidade ou unidades de medida, mas sim a avaliação das técnicas adotadas. Conclui que a cromatografia é uma avaliação integral do solo, por permitir compreender a interação entre os aspectos minerais, orgânicos e enzimáticos do solo. Ressaltando o potencial da cromatografia como ferramenta didática que permite a compreensão da saúde dos solos pelos agricultores tendo a vantagem de ser econômica, e que deve ser utilizada complementarmente às análises convencionais, por não permitir a compreensão dos parâmetros físicos-químico-biológicos da forma que comumente os agricultores esperam ter os resultados.

Sánchez Castro (2012), em Bella Alta no Equador trabalhou com amostragem em diferentes usos do solo: cultivo de coca, pastagem, purma, floresta secundária, cultivo de café, cultivo de milho, cultivo de cacau, cashaucsha, banana, mandioca e cítricos e através de análise estatística correlacionou os resultados de análise química com os cromatogramas, não encontrando correlação significativa entre os resultados dos cromatogramas e as análises físico-químicas (% de areia, silte e argila, conteúdo de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio) nem com a macrofauna do solo. Resultado diferente do encontrado por Kokornaczyk et al. (2017).

No trabalho de Kokornaczyk et al. (2017) foram realizadas análises de solos por meio da cromatografia e análise química convencional, os resultados obtidos indicaram fortes correlações dos cromatogramas com o conteúdo de matéria orgânica, nitrogênio total e fósforo e bromo assimiláveis, colaborando que a metodologia fornece evidências que padrões da cromatografia podem fornecer uma visão geral e confiável do estado do solo. Além de demonstrar que é uma metodologia de baixo custo e com procedimentos simples que pode substituir parcialmente a análise química do solo.

No estudo de Siqueira, Marques e Franco (2017), os autores relatam sobre a experimentação da cromatografia em oficina pelo Núcleo de Agroecologia Apêtê Caapuã (NAAC), da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar, Campus Sorocaba), através da parceria com o Grupo de Agroecologia Timbó, da Universidade Estadual Paulista (UNESP, Campus de Botucatu) que resultou na aplicação do método em cinco situações: fragmento florestal, sistema agroflorestal aberto, pastagem, solo exposto e areia de construção, constatando a ferramenta como eficaz na análise da qualidade do solo. Na ocasião importantes discussões foram levantadas, são elas: escassez de referências bibliográficas sobre a cromatografia, a importância da experimentação como forma de popularização da técnica, que a cromatografia pode ser utilizada nas propriedades rurais como uma ferramenta de autogestão e da importância da associação dos resultados dos cromatogramas com delineamento estatístico para validação científica.

Em sua dissertação de mestrado Bezerra (2018) analisou a qualidade do solo por meio da cromatografia em sistemas agroflorestais implantados em áreas de agricultura familiar na região de Campinas/SP, onde observou que os cromatogramas foram sensíveis ao teor de matéria orgânica determinada por metodologias convencionais, assim como para os resultados da física do solo relacionando com a aeração do solo. Considerou-se então a cromatografia como uma metodologia econômica, que permite análise integral do solo, afirmando ainda como acessível para realização pelos próprios agricultores. A autora inclusive aponta que houve demonstração de interesse por parte dos agricultores envolvidos na pesquisa em realizar as análises em campo e utilizá-las como ferramenta na avaliação do estado do solo. A autora enfatiza a necessidade de mais pesquisas sobre o método, com resultados mais analíticos e delineamento estatístico, comenta ainda da dificuldade da realização em campo por conta da pesagem precisa para realização das soluções.

No trabalho de conclusão de curso de Siqueira (2018) propôs a criação de uma chave de interpretação da qualidade do solo para auxiliar na

compreensão e padronização da análise, realizando amostragens em bananal, pasto abandonado, lichia, sistema agroflorestal, milho convencional transgênico e mata ciliar. Analisando cada zona formada nos cromatogramas separadamente, atribuiu-se notas quanto à sua coloração, forma e integração. Desta forma, a cromatografia circular de Pfeiffer, se mostrou como técnica eficiente para analisar a qualidade do solo, integrando as características físicas, químicas e biológicas do solo. Com a chave de interpretação tornou-se mais sensível as diferenças encontradas nos diferentes usos, permitindo estabelecer um índice de qualidade do solo, o que permitiu concluir que solo com o cultivo de milho convencional transgênico tinha qualidade péssima, a mata ciliar com qualidade boa, bananal, o pasto e a lichia qualidade média, enquanto o SAF foi classificado como solo de qualidade regular.

Na dissertação de Graciano (2018), ele realizou a comparação dos resultados da qualidade do solo fornecido pela cromatografia com os testes convencionais. Ao correlacionar a zona central com resistência à penetração encontrou correlação negativa, a zona interna com parâmetros químicos, observou correlação positiva com o conteúdo orgânico total (COT), a zona média com bioindicadores resultou em forte correlação com carbono da biomassa microbiana do solo (CBMS) e na zona enzimática (externa) com enzimas, encontrou forte correlação positiva com as enzimas fosfatase ácida e arilsulfatase. O que garante a validação da cromatografia como método capaz de indicar o estado da saúde do solo integrando os atributos químicos, físicos e biológicos de maneira qualitativa com custos baixos e procedimentos simples.

Os trabalhos citados comentam que a cromatografia pode ser facilmente aplicada em propriedades rurais pelos próprios agricultores, assim uma das intencionalidades envolvidas na realização da pesquisa foi subsidiar debates sobre a viabilidade da metodologia pelos agricultores em processo de transição agroecológica, de forma que através dos resultados encontrados nos cromatogramas possam promover mudanças em seus agroecossistemas na busca da manutenção e restauração da saúde do solo.

2 OBJETIVO

O objetivo da pesquisa foi então comparar métodos qualitativos e quantitativos de avaliação da saúde do solo. Especificamente, objetivou i) identificar os indicadores utilizados pelos/as agricultores/as e se os mesmos sentem necessidade de uso de técnicas complementares para avaliar a saúde do solo ii) comparar os resultados da qualidade do solo através da metodologia da cromatografia de Pfeiffer e as metodologias convencionais.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Área de estudo

A pesquisa foi realizada no Assentamento Horto Bela Vista, localizado no município de Iperó, mesorregião de Sorocaba, São Paulo. O assentamento foi criado em 1998 como projeto de assentamento estadual em decorrência de processos de luta no final da década de 90 na região de Sorocaba, possui 31 lotes distribuídos em uma área total de 887,88 ha. A história do assentamento Bela Vista registra início em um acampamento em George Oeterer, bairro próximo a Fazenda Ipanema. Posteriormente o acampamento mudou-se para as proximidades da antiga fazenda Horto Bela Vista, pertencente à Ferrovia Paulista S.A (FEPASA), onde houve a implementação do assentamento (LINO, 2014). Onde desde então, os assentados têm buscado sua manutenção na área.

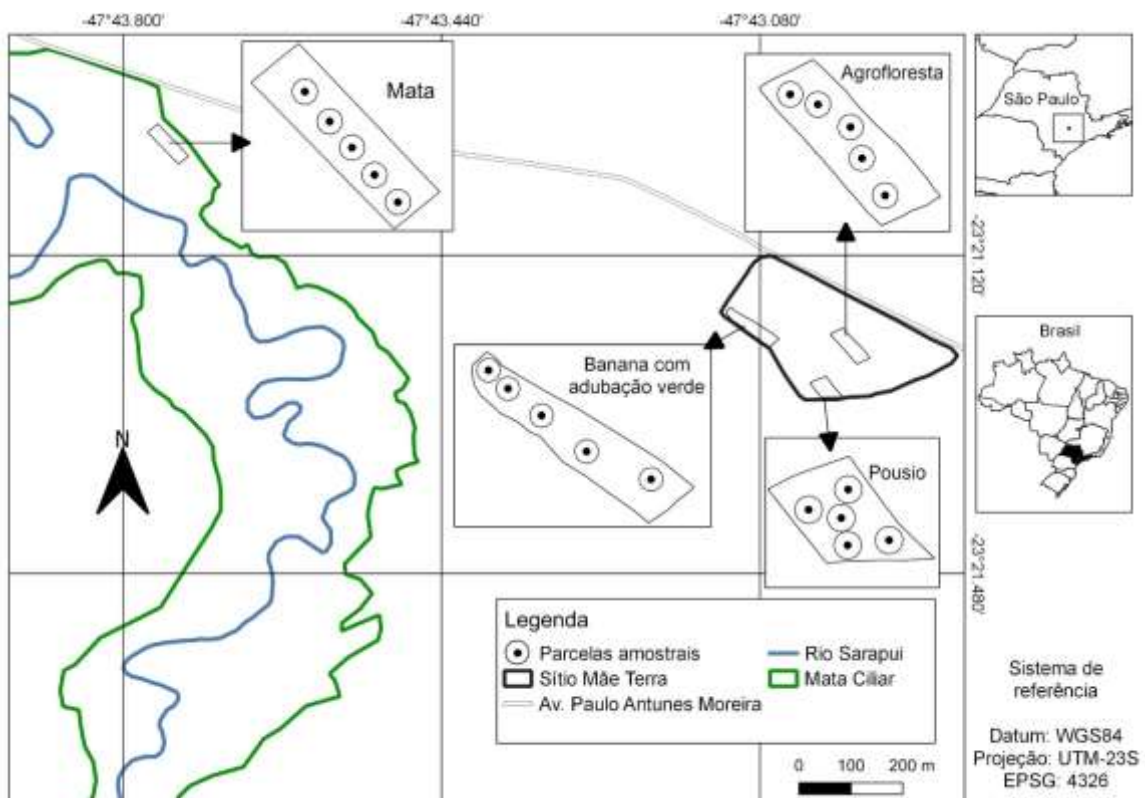
Diversos autores (BRANCO, 2012; LINO, 2014; SANTOS, 2015; OLIVEIRA, 2016; ALMEIDA, 2019) registram experiências de transição agroecológica no Assentamento Bela Vista. Há no assentamento um Organismo de Controle Social (OCS) que é responsável pela certificação orgânica de 34 produtores chamada de Unidos Venceremos - Assentamento Bela Vista - Iperó/SP. Enquanto no município existem 62 agricultores cadastrados no Cadastro Nacional de Produtores Orgânicos, 20 desses são agricultores com certificação por Organismo Participativo de Avaliação da Qualidade Orgânica (OPAC) pela Associação Brasileira de Agricultura Biodinâmica. Por apresentar particularidades interessantes aos objetivos da pesquisa optou-se por trabalhar no lote do Sítio Mãe Terra.

O sítio possui aproximadamente 7 hectares e desde sua conquista em 1998 tem sido desenvolvido por meio dos princípios agroecológicos e biodinâmicos; possui produção diversificada, voltada para o autoconsumo da família assentada e para o abastecimento de mercados de circuitos curtos como CSA (Comunidade Sustenta Agricultura) com apoio do Armazém Terra Viva. A produção do sítio é certificada, com o selo Demeter Biodinâmico, pela Associação Brasileira de Agricultura Biodinâmica, um Organismo Participativo de Avaliação por Conformidade (OPAC) e integra o Cadastro Nacional de Produtores Orgânicos.

3.2. Caracterização das áreas amostrais

No sítio Mãe Terra, foram amostrados solos em 3 diferentes usos e próximo ao sítio amostrou-se em área de preservação permanente (APP) do Rio Sarapuí, pertencente à bacia hidrográfica do rio Sorocaba (Figura 1).

Figura 1. Local da área de estudo e das parcelas amostrais

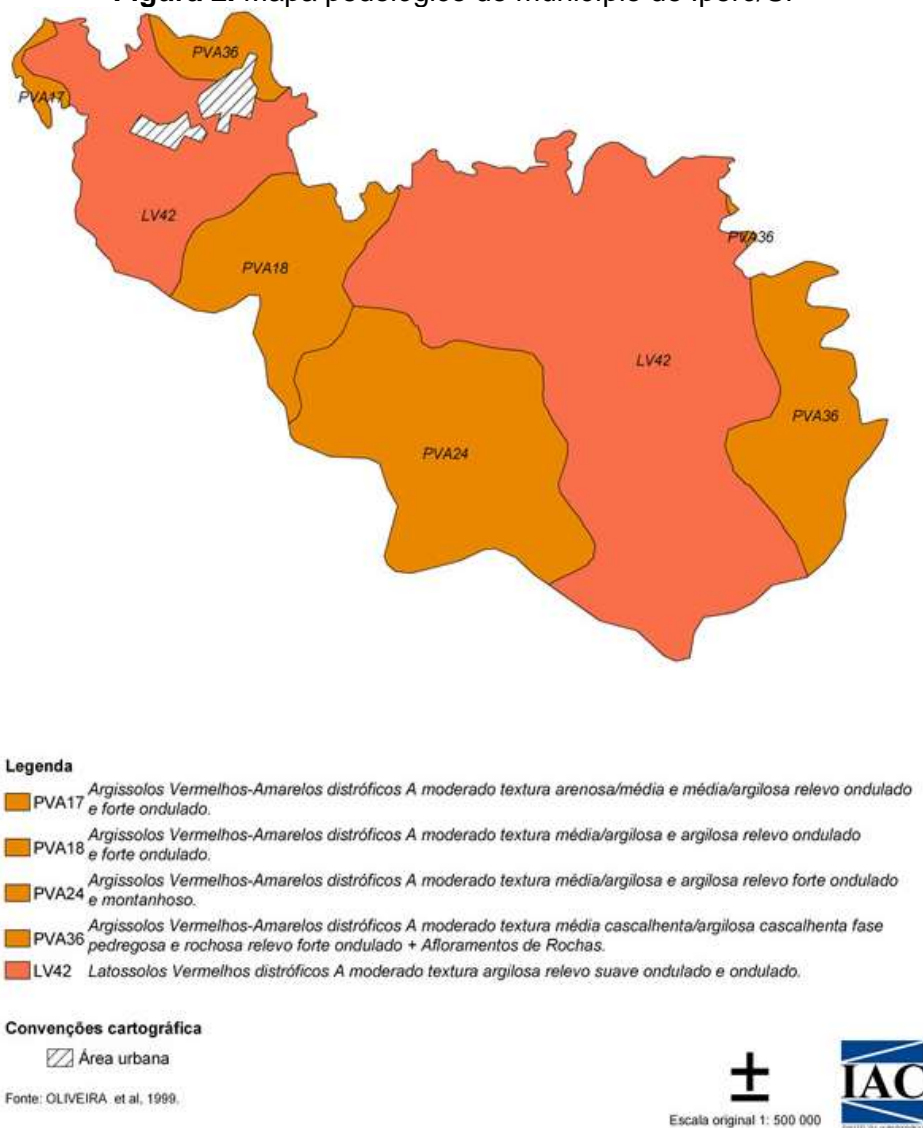


Para cada um dos usos foram delimitadas 5 parcelas circulares de 100 m² (raio de 5,64 m), sendo que em cada parcela 10 amostras simples deformadas de solo foram coletadas, na profundidade de 0-5 cm, que foram misturadas para compor uma amostra composta de solos, totalizando então em 5 amostras compostas de solo por uso. Para amostras indeformadas uma trincheira de 25x25x10cm foi aberta em cada uma das parcelas. Em cada parcela, na profundidade de 5 cm, coletou-se solos utilizando dois anéis de Kopec com capacidade de 50 cm³ na mesma profundidade, totalizando 10 repetições por uso.

As coletas aconteceram nos meses de Junho e Julho de 2019 e foram utilizadas as mesmas amostras de solo para a realização dos diferentes métodos de análise.

Conforme mapa pedológico do Estado de São Paulo (OLIVEIRA et al., 1999) os solos predominantes no município de Iperó são Argissolos vermelhos-amarelos e latossolos vermelhos-amarelos (FIGURA 2). Os solos amostrados são latossolos vermelho-amarelos distróficos nas áreas do assentamento e gleissolos na margem do rio Sarapuí.

Figura 2. Mapa pedológico do município de Iperó/SP



Fonte: OLIVEIRA et al. (1999)

As áreas de solo amostrados no assentamento pertenciam a área da antiga fazenda da Ferrovia Paulista S/A (Fepasa) que cultivava espécies de eucaliptos para fabricação dos dormentes que eram utilizados nas ferrovias da região de Sorocaba, a partir de relatos dos assentados e observação no lote foi possível confirmar que atualmente ainda há a presença de resíduos das plantações em áreas específicas do lote, as consequências do uso intensivo do solo para esse tipo de atividade certamente repercutem na qualidade do solo.

O sistema agroflorestal possui área de aproximadamente 0,2 ha com produção diversificada entre espécies arbóreas (frutíferas: exóticas e nativas

da mata atlântica) e hortaliças, a área foi implantada em 2016. O cultivo de banana com adubação verde foi plantado em 2017, também possui área de aproximadamente 0,2 ha, as espécies adubadeiras inclusas no consórcio são: feijão guandu e crotalária juncea. Antes do plantio da banana houve incorporação da massa seca do feijão guandu que estava plantado na área por 7 anos. A área considerada como pousio possui 0,1 ha, anteriormente houve plantação de cana-de-açúcar orgânica, atualmente observa-se ainda a presença de cana e capim braquiária, está sem manejo desde 2016. O Rio Sarapuí possui mata ciliar em praticamente todo seu curso, para amostragem foi escolhida a área de fácil acesso mais próxima ao Sítio Mãe Terra, trata-se de um remanescente de Floresta Estacional Semidecidual, do Bioma Mata Atlântica, que sofreu alterações e intervenções antrópicas.

3.3. Metodologias utilizadas em campo com os agricultores

As práticas para averiguação da aplicabilidade da cromatografia foram pautadas em metodologias participativas, como referência foi consultado o Caderno de metodologias: inspirações e experimentações na construção do conhecimento agroecológico (BIAZOTI; ALMEIDA; TAVARES, 2017), as ações se desenvolveram nos princípios do círculo da cultura e da comunicação popular, buscando a participação efetiva dos agricultores. Antes da realização das amostragens e da realização das oficinas de cromatografia foi realizada uma atividade baseada na metodologia “mate com prosa”, com o objetivo de traçar os indicadores de saúde do solo na compreensão dos próprios agricultores. Para isso foram sugeridas três perguntas geradoras para serem respondidas pelos membros dos grupos de agricultores que após sistematizados foram apresentadas para todos. As perguntas foram: 1-) Quais indicadores de saúde do solo que avaliam como importantes para manejos agroecológicos?; 2-) Como geralmente avaliam ou avaliariam esses indicadores?; 3-) Quais as principais dificuldades para realizar a avaliação?. O objetivo da atividade foi permitir que os agricultores demonstrassem seus conhecimentos sobre a saúde do solo e indicassem possibilidades de utilização da cromatografia. Os agricultores que participaram fazem parte da Rede Sorocabana de Agroecologia (RESOAR), que possuem a produção certificada

pelo Sistema Participativo de Garantia - SPG, pelo Organismo Participativo de Avaliação da Qualidade Orgânica – OPAC da Associação Brasileira de Agricultura Biodinâmica. Cabe comentar que na ocasião houveram outros participantes presentes como membros do Núcleo de agroecologia da UFSCar de Sorocaba Apete-Caapuã (NAAC), membros do Núcleo de Estudos em Agroecologia (NEA) de Boituva do Instituto Federal de São Paulo, membros do Instituto de Terras do Estado de São Paulo (ITESP) e do Comunidade que Sustenta Agricultura (CSA) de Sorocaba e Boituva do qual os agricultores são os fornecedores de alimentos. Os grupos foram divididos por ofício, houve um grupo exclusivo de agricultores e outros dois grupos compostos por estudantes e técnicos, todos os grupos responderam aos mesmos questionamentos, as respostas dos grupos foram sistematizadas para discussão na presente pesquisa.

Houve uma atividade de interpretação dos resultados da cromatografia que foi realizada através dos seguintes procedimentos: todos os cromatogramas da área de pesquisa foram expostos aos agricultores “às cegas”, então foi solicitado que juntos organizassem em escala decrescente os cromatogramas que apresentassem “solos saudáveis” - bom, “solos em risco” – médio e “solos degradados” – ruim. Após essa separação, foi realizada uma discussão com os agricultores sobre as formas de interpretação da cromatografia, onde foi feita a revelação do local de realização das amostras e discutido o histórico de ocupação da área, expondo as práticas e manejos empregados para permitir a compreensão do resultado e a proposição de mudanças, quando necessárias.

3.4. Análises laboratoriais

As análises químicas foram encaminhadas ao laboratório da Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP/Botucatu, realizadas segundo os métodos propostos por Raij et al. (2001). As análises físicas foram realizadas no Laboratório de Geologia e Pedologia da UNESP/Ourinhos (FIGURA 3), onde determinou-se a densidade do solo pelo anel volumétrico, densidade da partícula pelo método do balão volumétrico e análise granulométrica pelo método da pipeta segundo Moniz et al. (2009).

Figura 3. Análise granulométrica.

Fonte: Barros (2020)

As análises de cromatografia foram realizadas no Laboratório de Sementes da Associação Brasileira de Agricultura Biodinâmica, em Botucatu/SP, seguindo o método proposto por Restrepo e Pinheiro (2011) com adaptações, percorrendo os seguintes procedimentos metodológicos em campo e laboratório: 1. Amostragem do solo para a análise; 2. Identificação das amostras; 3. Secagem das amostras ao ar; 4. Coagem, maceração e peneiragem das amostras; 5. Pesagem de 5g de solo; 6. Preparação da solução de hidróxido de sódio (NaOH) com adição de NaOH a 1% em água destilada; 7. Preparação da solução de nitrato de prata (AgNO_3) com adição de AgNO_3 a 0,5% em água destilada; 8. Preparação dos papéis filtros circulares, utilizou-se na pesquisa papéis filtros circulares de numeração 4, de 150mm de diâmetro da marca Whatman®. O papel foi marcado em três locais: no centro, e 4 cm e 6 cm do centro. O centro foi perfurado com orifício de 2 mm e os pontos 4 e 6 com uma agulha; 9. Elaboração dos rolos de papel; quadriculou-se de 2 cm x 2 cm com lápis alguns papéis filtro, os quadrados foram recortados e enrolados formando rolos de papel que foram utilizados no orifício dos filtros como capilares para impregnação dos papéis com as soluções; 10. Impregnação das soluções, 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 centralizado com a solução de nitrato de prata, no menor foi colocado 0,4 ml da solução, aguardou-se que fosse impregnado até os 4 cm previamente marcados e

esperou-se que secassem sem contato com a luz; 11. Dissolução da amostra de solo com hidróxido de sódio (NaOH), a amostra de solo de 5g foi dissolvida em 50 ml da solução, agitou-se de forma circular por 6 vezes para a direita e para esquerda, descansando por 15 minutos, agitou-se novamente por 6 vezes, repetindo o mesmo procedimento após meia hora e uma hora, realizado o procedimento a solução descansou por 6 horas; 12. Impregnação com NaOH; após as seis horas de descanso da solução e da secagem do papel impregnado com AgNO_3 , foi realizada a impregnação da amostra no papel filtro, com uma pipeta foi retirado 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 cm. Após esse 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; 13. Arquivamento dos cromatogramas, após a revelação dos cromatogramas, por meio de escâner as imagens foram digitalizadas. Para apresentação dos resultados dos cromatogramas foi necessário o tratamento das imagens como recorte e aplicação de filtros, realizado através do Software Livre GIMP 2.10.12.

Para cada uma das cinco parcelas amostrais foram realizados quatro cromatogramas utilizando a mesma solução de solo, que foram realizados para verificar a repetitividade dos padrões, assim, foram 20 cromatogramas para cada uso resultando em um total de 100 cromatogramas.

3.5. Interpretação da cromatografia de Pfeiffer

Os cromatogramas foram interpretados qualitativamente a partir de padrões vinculados aos indicadores da saúde do solo. O cromatograma é uma imagem formada em um papel de filtro circular, onde a solução de solo se distribui por capilaridade formando zonas. Estas zonas vinculam-se aos indicadores de qualidade. A zona central indica a condição de aeração; a zona interna, a condição nutricional; a zona intermediária, avalia aspectos relacionados à matéria orgânica e; a zona externa, às enzimas e aos

microrganismos do solo. O cromatograma com as características reveladoras de um solo saudável apresenta a zona central com a coloração creme integrada ininterruptamente à zona interna, indicando desta forma boa aeração e estrutura. Se a ligação gradual se mantém entre a zona interna e a zona intermediária, pode-se afirmar a presença de atividade biológica benéfica associada à matéria orgânica; e por fim se a integração permanece com a zona externa formando nuvens ou ondas, com os caminhos em formato de penas desde a zona interna se encerrando nas bordas do cromograma, indica-se que a microbiologia do solo, a 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 e PINHEIRO, 2011).

Considerando esses mesmos aspectos os cromatogramas foram quantificados por meio da chave de interpretação proposta por Siqueira (2018), considerando atributos relacionados as características de cor, forma e integração para cada uma das quatro zonas reveladas nos papéis circulares (central, interna, intermediária e externa) conforme descrito na tabela 1.

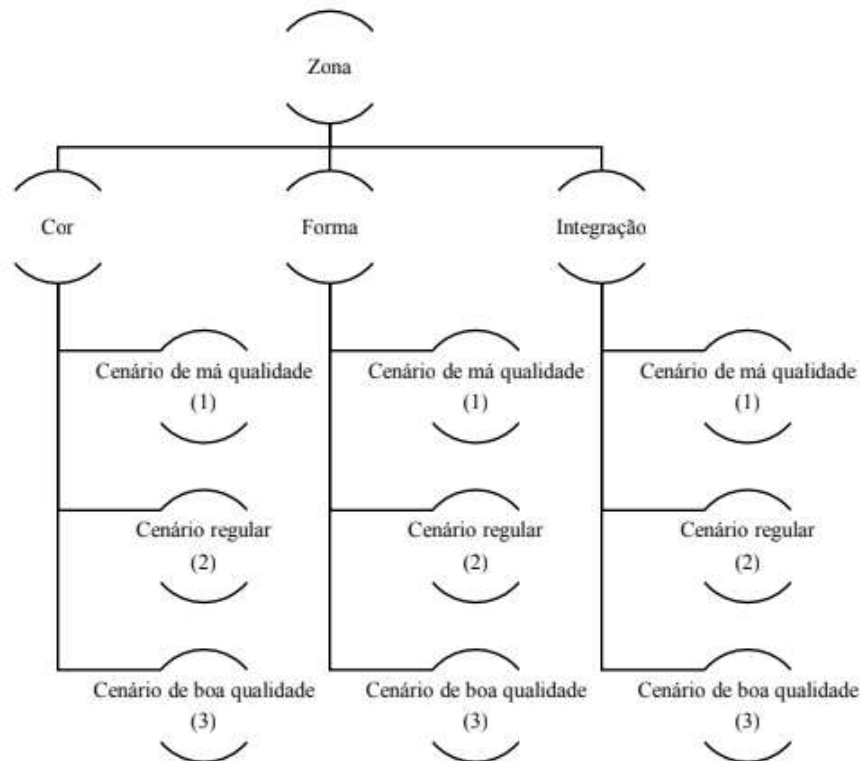
Tabela 1. Atributos presentes na chave da interpretação proposta por Siqueira (2018)

ZC	COR	FORMA	INTEGRAÇÃO	NOTA
	Coloração branca ou negra	Forma circular com borda lisa definida	Transição de Zona marcada por linha	1
	Coloração marrom clara	Forma circular com borda lisa pouco definida	Desvanecimento suave para a próxima Zona	2
	Coloração creme	Forma circular com borda irregular	Desvanecimento suave e reentrâncias na próxima Zona	3
ZI	Coloração acinzentada, violeta ou azulada	Forma circular com borda lisa definida	Ausência de radiações	1
	Coloração marrom escura ou pouco acinzentada	Forma circular com borda lisa pouco definida	Presença de radiações lisas	2
	Coloração marrom clara ou amarelada	Forma circular com borda irregular	Presença de radiações em forma de penas	3
ZINT	Coloração acinzentada ou marrom muito escura	Forma circular com borda externa pontiaguda ou grossas	Ausência de radiações e transição da Zona com a Zona anterior marcada por linha	1
	Coloração marrom escura	Forma circular com borda externa pouco pontiagudas ou grossas ou pouco irregulares ou distância de menos 1,5 cm dos vales da borda	Presença de radiações lisas	2
	Coloração marrom clara ou amarelada	Forma circular com borda externa de pontas irregulares e distância de pelo menos 1,5 cm dos vales da borda	Presença de radiações em forma de penas	3
ZE	Coloração esbranquiçada	Formas de “dentes” ou “gomos” regulares	Ausência de bolhas	1
	Coloração marrom clara com manchas marrons não ou pouco definidas	Formas de “dentes” ou “gomos” pouco regulares ou formas irregulares grandes	Presença de poucas bolhas	2
	Coloração marrom muito clara ou amarelada com manchas marrons clara bem definidas	Formas irregulares	Presença de muitas bolhas (mais que 3)	3

Fonte: Adaptado de Siqueira (2018)

Cada um dos atributos analisados nas zonas resultou em uma nota de 1 a 3, sendo 1 para condição não ideal, 2 com condição regular e 3 para condição ideal, conforme exemplificado no esquema da figura 4.

Figura 4. Organograma da chave de interpretação



Fonte: Siqueira (2018).

O somatório das notas atribuídas as zonas formam um valor de Índice de Qualidade do Solo (IQS), que consiste na nota final do cromatograma, que foram organizados em uma tabela de notas. Sendo assim para cada cromatograma a nota máxima possível seria de 12 pontos, como no total foram 5 pontos de amostragem resultando em 5 cromatogramas que passaram por 4 repetições, o IQS geral por sistema teria como nota final máxima de 48 pontos.

Havendo a sistematização dos dados para elaboração do IQS geral foi considerado a média e o desvio padrão do resultado das somas por sistema analisado e para cada uma das zonas dos sistemas. Com a média e o desvio padrão geral realizou-se um IQS ordinal, sendo que \bar{x} representa a média, e σ o desvio padrão conforme esquema (FIGURA 5).

Figura 5. Esquema para o Índice de Qualidade do Solo Ordinal



Fonte: Modificado de Siqueira (2018)

Desta maneira, foi possível ordenar os diferentes sistemas em uma escala de condição de solo: ótimo, bom, regular, ruim e péssimo, o que permitiu comparações e inferências sobre os manejos dos agroecossistemas.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Indicadores de saúde do solo utilizados pelos agricultores

Objetivando compreender os indicadores de saúde do solo utilizados pelos agricultores foi realizada uma oficina com os agricultores sobre saúde do solo que aconteceu antes do processo de coleta das amostras de solos. Na ocasião participaram 3 famílias de agricultores do assentamento Horto Bela Vista/SP, os agricultores já possuem acúmulos em metodologias participativas o que facilitou o desenvolvimento das atividades. Quando questionados sobre como sobre quais indicadores são importantes para avaliar a saúde dos solos em sistemas agroecológicos, os agricultores destacaram os indicadores presentes na Figura 6.

Figura 6. Nuvem de palavras: indicadores da saúde dos solos pelos agricultores



Fonte: Elaboração própria

Entre os indicadores apresentados pelos agricultores há os que são visuais e táteis. Deve-se ressaltar os motivos que os levaram a elencar esses indicadores. A presença das minhocas tem sua importância em manejos agroecológicos devido aos benefícios que esses seres proporcionam aos sistemas, como o revolvimento, também chamado de bioturbação que contribui para a estruturação dos solos, e na mistura de materiais orgânicos e minerais por meio do seu trato digestivo o que contribui para o aumento de partículas coloidais no solo e processamento da matéria orgânica (PRIMAVESI, 2016). A presença da matéria orgânica oferece ao solo além de elementos químicos essenciais ao desenvolvimento das plantas, maior agregação, maior capacidade de retenção da água e dos nutrientes (LEPSH, 2016). A aeração é um atributo essencial em solos saudáveis uma vez que contribui para a permeabilidade da água e maior capacidade de crescimento radicular das plantas. O processo de compactação resulta no maior escoamento superficial que pode ocasionar em processos erosivos, dependendo do nível de compactação pode haver restrição ao crescimento das raízes, o que impacta na produção das culturas (PRIMAVESI, 2016). A textura, que configura a distribuição do tamanho das partículas presentes nos solos, releva informações que determinam a maneira de manejá-los e a escolha de cultivos adequadas as condições de gênese do solo, devido as diferentes potencialidades e fragilidades dos solos de textura arenosa, média e argilosa. As plantas

espontâneas evidenciam a saúde do solo, são consideradas indicadoras em virtude de se desenvolverem voluntariamente no meio que apresenta condição favorável de sua adaptação, como pH, excesso ou deficiência de nutrientes no solo, esse conhecimento é um importante aliado dos agricultores que é desenvolvido através da observação. A sanidade dos cultivos destacada pelos agricultores está associada ao equilíbrio do ecossistema que garante o controle de pragas e doenças que assegura produção satisfatória.

Quando questionados sobre como realizam a análise da saúde dos solos manejados por eles através desses indicadores, as respostas foram as seguintes: analisam a presença da matéria orgânica através do cheiro e da cor, e da presença da fauna edáfica. A aeração e a compactação são percebidas segundo eles através da observação do tempo que água leva para infiltrar após um período de chuvas, a saúde das plantas é evidenciada pela coloração apresentada pelas folhas e frutos, também visualmente acompanham a presença de pragas e doenças, plantas espontâneas e a produtividade. A textura é um indicador tátil já que reconhecem a característica dos solos por meio da moldabilidade em função do teor de argila.

A exposição dos agricultores em decorrência dos questionamentos propostos demonstra que eles possuem capacidade de analisar o solo, reconhecendo quando estão saudáveis a partir da observação dos seus agroecossistemas, pautados no conhecimento tradicional que desenvolvem a partir do manejo agroecológico.

Na abordagem da terceira questão: “Quais as principais dificuldades para realizar a avaliação?”, os agricultores responderam que uma das maiores dificuldades é que para cada indicador existem técnicas laboratoriais específicas e que os instrumentos e ferramentas de análises nem sempre são acessíveis financeiramente. O que evidencia que não estão totalmente confiantes em relação aos métodos que eles próprios utilizam na avaliação dos seus agroecossistemas. A ausência de confiança por parte dos agricultores em seus saberes se dá em decorrência do processo de silenciamento dos saberes tradicionais à vista do saber científico, instaurado no campo por meio da extensão rural domesticadora (FREIRE, 1983), que acabou por incentivar a

adoção de práticas e métodos dependentes dos laboratórios e insumos comerciais.

A discussão sobre essa questão durante a exposição dos agricultores abriu a possibilidade de diálogo a respeito da potencialidade da cromatografia como método que avalia integralmente os indicadores listados, podendo ser utilizada como apoio na avaliação da saúde dos solos, notoriamente não substituindo os saberes que os agricultores possuem sobre como avaliar seus agroecossistemas, mas podendo inclusive ajudá-los na corroboração desses conhecimentos e dos resultados da observação. O potencial da cromatografia está relacionado ao fato de os procedimentos e os custos serem mais acessíveis aos agricultores, quando comparadas os métodos convencionalmente utilizados no campo acadêmico. Mas vale lembrar que para que os agricultores se apropriem do método é necessário que sejam capacitados e instrumentalizados, restrição que pode ser superada através da parceria entre o campo e as universidades, como a existente no decorrer dessa pesquisa.

No grupo dos não-agricultores, isto é, técnicos, estudantes e simpatizantes, as respostas também foram sistematizadas, apesar de algumas similaridades, já que existem indicadores que se repetem em relação aos indicados pelos agricultores, percebe-se também diferença tanto na forma de compreensão dos indicadores, como na forma de análise e nas dificuldades apontadas pelos participantes.

Surgiu uma quantidade maior de indicadores que devem ser considerados em sistemas agroecológicos. Alguns dos indicadores que surgiram, só são possíveis de serem averiguados por meio de técnicas específicas, como: nutrientes e elementos químicos, microrganismos, presença de húmus, temperatura, pH e acidez. O mesmo em relação ao como analisar, onde surgiram instrumentos e métodos mais acessíveis ao meio acadêmico: penetrômetro, respiração do solo, estabilidade do torrão e análise química. Apesar disso, na ocasião houve participantes que apontaram indicadores e formas de avaliação do solo mais acessíveis aos agricultores como a avaliação visual através das cores predominantes nos solos, avaliação das folhas,

observação do crescimento da raiz das plantas, percepção da matéria orgânica através do olfato, a observação da infiltração da água e mesmo a identificação da acidez do solo por meio do uso do vinagre e bicarbonato, o compartilhamento dos resultados pautado na troca de saberes através da comunicação popular permitiu que todos os participantes estivessem envolvidos no diálogo sobre os modos possíveis de avaliação da saúde do solo.

Em relação as dificuldades os participantes destacaram a questão financeira e a confiança na percepção dos próprios agricultores sobre as análises como uma das maiores dificuldades.

Cabe destacar que nenhum dos participantes do grupo dos não-agricultores indicou a produtividade como indicador da saúde do solo em sistemas agroecológicos, enquanto para os agricultores é um dos indicadores necessários, tendo em vista que dependem da produção de alimentos para seu sustento. O que acaba justificando que a conceituação de qualidade e saúde do solo apresentem a produtividade como um dos indicadores. Os dados estão presentes na tabela 2.

Tabela 2. Resultado dos questionamentos sobre saúde do solo com o grupo de não-agricultores

Indicadores	Como?	Dificuldades?
Minhocas; Desenvolvimento da planta; Presença da matéria orgânica; Aeração/Compactação; Estrutura do solo; Textura; Plantas indicadoras; Microrganismos; Umidade; Cobertura do solo; Nutrientes/Elementos químicos; Cor; Presença de húmus; Diversidade de vida; Temperatura; Ph/Acidez.	Visual; Avaliação das folhas; Observação do crescimento da raiz das plantas; Olfato; Infiltração da água; Respiração do solo; Análise do perfil do solo; Penetrômetro; Estabilidade do torrão; Análise química; Uso do vinagre e bicarbonato para indicar acidez do solo.	Falta de padronização; Tempo; Invisíveis ao olho nu; Dinheiro para análise; Confiança na percepção dos próprios agricultores; Resgate da sensibilidade dos agricultores.

Fonte: Elaboração própria

A atividade atendeu ao objetivo proposto de constatar os indicadores utilizados pelos/as agricultores/as e se os mesmos sentem necessidade de uso de técnicas complementares para avaliar a saúde do solo. Foi perceptível que apesar de disporem de conhecimentos tradicionais ainda apreciam os resultados das análises convencionalmente utilizadas no meio acadêmico, principalmente quando responderam sobre as dificuldades encontradas para que a análise seja efetivada. A realização da exposição ao final da oficina dos resultados pelos participantes dos diferentes grupos (FIGURA 7) gerou debate, reflexão e provocou trocas de saberes sobre a percepção em relação a saúde do solo.

Figura 7. Socialização dos resultados das tarjetas



Fonte: Barros (2020)

Com a intencionalidade de compartilhar o conhecimento com os agricultores foi realizada uma oficina de socialização dos resultados da pesquisa. Os agricultores foram provocados para que interpretassem os cromatogramas da pesquisa organizando-os em uma escala de “solos saudáveis” - bom, “solos em risco” – médio e “solos degradados” – ruim (FIGURAS 8 e 9).

Figura 8. Agricultores observam as análises de cromatografia



Fonte: Barros (2020)

Figura 9. Organização dos cromatogramas feita pelos agricultores



Fonte: Barros (2020)

Durante a realização da atividade os agricultores acabaram correlacionando a característica das cores presentes nos cromatogramas como características de solos saudáveis, sem considerar a integração das zonas e as formas presentes nos cromatogramas. Os agricultores consideraram os cromatogramas com cores mais escuras como os que indicam solos saudáveis, por ser um dos indicadores visuais utilizados em suas análises habituais de solo, uma vez que a presença da matéria orgânica denota solos com colorações escuras. Foi necessária então a intervenção através de uma apresentação evidenciando aos agricultores as características esperadas para cada uma das zonas presentes nos cromatogramas para solos saudáveis, na

apresentação foi abordado também os resultados das análises químicas e físicas para relacionassem com as informações presentes nos cromatogramas sobre a saúde dos solos dos sistemas analisados (FIGURA 10). A exposição utilizando os cromatogramas abriu a possibilidade de diálogo para que os agricultores tirassem suas dúvidas e compreendessem a maneira adequada de interpretação da saúde do solo através da cromatografia e suscitou debate sobre quais foram os manejos empregados nas áreas analisadas pela cromatografia e pelos indicadores químicos e físicos.

Figura 10. Diálogo sobre interpretação dos resultados da cromatografia



Fonte: Barros (2020)

4.2. Avaliação visual da saúde do solo através da CCP

Através da interpretação visual da cromatografia é possível observar que na área da mata ciliar a zona central obteve um desenvolvimento satisfatório, com aspectos esperados para solos aerados, bem estruturados e com matéria orgânica abundante que é coloração branco cremosa com reentrâncias nas zonas sequenciais (RESTREPO e PINHEIRO, 2011). Na área do sistema agroflorestal o desenvolvimento da zona central foi limitado, com coloração mais escura e tamanho menor, o que indica limitações nos atributos físicos do solo. Tanto a área da banana como a área de pousio apresentaram situação intermediária, a zona central teve um bom desenvolvimento, coloração creme, o que indica sinais de aeração.

















Avaliando visualmente a zona interna, que é considerada a zona que revela as condições químicas dos solos, vê-se que no sistema agroflorestal houve a formação da zona com cor escura estendida até as outras zonas sem

interrupções, característica desejável. Na área da banana e do pousio, a zona formada demonstrou um desenvolvimento comprometido, observa-se que é bem delimitada indicando pouca integração com a matéria orgânica e os nutrientes, isto indica que o solo está empobrecido quimicamente. Na mata, foi observado que a zona teve pouco desenvolvimento havendo também uma linha a delimitando da zona posterior, apesar disso é possível observar que ela foi maior e suas cores se apresentaram mais integradas com a zona seguinte.

As características visuais das zonas intermediárias e externas indicam as condições de presença da matéria orgânica, a ação dos microrganismos e a atividade enzimática na análise de CCP. No sistema agroflorestal a zona intermediária 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 zona intermediária que seguiram até a zona externa. Este tipo de padrão visual significa estoque de matéria orgânica no solo em forma de húmus com intensa atividade microbiológica (RESTREPO e PINHEIRO, 2011). Na área da banana nota-se que a zona intermediária apresentou radiação em formas de flechas, com terminações pontiagudas que pouco se conectam com a zona seguinte, que se revelou na imagem com tamanho grande e com desenhos mais achatados, poucas nuvens e poucas manchas, o que indica pouco acúmulo de húmus. Na área da mata a zona intermediária apresentou terminações irregulares com presença de radiação em formas de penas, 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 e PINHEIRO, 2011). Na área do pousio a zona intermediária revelou forte radiação em forma de flechas com terminações curtas que não se conectam diretamente com a zona externa, o que indicou pouco acúmulo de húmus e baixa atividade microbiológica.

As interpretações descritas foram realizadas para cada umas zonas a partir das observações dos cromatogramas de cada um dos usos estudados que estão expostos na figura 11.

Figura 11. Zonas do resultado da CCP dos usos amostrados.

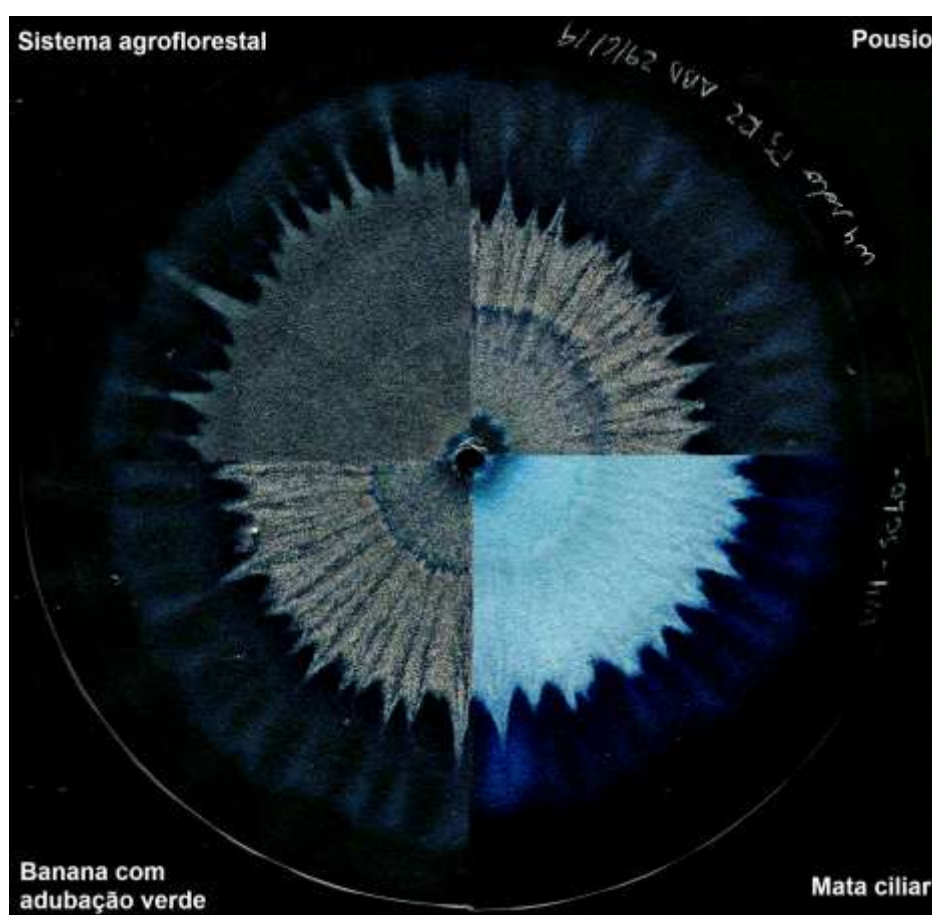
	BAN	MAT	POU	SAF
Zona central				
Zona interna				
Zona Intermediária				
Zona externa				

Nota: BAN: banana, MAT: mata, POU: pousio e SAF: sistema agroflorestal.
Fonte: Barros (2020).

Por meio da avaliação visual que permite uma análise qualitativa pode-se constatar que os cromatogramas das áreas de banana com adubação verde

e de pousio se aproximam em seus aspectos visuais: formação de anéis marcados que separam as zonas e maior distância entre a zona externa e as bordas. Em contrapartida, os cromatogramas das áreas de mata e do sistema agroflorestal são mais similares entre si, em ambos há a formação de radiações sinuosas que se estendem até as margens dos cromatogramas com integração entre elas e poucas ou apenas tênues demarcações separando-as, a figura 6 permite vislumbrar tais inferências.

Figura 12. Quartis dos cromatogramas das áreas estudadas.



Fonte: Elaboração própria.

4.2. Avaliação da saúde do solo através da chave de interpretação da CCP

Os valores dos cromatogramas foram quantificados por meio da chave de interpretação proposta por Siqueira (2018), que considerou para cada uma das quatro zonas 3 critérios: forma, cor e integração com pontuação de 0 (ausência da zona) até 3 para condição ideal, que somados resultaram num índice de qualidade do solo (IQS).

Na avaliação dos cromatogramas, a média total foi de 26,62 e desvio padrão de 3,82. A Figura 8 apresenta a escala adotada para esse estudo.

Figura 13. Índice de Qualidade do Solo ordinal (IQSo)



Fonte: Elaboração própria

Realizada a classificação numérica ordinal baseada na Figura 3, os diferentes usos analisados foram categorizados. A única área estudada que foi classificada com IQSo bom foi a mata ciliar, o sistema agroflorestal ficou com índice regular, a área da banana com adubação verde como ruim e o pousio foi classificado com IQSo péssimo, os índices estão dispostos na Tabela 1.

Tabela 3. Média e desvio padrão das áreas amostrais com seus respectivos IQS.

Sistema avaliado	MED	DP	IQSo
BAN	25,55	0,825579	RUIM
MAT	31,55	0,82557779	BOM
POU	21,55	1,394538	PÉSSIMO
SAF	27,85	1,386969	REGULAR

Nota: BAN (banana com adubação verde), MAT (mata ciliar), POU (pousio), SAF (sistema agroflorestal), MED (média), DP (desvio padrão) e IQSo (Índice de qualidade do solo ordinal).

Especificando a avaliação dos resultados através da avaliação pela chave de interpretação conclui-se que o único uso que teve valores baixos na zona central foi o pousio, em razão da forma circular com borda lisa definida e da ausência de integração com a zona interna. Reflete-se que caso o critério de avaliação considerasse o tamanho da zona, os cromatogramas do sistema agroflorestal teriam tido valores menores na zona central. Para a zona interna, a mata se destacou acima dos outros usos, por apresentar coloração marrom, com forma circular irregular e presença de radiações em formas de penas. Na zona intermediária, a mata também se destacou por apresentar forma circular com borda externa de pontas irregulares e distância de pelo menos 1,5 cm dos vales da borda e por apresentar radiação em forma de penas, enquanto que as áreas de banana e de pousio apresentaram forma circular com borda externa pontiaguda, cenário que aponta má condição para esta zona. Para a zona

externa, as variações ocorreram em razão da coloração marrom muito clara ou amarelada com manchas marrom clara bem definidas e das variações das formas irregulares que surgiram nas áreas de mata e do sistema agroflorestal. A presença de bolhas conforme as apresentadas nas imagens de referências presentes na chave de interpretação não foram notadas na zona externa em nenhum dos cromatogramas o que não permitiu nota máxima (9) para nenhum dos usos nessa zona já que para esse atributo todos os sistemas pontuaram 1. Os box plots (FIGURAS 14, 15, 16 e 17) apresentam as variações de valores máximos, mínimos e de média dos valores totais para cada sistema analisado e para cada uma das zonas.

Figura 14. Box plot dos valores totais dos cromatogramas

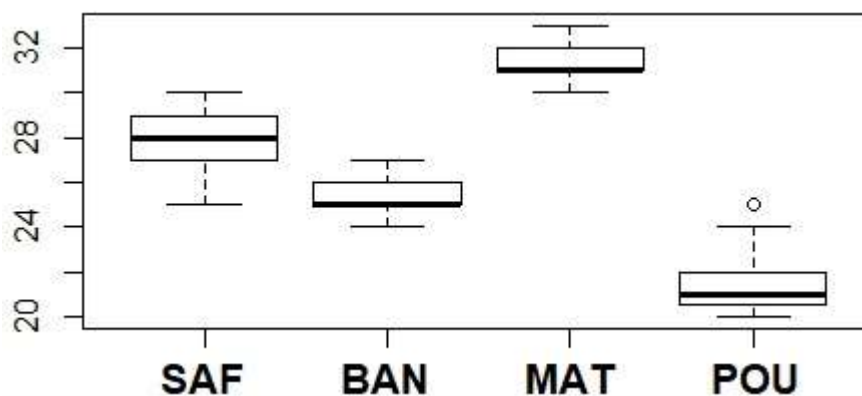


Figura 15. Box plot da ZC

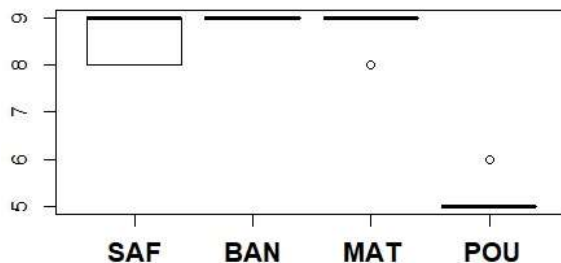
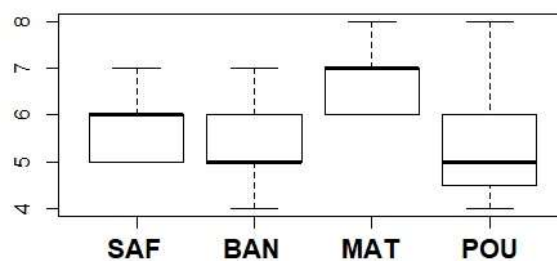
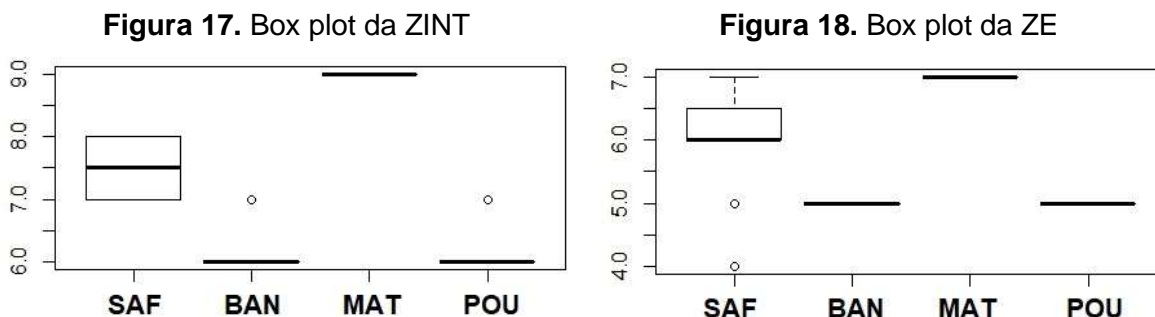


Figura 16. Box plot da ZI





Nota: Sendo SAF (sistema agroflorestal), BAN (banana com adubação verde), MAT (mata ciliar), POU (pousio), ZC (zona central), ZI (zona interna), ZINT (zona intermediária) e ZE (zona externa).

Fonte: Elaboração própria

Na aplicação do mesmo método de quantificação dos cromatogramas, gerando um IQSo, Siqueira (2018) trabalhou com a escala de péssimo, regular, médio, bom e ótimo e encontrou os seguintes resultados: plantio de milho convencional transgênico obteve qualidade péssima; área de bananal, pastagem e lichia com qualidade médio; sistema agroflorestal com qualidade regular (no atual critério adotado, o sistema agroflorestal ficaria como ruim) e assim como na presente pesquisa o único sistema com qualidade boa foi a mata ciliar. Nota-se que a metodologia de quantificação dos cromatogramas permitiu a avaliação dos sistemas e a compreensão da saúde dos solos, sendo sensíveis aos atributos do solo. A chave de interpretação serviu para padronizar a identificação dos diagnósticos revelados, direcionando e facilitando a leitura dos resultados.

4.3. Avaliação da saúde do solo através de indicadores químicos e físicos

Por intermédio dos resultados da análise química depreende-se que o solo do sistema agroflorestal se encontra com acidez muito baixa, certamente esse resultado foi possível em razão da calagem que foi realizada antes da implantação do sistema agroflorestal. A matéria orgânica encontra-se com teor alto no sistema agroflorestal, os teores averiguados foram maiores que os encontrados por Guidolini (2015) no mesmo tipo de solo em mesma profundidade em sistema agroflorestal. Sabe-se por relato dos agricultores que diversas fontes foram utilizadas para aumentar a fertilidade da área como

esterco de gado curtido, composto biodinâmico sólido, biofertilizantes biodinâmicos, além de coquetéis de adubação verde. O resultado da análise química confirma a eficácia do manejo de adubação orgânica através dos valores encontrados para matéria orgânica e para os valores de P, K, Ca e Mg. Sabe-se que a adubação verde com o coquetel com sementes de girassol, milho, mucuna preta, feijão de porco, feijão guandu, crotalária e leucena propicia o maior acúmulo de nutrientes no solo e sua decorrente disponibilização às plantas, aumentando o teor de N, K, Ca, Mg e P no solo (BARROSO et al. 2009). Além disso, os agricultores relatam também que foi aplicado duas vezes por ano o termofosfato yoorin (50g/m^2) para manter a fertilidade do solo, sendo incorporado principalmente nos sulcos abertos para o plantio, o que pode explicar os altos valores de fósforo amostrado no sistema agroflorestal. Por meio dos dados apresentados, é possível afirmar que a adubação realizada com frequência está proporcionando os elevados níveis de nutrientes presentes no solo. Para os teores de micronutrientes S e B estão com teores médios, Cu, Zn e Fe com teores muito altos, com exceção do Fe que demonstra teor médio, o único elemento deficiente é Mn.

Os solos sob plantio de banana com adubação verde demonstram condição de acidez média, o resultado é positivo tendo em vista que não foi realizada calagem na área antes do plantio. O teor de matéria orgânica encontrado na área foi médio, certamente tal cenário é reflexo do histórico da adubação verde por feijão-guandu, a espécie leguminosa esteve crescendo no solo por pelo menos 7 anos e foi incorporada na área para o plantio das bananeiras. Cardoso et al. (2014) confirmam o potencial de incorporação de matéria orgânica no solo e o aumento da produtividade promovidos pela adubação com guandu. Os teores encontrados de Ca e Mg foram muito altos, enquanto o de potássio (K) teve teor médio. As quantidades de fósforo foram baixo, com base nos parâmetros para culturas perenes de Raij et al. (1996) e principalmente para a cultura da banana que é exigente neste elemento. Verifica-se S e Zn com teores baixos e teores médios para B e Cu, enquanto para Mg e Fe altos teores. De acordo com os valores encontrados, propõe-se práticas de adubação que promovam a incorporação desses nutrientes,

visando o aumento da produtividade e da fertilidade do solo. Rayol e Alvino-Rayol (2012) estudaram o potencial de adubação verde do guandu e encontraram concentrações de macronutrientes (N: 38,01 g/Kg; P: 4,89 g/Kg; K: 15,06 g/Kg) e micronutrientes (Cu: 25 mg/Kg; Mn: 63 mg/Kg; Fe: 271 mg/Kg e Zn: 58 mg/Kg) contidas na matéria seca durante a floração da espécie. Além disso, o guandu por se tratar de uma espécie leguminosa, possui a capacidade de fixar nitrogênio atmosférico, quando em simbiose com bactérias do grupo conhecido genericamente como *Rhizobium* (BORGES et al., 2018). Como o guandu já está consorciado com a banana, o que pode ser realizado é a incorporação ao solo para que os nutrientes sejam disponibilizados melhorando os atributos químicos da área.

Na área de mata ciliar do rio Sarapuí foi encontrada situação de acidez muito alta no solo. A acidificação é um processo natural decorrente do intenso intemperismo ao qual são submetidos os solos de ecossistemas tropicais em razão do regime de alta precipitação que resulta na lixiviação carregando os íons de Ca^{2+} e o Mg^{2+} para as camadas inferiores contendo CO_2 , sendo substituídos nos coloides pelos íons H^+ (RONQUIM, 2010). O solo se encontra com valor alto de saturação por alumínio (49,8 %). Quanto aos macronutrientes P, K, Ca, Mg, foram encontrados altos teores. Essas características levantadas pela pesquisa decorrem do intenso acúmulo de materiais orgânicos na área que favorece a ciclagem dos nutrientes. O teor de matéria orgânica encontrado é considerado muito alto, o valor está acima de 60 g/dm^3 o que indica acúmulo de matéria orgânica no solo. Observa-se dificuldade de decomposição possivelmente pelo fato de as áreas serem alagadas em períodos de cheias, influência da sazonalidade do rio Sarapuí (SMITH e NASCIMENTO, 2016), cuja morfologia é meandrante. Os teores de micronutrientes encontrados na mata apontam que os diferentes materiais orgânicos depositados através da serapilheira têm promovido intensa ciclagem de nutrientes associada a diversa fauna edáfica, o resultado é teor alto para S, Cu, Fe, Mn e Zn e teor médio para B.

O pH do solo na área de pousio se encontra com acidez alta. Com teor muito baixo de P e médio de K. Ca e Mg aparecem com teor alto. A matéria orgânica apresentou teor mais baixo que o verificado em qualquer um dos outros usos estudados, processo decorrente de ausência de incorporação de resíduos orgânicos na área, ainda assim o teor de matéria orgânica é considerado médio. Segundo relatos dos agricultores foi realizado calagem a lanço nos sulcos abertos para o plantio de cana-de-açúcar há 7 anos atrás, desde então não foi realizado manejo na área. Quanto aos micronutrientes da área de pousio, observa-se teor baixo em S e Zn, médio em B, Cu e Mn, o único micronutriente encontrado com alto teor foi o Fe, que em solos de regiões tropicais geralmente é abundante em razão do forte intemperismo dos materiais parentais que aumenta os óxidos e hidróxidos de ferro no solo.

À luz dos parâmetros analisados, pode-se inferir que os sistemas, em que houve a incorporação e o plantio de adubação verde, obtiveram os melhores resultados nos atributos químicos, como as áreas de banana e do sistema agroflorestal. Este desempenho positivo pode ser assinalado pela capacidade de acúmulo de nutrientes que retornam ao sistema edáfico pelo depósito de seus resíduos orgânicos no solo, através da ciclagem de nutrientes com colaboração da fauna edáfica e em razão da fixação biológica de nitrogênio (BARROSO et al., 2009). A frequência do manejo também contribuiu para a saúde dos solos, a utilização das entrelinhas do sistema agroflorestal para a produção de hortaliças exigiu a incorporação de matéria orgânica constante, influenciando os resultados das análises químicas. A tabela 4 apresenta detalhadamente os valores dos indicadores químicos dos sistemas avaliados.

Tabela 4. Indicadores químicos de qualidade do solo

Indicadores		Sistemas avaliados							
		BAN		MAT		POU		SAF	
		MED	DP	MED	DP	MED	DP	MED	DP
pH	CaCl ₂	5,33	0,13	4,10	0,26	4,70	0,25	6,28	0,31
M.O.	g/dm ³	27,96	1,66	62,40	9,81	24,97	2,63	31,60	4,34
P _{resina}	mg/dm ³	5,39	0,75	20,20	3,77	3,58	0,50	141,40	54,30
Al ³⁺	mmol/dm ³	0,48	0,37	16,40	9,61	2,99	1,94	0,00	0,00
H+Al		31,38	4,20	128,60	31,28	41,56	5,67	12,80	1,30
K		2,25	0,87	5,30	0,82	2,27	0,60	7,62	1,47
Ca		32,77	3,29	35,80	12,93	20,32	5,68	68,00	14,27
Mg		10,11	1,53	14,00	4,18	8,49	0,64	22,60	3,29
S		4,33	1,49	13,60	1,52	4,56	1,49	7,80	0,45
B	mg/dm ³	0,28	0,02	0,32	0,07	0,22	0,02	0,34	0,04
Cu		0,55	0,05	1,80	0,21	0,67	0,03	1,50	0,42
Fe		37,09	6,22	250,80	36,95	57,46	7,75	13,00	5,00
Mn		4,32	1,01	8,08	2,49	3,42	1,31	0,92	0,22
Zn		0,56	0,10	5,84	2,80	0,31	0,11	4,92	1,64

Nota: BAN (banana com adubação verde), MAT (mata ciliar), POU (pousio), SAF (sistema agroflorestal), MED (média), DP (desvio padrão).

Fonte: Barros (2020)

Quanto aos indicadores físicos, o sistema agroflorestal apresentou solo de textura franco arenoso. Os valores encontrados no sistema agroflorestal analisado de 1,47 g/cm³ foram maiores que o encontrado por Barreto et al. (2006, 418) em sistema agroflorestal com cacau, que foi de 1,11 g/cm³ na camada de 0-10 cm. Em argissolo vermelho-amarelo Loss et al. (2009, 71) constataram valores de densidade de solo variando entre 1,32 – 1,42 g/cm³ para a mesma profundidade de 0-5cm. Por se tratar de amostragem da camada superficial do solo eram esperados valores mais baixos de densidade. Porém, sabe-se que apesar da maior parte dos princípios agroecológicos serem adotados na área, o preparo do solo antes do plantio geralmente é por meio de máquinas agrícolas que revolvem o solo, o que afeta diretamente na densidade do solo e de outros atributos físicos como a porosidade total que ficou com valor inferior a 50%.

Tratando-se de solos francos, os valores encontrados na área da banana com adubação verde indicam que os solos nas parcelas amostradas não estão compactados (BRADY e WEIL, 2009), o histórico de plantio de feijão guandu como adubação verde pode ter influenciado esses resultados, já que essa espécie possui sistema radicular bem desenvolvido, o que permite rompimento de camadas compactadas (SAGRILO, 2009). Estudos sobre o plantio direto sob argissolo vermelho confirmaram a eficiência do guandu na manutenção das condições físicas do solo na camada 0-10 cm de profundidade (LANZANOVA et al., 2010; ALVARENGA et al., 1995) concluíram que o guandu se classifica como uma das leguminosas utilizadas para cobertura vegetal com maior capacidade de penetração de raízes em profundidade no solo, além da produção de biomassa aérea e imobilização de nutrientes.

O valor da densidade e de porosidade total na área da mata indicam situação de aeração nos solos amostrados em condição natural decorrente da ação da fauna e do alto teor de matéria orgânica. O solo da área da mata se trata de solo argiloso. Os valores encontrados para densidade do solo foram inferiores aos encontrados por Guidolini (2015) na profundidade 0-20 cm em Floresta Estacional Semidecidual e próximos aos de Barreto et al. (2006) que coletou anéis em profundidade de 0 - 10 cm (1,07). E maiores que a faixa média encontrada em argissolo vermelho amarelo em área de mata (0,85 g cm³) no estudo de Hickmann et al. (2012).

Na área de pousio que possui textura de solo franco-argilo-arenosa valor acima de 1,50 g/dm³ em densidade do solo já apresenta condição de compactação, o que dificulta o crescimento radicular de plantas e a presença da fauna do solo que atua positivamente nos atributos físico-químicos (BRADY e WEIL 2009). A área apresentou valores muito próximos do parâmetro acima citado, inclusive com baixo volume de poros. Pode-se afirmar que a área de pousio está degradada fisicamente e com restrições químicas para sua utilização, recomenda-se a partir deste diagnóstico a adoção de práticas que permitam o restabelecimento dos solos dessa área. Por ser área de pousio que há o cultivo de cana-de-açúcar e braquiária, propõem-se a incorporação do

material vegetal ao solo e a implantação de espécies de cobertura para adubação verde, o preparo do solo com subsolagem também poderá trazer benefícios por permitir o revolvimento das camadas compactadas.

Tabela 5. Indicadores físicos de qualidade do solo

Indicadores	Sistemas avaliados							
	BAN		MAT		POU		SAF	
	MED	DP	MED	DP	MED	DP	MED	DP
Areia (%)	51,00	1,41	19,29	12,40	55,60	1,19	51,23	1,49
Argila (%)	20,00	1,58	46,60	7,89	19,40	1,14	18,40	1,52
Silte (%)	29,00	1,58	34,11	8,97	25,00	0,68	30,37	1,59
Ds (g/cm ³)	1,30	0,08	1,00	0,17	1,47	0,27	1,47	0,12
Dp (g/cm ³)	2,64	0,03	2,54	0,03	2,60	0,03	2,66	0,10
VTP (%)	50,60	2,07	57,60	3,65	45,20	8,84	43,60	4,93

Nota: BAN (banana com adubação verde), MAT (mata ciliar), POU (pousio), SAF (sistema agroflorestal), MED (média), DP (desvio padrão), Ds (densidade do solo), Dp (densidade da partícula) e VTP (Volume total de poros).

Fonte: Barros (2020)

4.4. Comparação entre os métodos para avaliação da saúde dos solos

Em menção aos métodos propostos para atingir ao objetivo posto no trabalho que é analisar a saúde dos solos em diferentes sistemas conclui-se que foram eficazes para conclusão que os solos mais saudáveis foram o da área de mata ciliar e do sistema florestal. Os padrões de integração nos cromatogramas foram sensíveis à fertilidade química, mas observa-se que não foram capazes de diferenciar a acidez dos solos estudados, tendo em vista que na área de mata o solo apresentou condição de acidez e no SAF apresentou pH neutro, corroborando com os resultados encontrados por Graciano (2018) e Kokornaczyk et al. (2016), que não observaram influência da acidez nos padrões cromatográficos, o que faz crer que foram os teores de matéria orgânica associado aos teores de macros e micronutrientes que promoveram a integração manifestada nos cromatogramas.

Em relação aos atributos físicos dos solos foi possível encontrar coerência nos padrões desenvolvidos, os valores de densidade do solo e de volume total de poros contribuíram para que a zona central da área da mata e

da banana tivessem condições de desenvolvimento mais próximos aos esperados para solos aerados, Graciano et al. (2020) adotando critérios como tamanho e coloração para a zona central encontrou correlação negativa com resistência à penetração e Bezerra (2018) afirmou que foi possível encontrar semelhanças entre os solos que apresentaram bons padrões de desenvolvimento da zona central com maior macroporosidade e maior diâmetro médio ponderado consolidando assim as confluências existentes entre a zona central dos cromatogramas com atributos físicos do solo como compactação e porosidade.

Para a zona interna, Graciano et al. (2020) encontrou ainda forte correlação com carbono orgânico total (COT) com radiações bem marcadas nessa zona, coloração marrom e interação com as demais zonas. Com tais condições, através dos cromatogramas e dos resultados das análises químicas pode-se inferir convergência entre o desenvolvimento dessa zona com os teores de matéria orgânica.

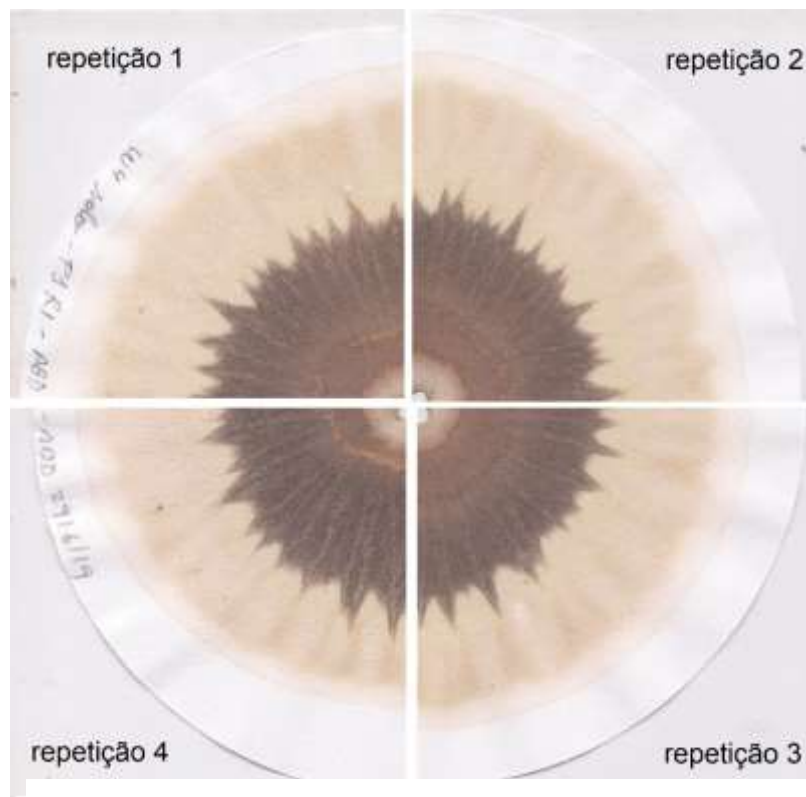
Para a zona intermediária e zona externa, tem-se que os maiores valores encontrados através da análise qualitativa da cromatografia foram nos usos de mata e do sistema agroflorestal, Graciano et al. (2020) encontrou correlação com o carbono de biomassa microbiana do solo para padrões de forma de picos irregulares e coloração marrom, Melo et al. (2019), afirma que a interação da zona intermediária com as demais zonas reflete o teor de matéria orgânica. Para zona externa Graciano et al. (2020) encontrou correlação positiva dos padrões de formação de nuvens e colorações claras com as enzimas fosfatase ácida e arilsulfatase.

No que concerne a qualidade do solo, Kokornaczyk et al. (2016) analisaram os resultados dos padrões dos cromatogramas e concluíram que os cromatogramas que manifestaram formações radiais com coloração intensa indicaram boa qualidade do solo expresso pelo alto teor de matéria orgânica, fósforo e nitrogênio, enquanto que os que apresentaram formações concêntricas indicaram solos com baixa qualidade. Os padrões concêntricos foram mais ostensíveis nas áreas de banana e de pousio, que de fato apresentaram os menores teores de P e matéria orgânica.

Apesar das similaridades entre as análises aqui apresentadas, existem ressalvas a serem realizadas, pois cada autor utilizou critérios próprios para averiguar as correlações, no trabalho de Graciano et al. (2020) os critérios foram tamanho, cor, a relação e a transição entre as zonas para atribuir as notas dos cromatogramas. Siqueira (2018) adotou critérios mais qualitativos e descritivos de leitura das informações relevadas no papel filtro, Kokornaczyk et al. (2016) adotaram análise quantitativa, atribuindo parâmetros baseados na mensuração das zonas em mm, avaliação visual e análise computadorizada de textura das imagens. A análise proposta neste trabalho que foi baseada em Siqueira (2018) adotou cor, forma e integração para mensurar as zonas dos cromatogramas que pode ser replicados por agricultores sem a necessidade de softwares facilitando a interpretação dos cromatogramas. Constata-se que a adoção pela comunidade científica por um critério mais homogêneo permitiria comparações mais consistentes, propõe-se que os próximos autores que forem trabalhar com o tema tomem essa consideração.

4.5. Repetitividade

Faz-se necessário destacar que a repetição adotada para interpretação dos cromatogramas mostrou que o método é acurado, uma vez que no método de interpretação adotado, os critérios analisados não apresentaram variações que fossem significativas para os resultados, na maioria dos casos as repetições obtiveram a mesma nota não influenciando na média do ponto amostral, conforme a figura 19 e a tabela 6 expressam.

Figura 19. Solos da área de pouso (ponto 1) com as referidas repetições

Fonte: Elaboração própria

Tabela 6. Quantificação do cromatograma do ponto amostral 1 da área de pouso

PARÂMETRO	ZC	ZC	ZC	ZI	ZI	ZI	ZINT	ZINT	ZINT	ZE	ZE	ZE	IQS
	C	F	I	C	F	I	C	F	I	C	F	I	
POU P1 R1	3	1	1	2	1	1	2	1	3	2	2	1	21
POU P1 R2	3	1	1	2	1	1	2	1	3	2	2	1	21
POU P1 R3	3	1	1	2	1	1	2	1	3	2	2	1	21
POU P1 R4	3	1	1	2	1	1	2	1	3	2	2	1	21

Nota: ZC (zona central), ZI (zona interna), ZINT (zona intermediária), ZE (zona externa), C (cor), F (forma), I (integração), P1 (ponto 1), R (repetição) e IQS (índice de qualidade do solo).

Fonte: Barros (2020).

Ainda assim, é importante que ao replicarem a metodologia que sejam realizadas as repetições pois o método exige adoção de procedimentos simples mas criteriosos e falhas técnicas podem afetar no resultado, deve-se acrescentar ainda que por ser uma proposta de baixo custo, repetições do método não onera os custos.

5 CONCLUSÕES

Esta pesquisa realizou a avaliação do estado da saúde dos solos de quatros diferentes usos da terra em sítio agroecológico e biodinâmico através da Cromatografia de Pfeiffer. Por se tratar de uma ferramenta que abarca visão integrativa sobre a vida do solo, os resultados permitiram uma análise sobre os diferentes atributos do solo como fertilidade química, presença da matéria orgânica, vida no solo e estrutura deste, através dos padrões revelados sobre a superfície de papel, possibilitando a compreensão das limitações e potencialidades das áreas do estudo, o que concede a proposição de mudanças que possam diminuir os impactos negativos sobre o solo e sobre o agroecossistema como um todo. Seja por meio de avaliação estritamente qualitativa ou quantitativa, por meio da Cromatografia de Pfeiffer evidenciou-se a mata ciliar do Rio Sarapuí, Iperó/SP como sistema com solo saudável, considerada na pesquisa como área de referência. O agroecossistema mais saudável foi a sistema agroflorestal, seguido da banana com adubação verde e pousio.

Crê-se que ao apontar o estado geral do solo e o resultado do seu manejo, sem para isso apontar milimetricamente os elementos em solução no solo, a cromatografia trata-se de uma ferramenta com grande potencial para manejos agroecológicos. Haja vista que em sistemas mais diversos, a matéria orgânica e os nutrientes são devolvidos ao solo através de materiais que dependem o mínimo possível de insumos externos como podas, compostos e biofertilizantes, uma recomendação com precisão em números, pode não ser

tão efetiva. A análise através de uma imagem, como uma fotografia do estado da saúde do solo, pode promover e despertar no agricultor um sentido de observação e percepção sobre seu agroecossistema permitindo uma avaliação sobre o manejo que foi empregado.

Sendo então a cromatografia sensível às variações de desenho de agroecossistemas tropicais, com procedimentos metodológicos simples, uso de poucos equipamentos, de baixo custo e fácil de ser interpretada, tem potencial de ser aplicada permitindo análise autocrítica sobre a prática de cultivo de alimentos promovendo autonomia e empoderamento dos agricultores familiares.

6 LITERATURA CITADA

ABA (Associação Brasileira de Agroecologia). Estatuto da Associação Brasileira de Agroecologia. 2015. Consultado em 29 de maio de 2020. https://aba-agroecologia.org.br/wp-content/uploads/2018/05/Estatuto_ABA_2015.pdf

ALMEIDA, Jalcione. Sustentabilidade, ética e cidadania: novos desafios da agricultura. Extensão Rural e Desenvolvimento Rural Sustentável, 2005, vol. 1, no 4, p. 15-20.

ALMEIDA, Fernando F As estratégias de resistência camponesa do lote Mãe Terra no assentamento Horto Bela Vista de Iperó (SP). 2019. 147 f Dissertação (Mestre em Geografia) - Programa de Pós-Graduação em Geografia, Centro de Ciências Humanas e Biológicas, Universidade Federal de São Carlos, campus Sorocaba, Sorocaba, 2019.

ALTIERI, Miguel. A.; NICHOLLS, Clara I. Un método agroecológico rápido para la evaluación de la sostenibilidad de cafetales. Manejo Integrado de Plagas y Agroecología (CATIE) (no. 64) p. 17-24, 2002.

ALTIERI, Miguel. Agroecologia: bases científicas para uma agricultura sustentável. 3a Edição. Editora Expressão Popular, AS-PTA, São Paulo, Rio de Janeiro, 2012.

ALVARENGA, Ramon Costa, et al. Características de alguns adubos verdes de interesse para a conservação e recuperação de solos. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 1995, vol. 30, no 2, p. 175-185.

BALFOUR, Evelyn Barbara. Lady. 1943. The Living Soil.

BARRETO, Arlete Côrtes, et al. Características químicas e físicas de um solo sob floresta, sistema agroflorestal e pastagem no sul da Bahia. Revista Caatinga, 2006, vol. 19, no 4.

BARROSO, Gigliane Raquel Perez, et al. Teor de macronutrientes em plantas utilizadas como adubo verde. Revista Saber Científico, 2009, vol. 2, no 1, p. 37-42.

BEZERRA, Leila Pires. Implantação de sistemas agroflorestais na agricultura familiar: um caminho para a transição agroecológica. Dissertação em Agroecologia e Desenvolvimento Rural. Universidade Federal de São Carlos, Araras. 2018.

BIAZOTI, A.; ALMEIDA, N.; TAVARES, P. Caderno de metodologias: inspirações e experimentações na construção do conhecimento agroecológico. Viçosa: Editora Universidade Federal de Viçosa, 2017.

BORGES, W. L., et al. Cobertura do solo, acúmulo de biomassa e de nutrientes em leguminosas para uso como adubo verde. Embrapa Amapá-Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento (INFOTECA-E), 2018.

BRADY, Nyle C.; WEIL, Ray R. Elementos da natureza e propriedades dos solos. Bookman Editora, 2009.

BRANCO, Cícero S. Análise da transição agroecológica em propriedades do Entorno da Floresta Nacional de Ipanema, Iperó, SP. São Carlos: UFSCar: Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de São Carlos, 2012.

BÜNEMANN, Else K., et al. Soil quality—A critical review. Soil Biology and Biochemistry, 2018, vol. 120, p. 105-125.

BURLE, Eduardo C; FIGUEIREDO, Renan T. Uso da Cromatografia Circular Plana em diferentes concentrações para análise de solo e de compostos orgânicos. Caderno de Graduação-Ciências Exatas e Tecnológicas-UNIT-SERGIPE, 2019, vol. 5, no 2, p. 19.

CARDOSO, Ricardo Alves, et al. Influência da adubação verde nas propriedades físicas e biológicas do solo e na produtividade da cultura de soja. Semina: Ciências Biológicas e da Saúde, 2014, vol. 35, no 2, p. 51-60.

FAGUNDES, Alessander V. W. Cromatografia como indicador da saúde do solo. Cadernos de Agroecologia, v. 8, n. 2, 2013.

FAO. Global Soil Health. Disponível em: < <http://www.fao.org/soils-portal/soil-degradation-restoration/global-soil-health-indicators-and-assessment/global-soil-health/en/>>. Acesso em setembro de 2020.

- FEIDEN, Alberto. Agroecologia: introdução e conceitos. Agroecologia: princípios e técnicas para uma agricultura orgânica sustentável. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2005, p. 51-70.
- FREIRE, Paulo. Extensão ou comunicação? Editora Paz e Terra. 1983.
- GARDI, Ciro, et al. Atlas de suelos de América Latina y el Caribe. Luxembourg: Comisión Europea, Oficina de Publicaciones de la Unión Europea, 2014., 2014.
- GLIESSMAN, Stephen Richard. Agroecologia: procesos ecológicos en agricultura sostenible. Turrialba: CATIE. 2002.
- GUIDOLINI, Janaína Ferreira. Atributos físicos e químicos de um argissolo sob diferentes Sistemas de Uso da Terra (SUTs). Dissertação em Agronomia. Universidade Estadual Paulista: Jaboticabal. 2015.
- GRACIANO, Igor. Avaliação da saúde do solo por meio da cromatografia de Pfeiffer: aspectos metodológicos e aplicações. Dissertação em Agronomia. Universidade Estadual do Norte do Paraná: Bandeirantes, 2018.
- GRACIANO, Igor, et al. 2020. "Evaluating Pfeiffer Chromatography for Its Validation as an Indicator of Soil Quality" *Journal of Agricultural Studies* 8: 420-446. 2020. doi:10.5296/jas.v8i3.16336
- HICKMANN, Clério; et al. Atributos físico-hídricos e carbono orgânico de um Argissolo após 23 anos de diferentes manejos. *Revista Caatinga*, 25 (1): 128-136. 2012
- HOLT-GIMÉNEZ, Eric; ALTIERI, Miguel A. 2013. "Agroecology, Food Sovereignty, and the New Green Revolution." *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 37:1, 90-102, doi: [10.1080/10440046.2012.716388](https://doi.org/10.1080/10440046.2012.716388)
- HOWARD, Albert. Un testamento agrícola. 1946.
- IPC (International Planning Committee for Food Sovereignty). Report of the International Forum for Agroecology, Nyéléni, Mali, 24-27 February 2015. 2015. Consultado em 23 de agosto de 2019. <https://www.foodsovereignty.org/wp-content/uploads/2015/10/NYELENI-2015-PORTUGUES-WEB.pdf>
- ITPS (Intergovernmental Technical Panel on Soil). 2015. "State of the World's Soil Resources report" FAO Publication. Consultado em 23 de agosto de 2019. <http://www.fao.org/documents/card/en/c/c6814873-efc3-41db-b7d3-2081a10ede50/>
- JARDÓN-BARBOLLA, Lev. La agroecología como conocimiento necesario para transformar la mutua determinación sociedad–naturaleza." *INTERdisciplina*. 6 (14):7-28. 2018.

KEHL, Lucas G. H. Cromatografia de Pfeiffer como ferramenta para avaliar a qualidade de solo em Sistemas Agroflorestais. Salão UFRGS 2014: SIC - XXVI SALÃO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UFRGS. Anais...XXVI Scientific Initiation Meeting - 2014, 2014

KOKORNACZYK, Maria Olga., et al. Analysis of soils by means of Pfeiffer's circular chromatography test and comparison to chemical analysis results. *Biological agriculture & horticulture*, 33 (3): 143-157. 2017. doi:10.1080/01448765.2016.1214889

LANZANOVA, Mastrângello Enívar, et al. Atributos físicos de um argissolo em sistemas de culturas de longa duração sob semeadura direta. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 34 (4): 1333-1342. 2010.

LEFF, Enrique. Agroecologia e saber ambiental. *Agroecologia e desenvolvimento rural sustentável*, 3 (1): 36-51. 2002.

LEPSCH, Igo F. Formação e conservação dos solos. Oficina de textos, 2016.

LINO, Amanda C. Memória social de mulheres de assentamentos de reforma agrária: a relação entre trabalho, política, educação e participação. Sorocaba: Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de São Carlos, Campus Sorocaba, 2014.

LOSS, Arcângelo, et al. Atributos químicos e físicos de um Argissolo Vermelho-Amarelo em sistema integrado de produção agroecológica. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 44 (1): 68-75. 2009.

MACHADO, Cynthia Torres de Toledo; VIDAL, Mariane Carvalho. Avaliação participativa do manejo de agroecossistemas e capacitação em agroecologia utilizando indicadores de sustentabilidade de determinação rápida e fácil. Embrapa Cerrados. 2006.

MARTÍNEZ SANTIAGO, J. et al. Diagnóstico de la degradación de la tierra en la microcuenca del Yute Ndaa, Ñuu Ndeku, Ñuu Savi, Oaxaca. *Revista de Geografía Agrícola*, n. 55, 2015.

MELO, David Marx Antunes, et al. Cromatografia de Pfeiffer como indicadora agroecológica da qualidade do solo em agroecossistemas. *Revista Craibeiras de Agroecologia*. 4 (1): 1-6. 2019.

MIRANDA, A. A. C. et al. Práticas agroecológicas como ferramenta educativa libertadora: experiências do coletivo MECA no sertão de Mossoró-RN. *Cadernos de Agroecologia*, v. 12, n. 1, 2017.

MONIZ, A. C.; JORGE, J. A.; VALADARES, JMAS. Métodos de Análise Química, Mineralógica e Física de Solos do Instituto Agrônomo de Campinas. 2009.

NIVIA TORRES, I. N. Análisis del uso de la cromatografía como herramienta cualitativa de diagnóstico de la fertilidad del suelo en sistemas de producción agrícola. Monografía em Agronomía. Universidad Nacional Abierta y a Distancia., 2017.

OLIVEIRA, J.B. et al. Mapa pedológico do Estado de São Paulo: legenda expandida. Campinas: Instituto Agrônomo/EMBRAPA Solos, 1999.

OLIVEIRA, José E. D. Monitoramento participativo de sistemas agroflorestais nos assentamentos do município de Iperó - SP. 2016. ed. São Carlos: UFSCAR: Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de São Carlos, 2016.

PFEIFFER, Ehrenfried, et al. Bio-dynamic farming and gardening. 1940.

PFEIFFER, Ehrenfried. Chromatography applied to quality testing. SteinerBooks, 1984.

PILON, L. C.; CARDOSO, J. H.; MEDEIROS, F. S. Guia prático de cromatografia de Pfeiffer. Embrapa Clima Temperado-Documents (INFOTECA-E), 2018.

PINHEIRO, Sebastião. Cartilha da saúde do solo e inocuidade dos alimentos. Rio Grande do Sul: Jaquiera Canduri Satyagraha. 2011.

PORTO-GONÇALVES, Carlos Walter. Paixão da terra: ensaios críticos de ecologia e geografia. Rio de Janeiro: Rocco. 1984.

PRIMAVESI, Ana. Manejo ecológico do solo; a agricultura em regiões tropicais. 1984.

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

RAIJ, Bernardo V., et al. Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais. Campinas: Instituto Agrônomo/Fundação IAC. 2001.

RAIJ, Bernardo V., et al. Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. Campinas: Instituto Agrônomo/Fundação IAC. 1996.

RAYOL, Breno Pinto; ALVINO-RAYOL, Fabrícia de Oliveira. Uso de feijão guandú (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.) para adubação verde e manejo agroecológico de plantas espontâneas em reflorestamento no estado do Pará. Revista Brasileira de Agroecologia, 2012, vol. 7, no 1, p. 104-110.

RESTREPO, Jairo; PINHEIRO, Sebastião. Cromatografía imágenes de vida y destrucción del suelo. Cali, Colombia: COAS. 2011.

RONQUIM, Carlos César. Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais. Embrapa Territorial-Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento (INFOTECA-E), 2010.

SAGRILO, Edvaldo Sagrilo, et al. Manejo agroecológico do solo: os benefícios da adubação verde. Embrapa Meio-Norte, 2009.

SÁNCHEZ CASTRO, Y. Cromatografía y técnicas de análisis físicos, químicos y biológicos en la fertilidad del suelo en diferentes sistemas de uso, Centro Poblado Bella-Tingo María. Monografía em Engenheiro de Recursos Renováveis. Universidad Nacional Agraria de la Selva, 2012.

SIQUEIRA, Josiane B, Glaucia dos Santos Marques, y Fernando Silveira Franco. Construção de Conhecimento Agroecológico Através da Experimentação da Cromatografia de Pfeiffer, uma Análise Qualitativa dos Solos." *Cadernos de Agroecologia*, 11 (2), 2017.

SIQUEIRA, Josiane 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.

SMITH, Welber Senteio; NASCIMENTO, Mariane Batista. A ictiofauna da bacia do rio Sarapuí, SP, Brasil: estrutura das assembleias e a influência da sazonalidade. *Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology*, 2016, vol. 20, no 1, p. 29-41.

TENÓRIO, L. L. Curso de Cromatografia da Saúde do solo de Pfeiffer—a autotocertificação camponesa. *Cadernos de Agroecologia*, v. 6, n. 2, 2011.

WANDELLI, E. V. et al. Construção coletiva de conhecimentos e manejos agroecológicos promotores da saúde do solo. Embrapa Amazônia Ocidental-Artigo em anais de congresso (ALICE). **Anais...**In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROECOLOGIA, 9., 2015, Belém, PA. Resumos... *Cadernos de Agroecologia*, v. 10, n. 3, 2015., 2016

WANDELLI, E. V. Sistemas agroflorestais agroecológicos para a soberania alimentar, a geração de renda e a recuperação dos serviços ambientais de assentamentos rurais do território da cidadania de Manaus e entorno, AM. Embrapa Amazônia Ocidental-Artigo em anais de congresso (ALICE). **Anais...**In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE SISTEMAS DE PRODUÇÃO, 11., 2016, Pelotas. Abordagem sistêmica e sustentabilidade: produção agropecuária, consumo e saúde: anais. Pelotas: Sociedade Brasileira de Sistemas de Produção, 2016., 2016

WOLKMER, Maria de Fátima Schumcher; PAULITSCH, Nicole da Silva. Ética ambiental e crise ecológica: reflexões necessárias em busca da sustentabilidade. *Veredas do Direito*, Belo Horizonte, 2011, vol. 8, no 16, p. 211-233.