

# INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE EM SISTEMAS DE TRANSIÇÃO AGROECOLÓGICA IMPLANTADOS EM SUBSTITUIÇÃO DA AGRICULTURA CONVENCIONAL

SUSTAINABILITY INDICATORS IN AGROECOLOGICAL TRANSITION SYSTEMS IMPLEMENTED TO REPLACE CONVENTIONAL AGRICULTURE

**Carlos Allan Pereira dos Santos**

Centro Universitário AGES, Paripiranga, BA, Brasil  
Mestre em Agroecossistemas. E-mail: allanpereira83@gmail.com  
<https://orcid.org/0000-0001-6101-2978>

**Horasa Maria Lima da Silva Andrade**

Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, PE, Brasil  
Doutora em Etnobiologia e Conservação da Natureza. E-mail: horasaa@gmail.com  
<https://orcid.org/0000-0002-5366-6610>

**Luciano Pires de Andrade**

Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, PE, Brasil  
Doutor em Etnobiologia e Conservação da Natureza. E-mail: lucianopandrade@gmail.com  
<https://orcid.org/0000-0001-5818-711X>

Submissão: 28-12-2023

Aceite: 30-04-2024

**RESUMO:** O uso e manejo dos solos em áreas de transição agroecológica é influenciado pelos processos adotados anteriormente, uma vez que as práticas realizadas pela agricultura convencional tendem a degradar e esgotar os solos. O objetivo deste trabalho é descrever o nível de sustentabilidade dos solos em áreas de transição agroecológicas inseridos em um território dominado pela agricultura convencional. O estudo adota como ferramenta metodológica o estudo de caso, onde três unidades de produção que estão em processo de transição agroecológica foram avaliadas. Para avaliação da sustentabilidade dos solos nas áreas foi utilizada uma metodologia adaptada de Altieri e Nicolls. Foi possível observar que em média as unidades estão em um nível de sustentabilidade considerado moderado, onde todas apresentaram nível insatisfatório em relação à presença de invertebrados no solo, o que está diretamente relacionado à baixa proporção de matéria orgânica no sistema. Assim, há necessidade de maior acompanhamento técnico nesse processo de transição, principalmente em áreas onde o agronegócio está no entorno.

**PALAVRAS-CHAVE:** Qualidade dos solos. Produção agroecológica. Produção sustentável.



**ABSTRACT:** The use and management of soils in agroecological transition areas is influenced by the processes adopted previously, since the practices carried out by conventional agriculture tend to degrade and deplete soils. The aim of this study is to describe the level of soil sustainability in agroecological transition areas in a territory dominated by conventional agriculture. The study adopts a case study as its methodological tool, where three production units that are in the process of agroecological transition were surveyed for data collection. A methodology adapted from Altieri and Nicolls was used to assess the sustainability of the soils in the areas. It was possible to observe that on average the units are at a level of sustainability considered moderate, where all of them showed an unsatisfactory level in relation to the presence of invertebrates in the soil, which is directly related to the low proportion of organic matter in the system. Based on the results obtained, it is possible to conclude that there is a need for greater technical support in this transition process, especially in areas where agribusiness is present.

**KEYWORDS:** Soil quality. Agroecological production. Sustainable production.

## Introdução

O município de Paripiranga, localizado no nordeste de Bahia, delimitado por municípios sergipanos como Poço Verde, Simão Dias e Pinhão, e na divisa do território baiano está entre Adustina e Coronel João Sá. é um polo do agronegócio, caracterizado pela produção intensiva de milho em sistema de monocultivo por anos sucessivos (SANTANA, 2014), resultando em degradação física, química e biológica dos solos, ou seja, perda de qualidade. Por conta dessa situação, há no sistema convencional um aumento progressivo de utilização de insumos sintéticos numa tentativa de melhorar a qualidade do sistema e, por consequência, aumentar produtividade.

A qualidade do solo é definida pela sua capacidade de desempenhar funções essenciais para sustentar a produtividade biológica, preservar a qualidade ambiental e contribuir para a saúde das plantas, animais e seres humanos de forma sustentável. Para monitorar essa qualidade, são utilizados indicadores de sustentabilidade que permitem interpretar a situação atual do solo e planejar estratégias para sua manutenção ou melhoria. Diversas pesquisas têm se concentrado em identificar e selecionar indicadores associados a funções específicas do solo, como os atributos físicos, químicos e biológicos que têm impacto direto na estrutura do solo e são influenciados pelo seu uso e manejo do mesmo em diferentes formas de cultivo. Esses indicadores são cruciais para garantir a sustentabilidade do solo e dos ecossistemas (BARBOSA et al., 2020).

A qualidade de um solo é compreendida pela medida da capacidade que este tem em realizar as funções ecológicas essenciais, como proporcionar suporte para o crescimento e desenvolvimento das plantas, além do fornecimento de água e nutrientes. Os sucessivos processos antrópicos de uso dos solos, resultam na remoção de resíduos orgânicos, compactação e erosão, que comprometem a qualidade destes (IMBANA et al., 2021).

O processo de degradação do solo provocado pelo manejo realizado nos sistemas de agricultura convencional, tem promovido alterações nos agroecossistemas. A sucessão de cultivos sem a reposição dos nutrientes retirados, resulta à perda da fertilidade dos solos. Estes

processos geram impactos de ordem socioambiental para os grupos presentes no território atingido (SAMPAIO; ARAÚJO; SAMPAIO, 2005).

A modificação de um agroecossistema com a finalidade de adotar práticas de manejo de base agroecológica, onde o foco é a manutenção do equilíbrio do sistema para assim torná-lo produtivo, é conhecido como transição agroecológica. Esta possibilita a alteração do manejo convencional para o de base agroecológica de maneira gradual. Diversos aspectos do agroecossistema são considerados nessa transição, entretanto, o uso do solo se constitui significativamente essencial, por ser esse elemento normalmente o mais afetado por práticas não sustentáveis e sofrendo com o processo de degradação (TRINDADE-SANTOS; CASTRO, 2021).

O emprego de sistemas de produção agroecológicos tem crescido nos últimos anos, estimulada por uma mudança comportamental e ideológica dos consumidores, que demandam alimentos de maior qualidade não só visual, mas originados de sistemas de cultivo sustentáveis. Nestes, adotam-se práticas de manejo do agroecossistema que não resultam em degradação do mesmo, propondo estratégias que aliam a produção de alimentos com a conservação e preservação do ambiente (FERREIRA; STONE; MARTIN-DIDONET, 2017).

A abordagem agroecológica integra ciência, prática agrícola e movimento social, visando criar agroecossistemas sustentáveis. Valoriza o conhecimento tradicional e promove práticas agrícolas harmoniosas para o meio ambiente e agricultores. Ao enfatizar agrobiodiversidade, valores culturais e relações produtivas equitativas com a terra, a agroecologia impulsiona a transição da agricultura convencional para práticas mais sustentáveis, contribuindo para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da ONU. No contexto dos ODS, destaca-se sua relevância na erradicação da pobreza, garantindo igualdade de acesso à terra e recursos agrícolas. A abordagem busca um novo paradigma produtivo que integre produção agrícola, biodiversidade e justiça social, reconhecendo a interdependência entre seres humanos e o ambiente, essencial para atingir metas socioeconômicas e ambientais da Agenda 2030 (ROSA; CAMPOS, 2020).

Para avaliar o impacto das ações humanas sobre o agroecossistema, são frequentemente utilizadas ferramentas de análise baseadas em indicadores de sustentabilidade. Esses indicadores não apenas evidenciam o desempenho e a eficiência das práticas agrícolas, mas também destacam os problemas enfrentados. A partir da seleção de um conjunto adequado de indicadores, é possível obter informações valiosas para a tomada de decisões e o monitoramento das atividades em unidades de produção rurais (ABRAHÃO; NATEL, 2022).

A avaliação dos indicadores físicos, químicos e biológicos do solo é fundamental para analisar a sustentabilidade nos agroecossistemas, identificando tanto pontos positivos quanto aspectos que necessitam de melhoria nas práticas agrícolas. Métodos participativos permitem uma avaliação ágil e sensível ao contexto, adaptável a diferentes realidades geográficas e socioeconômicas. Esses indicadores, como a estrutura do solo, compactação e infiltração, são representados graficamente, onde a proximidade do círculo indica um maior nível de sustentabilidade do agroecossistema (GONDIN *et al.*, 2020).

Esses indicadores são ferramentas cruciais para a tomada de decisões e formulação de políticas públicas, devendo apresentar características como facilidade de aplicação, baixo custo, compreensibilidade e empoderamento dos usuários. A escolha e adaptação dos indicadores são

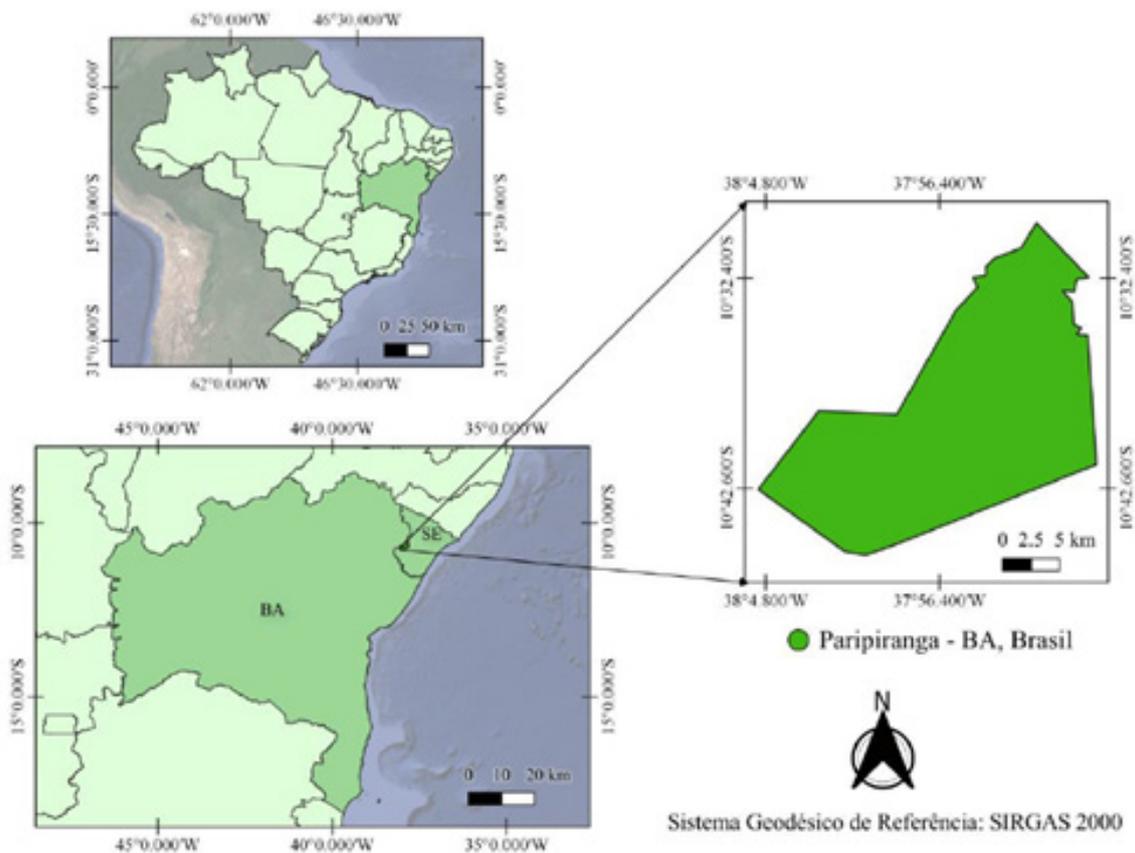
fundamentais para uma visão integradora entre as dimensões sociais, ambientais e econômicas, levando em conta as particularidades de cada sistema (GODOY; GODOY; VARGAS, 2021).

O objetivo deste trabalho é descrever o nível de sustentabilidade dos solos em áreas de transição agroecológica inseridas em um território dominado pela agricultura convencional.

## Metodologia

O estudo foi realizado no município de Paripiranga, situado na região nordeste da Bahia na divisa com o estado de Sergipe, caracterizado por fazer parte do polígono das secas (Figura 1). De acordo com a classificação de Köppen, o clima do município é Aw, considerado como tropical, havendo um maior volume pluviométrico durante o verão e menor no inverno. A base da economia do município gira em torno do agronegócio do milho e da produção de hortaliças.

Figura 1: Mapa de localização do município de Paripiranga-Ba



Fonte: Elaboração do próprio autor (2023).

A presente pesquisa é de natureza básica e do ponto de vista do objetivo é classificada como exploratória. Segundo Prodanov e Freitas (2013) a pesquisa exploratória tem como finalidade proporcionar mais informações sobre determinado assunto, orientar a formulação de hipóteses sobre determinado assunto.

Quanto a abordagem a pesquisa se classifica como qualitativa, uma vez que tem como objetivo básico a descrição e por consequência o entendimento de questões relacionadas com o

manejo de solos em áreas de transição agroecológica. A pesquisa qualitativa, é uma abordagem que busca compreender e interpretar os fenômenos sociais, valorizando a subjetividade e a complexidade dos contextos estudados. Nessa perspectiva, o pesquisador se envolve de forma mais próxima com os participantes e o ambiente pesquisado, buscando captar suas experiências, percepções e significados atribuídos aos acontecimentos (GIL, 2021).

A coleta das informações foi realizada por meio de um estudo de caso com 3 famílias inseridas na zona rural do município, que estão na fase inicial do processo de transição agroecológica, identificadas como pelas letras A, B e C, para manter os dados dos mesmos em confidencialidade. Os mesmos foram visitados em suas áreas de produção, onde foram feitas as avaliações de sustentabilidade dos agroecossistemas. As áreas foram visitadas entre os meses de abril e julho de 2023, onde foram aplicados os indicadores descritos a seguir para realização da avaliação de sustentabilidade. Durante as visitas foram feitas em média 10 amostras por unidade produtiva, com a finalidade de caracterizar mais fielmente os itens avaliados.

A avaliação da sustentabilidade dos agroecossistemas estudados foi realizada por meio de adaptação de metodologia desenvolvida por Altieri e Nicolls (2002). A partir desta metodologia é possível avaliar o nível de sustentabilidade na qual a unidade produtiva se encontra, por meio de indicadores físicos, químicos e biológicos. Para os parâmetros que envolvem a vegetação da unidade, foram observados os indicadores: Diversidade de vegetação; Vegetação natural circundante; Desenho agroecológico; Diversidade genética e Sistema de manejo (Tabela 1). As avaliações são realizadas pelos pesquisadores, que fazem a observação de toda a área produtiva disponível pelos produtores e fazem as anotações conforme metodologia adotada.

Tabela 1: Indicadores de sustentabilidade para agroecossistemas.

Valor referência	Características	Valor estimado
<b>Diversidade de vegetação</b>		
1	Monocultura	
5	Presença de até duas espécies de plantas espontâneas ou presença desigual de plantas de cobertura	
10	Formação densa de plantas de cobertura e vegetação espontânea	
<b>Vegetação natural circundante</b>		
1	Circundado por outras culturas, sem vegetação natural	
5	Vegetação natural adjacente em pelo menos um dos lados	
10	Circundado por vegetação natural em pelo menos dois lados	
<b>Desenho agroecológico</b>		
1	Sem barreiras de vento, sem corredores de vegetação, apenas uma cultura plantada, sem rotação	
5	Barreiras e corredores dispersos na área de cultivo, mais de uma cultura plantada na área, sem rotação	
10	Com barreira de vento e corredores, mais de uma cultura plantada na área, com rotação de culturas.	

<b>Diversidade genética</b>	
1	Pobre, domina uma só variedade de determinada espécie
5	Média, duas variedades
10	Alta, mais de duas variedades
<b>Sistema de manejo</b>	
1	Convencional, monocultivo, manejo com agrotóxicos
5	Em transição para orgânico ou agroecológico, com substituição de insumos
10	Agroecológico, com pouco uso de insumos naturais externos

Fonte: adaptado de Machado e Vidal (2006)

Para a avaliação dos indicadores de sustentabilidade do sistema solo, foram utilizados os seguintes parâmetros: Profundidade do solo - onde foi feita a medição direta utilizando régua; Compactação - na qual foi utilizada uma régua de metal e medida a resistência à penetração da mesma no solo, medindo-se quantos centímetros a régua penetra sem curvar-se; Cobertura do solo - foi realizada a observação da vegetação existente e sua composição; Erosão – foi realizada a observação visual de parâmetros que indicam a ocorrência do processo; Presença de invertebrados – onde foi realizada a observação visual a partir de uma amostra retirada; Atividade microbiológica – foi adicionada em uma parcela de solo água oxigenada e observa-se a efervescência. Todas as análises foram realizadas em horário mais fresco do dia seguindo a metodologia adaptada de metodologia desenvolvida por Altieri e Nicolls (2002), (Tabela 2).

Tabela 2: Indicadores para avaliação de sustentabilidade para o sistema solo

<b>Valor referência</b>	<b>Características</b>	<b>Valor estimado</b>
<b>Profundidade do solo</b>		
1	Subsolo quase exposto ou exposto	
5	Fina superfície de solo 10 cm	
10	Solo superficial 10 cm	
<b>Compactação</b>		
1	Solo compactado, a régua encurva-se facilmente	
5	Fina camada compactada, alguma restrição à penetração da régua	
10	Sem compactação, a régua é toda penetrada no solo	
<b>Cobertura do solo</b>		
1	Solo exposto	
5	Menos de 50% do solo coberto por resíduos ou cobertura viva	
10	Mais de 50% do solo coberto por resíduos ou cobertura viva	
<b>Erosão</b>		
1	Erosão severa, presença de pequenas valas	
5	Evidentes, mas poucos sinais de erosão	
10	Ausência de sinais de erosão	

Presença de invertebrados	
1	Ausência de atividade de invertebrados
5	2 a 3 minhocas e artrópodes presentes na amostra
10	Presença abundante de organismos invertebrados
Atividade microbiológica	
1	Muito pouca efervescência após aplicação de água oxigenada
5	Efervescência leve a média
10	Efervescência abundante

Fonte: adaptado de Machado e Vidal (2006)

Para os indicadores, foram adotadas escalas com valores de 1 (menos desejável), 5 (valor moderado) e 10 (ponto ideal). Após coletados, os dados foram tabulados e apresentados em forma gráfica.

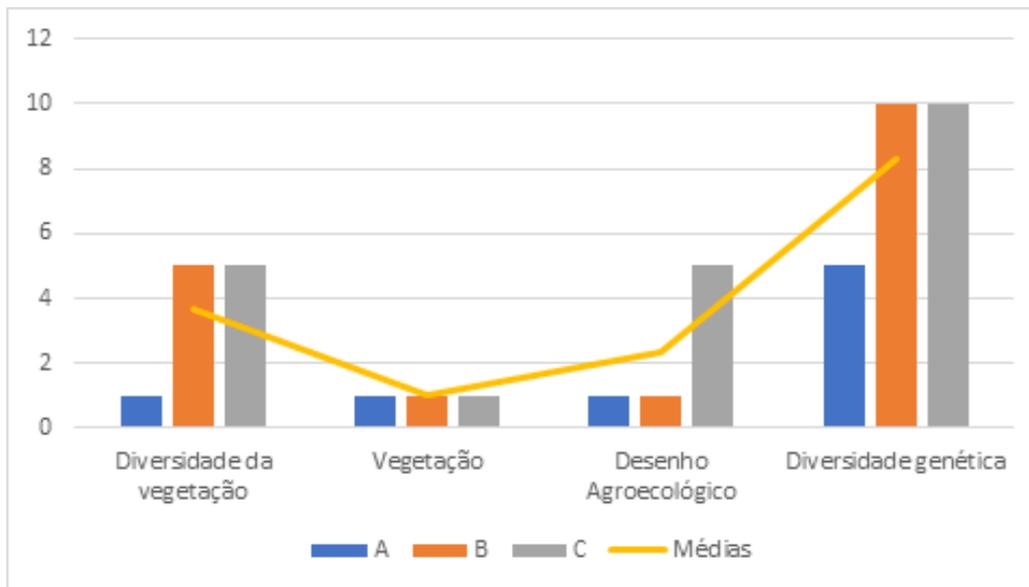
## Resultados e discussões

As áreas investigadas estão atualmente em um estágio de transição agroecológica, anteriormente submetidas a práticas agrícolas convencionais ao longo de vários anos. Estas práticas compreendiam estratégias de manejo do solo que culminavam em degradação física, química e microbiológica, associadas à predominância do monocultivo, resultando na redução da biodiversidade natural do ecossistema local. A análise das informações coletadas revelou que as áreas em questão apresentam um nível intermediário de sustentabilidade no contexto do agroecossistema.

A transição para a agricultura agroecológica emerge como uma ferramenta eficaz na mudança de comportamento, propondo um paradigma sustentável baseado na integração de princípios e métodos ecossistêmicos. Enquanto o modelo convencional prioriza a monocultura e o uso extensivo de insumos químicos, a abordagem agroecológica promove a diversidade de espécies. Essas estratégias não apenas buscam otimizar a eficiência dos sistemas agrícolas, mas também desempenham um papel crucial na promoção de resiliência ambiental e social nos agroecossistemas, refletindo uma mudança de mentalidade em direção a práticas mais sustentáveis e integrativas (PASQUALOTTO *et al.*, 2015).

Em relação às variáveis que dizem respeito à vegetação encontrada nas propriedades, é possível observar que as famílias estudadas estão em nível variado de sustentabilidade dos agroecossistemas na maioria dos pontos avaliados (Figura 02).

Figura 02: Variáveis de sustentabilidade dos agroecossistemas



Fonte: Elaboração do próprio autor (2023).

Para a diversidade vegetal foi possível observar que em uma das famílias observadas ainda há presença de monocultura, milho verde, e as demais apresentam uma baixa diversidade de culturas, com foco em hortaliças e fruteiras. Em áreas onde o processo de transição agroecológica ainda está no início, como as áreas pesquisadas, pode ser comum essa pouca diversidade de vegetação, principalmente em regiões onde o foco da produção é o agronegócio.

Uma marca da agricultura de base agroecológica é a predominância de diversidade vegetal nas áreas de produção, exatamente o oposto do que ocorrem em áreas de produção da agricultura convencional. A prática de incorporar diversas espécies vegetais no agroecossistema é fundamental para aumentar os níveis de sustentabilidade neste, além do incremento da eficiência destes sistemas (PASQUALOTTO *et al.*, 2015).

O desafio de aumentar a diversidade vegetal em um agroecossistema, envolve a necessidade de ampliar a abrangência das economias que se apoiam na diversificação e na descentralização, ao mesmo tempo em que se reduz a prevalência das economias que se baseiam em cultivos únicos insustentáveis. Neste cenário, é reconhecido que uma das estratégias para promover economias ricas em biodiversidade é a expansão do conhecimento sobre plantas nativas com potencial alimentar, com o objetivo de enriquecer a variedade de nutrientes na alimentação cotidiana (SANGALLI, 2020).

Os agricultores em transição agroecológica podem adotar diversas estratégias essenciais com o objetivo de fomentar a sustentabilidade nos agroecossistemas. Dentre estas, a ampliação da diversidade de espécies a partir da prática de cultivos intercalados, o cultivo de espécies que proporcionem o aumento dos predadores naturais e a diversificação mediante a criação de corredores ecológicos. Essas abordagens otimizam a efetividade do processo de transição e têm efeitos positivos na sustentabilidade dos agroecossistemas (ALTIERI e NICHOLLS, 2003).

Em relação à vegetação circundante na área, foi possível observar que todas as unidades pesquisadas apresentam baixa diversidade de espécies no entorno das áreas produtivas, demonstrando que o processo de transição agroecológica ainda está bem no início, fato que

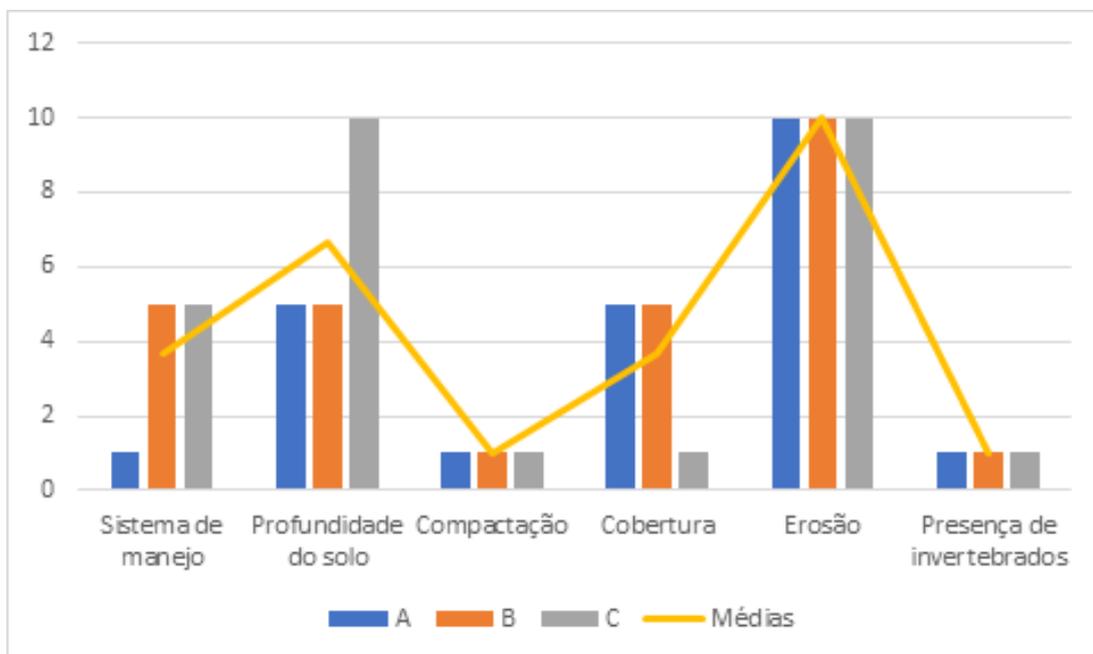
pode ser visualizado também na variável de desenho agroecológico. Para esta variável apenas uma família apresenta valores considerados moderados.

Entretanto, em relação à diversidade de culturas implantadas nos sistemas visitados foi possível observar grande diversidade em duas das propriedades, onde foram verificadas presença de hortaliças (alface, coentro, couve, pimenta, milho verde) e fruteiras (goiaba, limão, acerola). Essa diversidade favorece a sustentabilidade do ecossistema, além de contribuir para a segurança alimentar das famílias presentes. A segurança alimentar depende da transformação de recursos naturais em alimentos de qualidade.

A diversidade alimentar é essencial para a segurança alimentar e nutricional, preservando os costumes e culturas tradicionais. A soberania alimentar, que garante o direito dos povos a estratégias próprias de produção e consumo de alimentos, é fundamental para respeitar a diversidade cultural e promover práticas sustentáveis. Apesar da disponibilidade de recursos vegetais e culturas alimentares diversificadas, a falta de segurança alimentar persiste devido à perda de conhecimento sobre o aproveitamento de plantas alimentícias silvestres. É necessário repensar o modelo de produção alimentar, promovendo práticas sustentáveis e o uso de sementes crioulas para garantir uma alimentação nutritiva e culturalmente rica (SANGALLI, 2020).

A sustentabilidade do agroecossistema está diretamente ligada à qualidade e manejo dos solos. Durante a pesquisa foi possível observar que, apesar das áreas estudadas estarem aparentemente num processo de transição agroecológica inicial, em relação ao manejo do solo, os dados coletados demonstram que os produtores, em média, estão em um nível moderado de sustentabilidade dos solos (Figura 03).

Figura 03: Variáveis de sustentabilidade dos solos no agroecossistema.



Fonte: Elaboração do próprio autor (2023).

O sistema de manejo adotado é fundamental para o sucesso do processo de transição agroecológica, uma vez que este irá ser referência para os parâmetros de qualidade dos solos. No caso das unidades pesquisadas, foi possível observar que ainda há necessidade de orientações a

respeito das formas de manejo, com adoção de práticas mais sustentáveis. Foi possível constatar que o processo de mudança foi iniciado, onde há a substituição de algumas práticas convencionais de manejo como o monocultivo e baixa incidência de diversidade, por ações mais sustentáveis como utilização de cobertura morta, incorporação de matéria orgânica e implantação de mais de uma cultura na área produtiva.

O atual modelo de produção e consumo está mostrando sinais de esgotamento, evidenciados por desastres naturais e exclusão social crescente. A transição para um novo modelo de produção passa pela adoção da agroecologia. Além de integrar o conhecimento dos agricultores com contribuições acadêmicas, a agroecologia aborda a sustentabilidade de maneira abrangente, considerando aspectos econômicos, sociais, culturais, ambientais e políticos. Isso fortalece o sistema e promove inclusão e preservação. (SILVA *et al.*, 2014).

A crescente adesão a sistemas sustentáveis, como a agroecologia, é motivada pela busca de alimentos de qualidade superior e pela preocupação com o menor impacto ambiental na produção. Esses sistemas incluem práticas como a semeadura direta, que visa conservar a estrutura do solo. A microbiota do solo desempenha um papel vital na decomposição de resíduos orgânicos, na reciclagem de nutrientes e no armazenamento de carbono e nutrientes minerais (FERREIRA *et al.*, 2017).

O aumento do tamanho e peso das máquinas agrícolas tem causado compactação do solo, reduzindo a produtividade das culturas devido ao aumento da densidade e resistência à penetração, além da redução da infiltração de água e disponibilidade de nutrientes. A profundidade do solo é um atributo importante para o desenvolvimento das raízes das plantas, que, embora moderado em algumas áreas pesquisadas, apresenta espaço adequado para o crescimento das culturas, indicando potencial para a transição agroecológica (VALENTE *et al.*, 2019).

Nas áreas pesquisadas, essa característica estava com um índice moderado em duas delas e em apenas uma estava considerado no ponto ideal. A partir do visualizado, constata-se que apesar de estarem em processo inicial da transição agroecológica, os solos não apresentam características negativas em relação à profundidade, apresentando espaço adequado para o desenvolvimento das raízes das culturas trabalhadas, não apresentando compactação no horizonte A.

A profundidade do solo desempenha um papel crítico em diversas análises ambientais e, em certas circunstâncias, torna-se fundamental estimar sua distribuição espacial. Além de influenciar significativamente as taxas de erosão pluvial, uma vez que a profundidade do solo está relacionada à sua capacidade de armazenamento de águas e por consequência no tempo de saturação do mesmo durante a precipitação. Portanto, este atributo é um fator relevante para a obtenção de outros parâmetros essenciais em estudos ambientais (MICHEL; KOBIYAMA, 2015).

Na agricultura convencional é comum a adoção de técnicas inadequadas de manejo dos solos, estas pode resultar em perdas biológicas, degradação física e salinização. Em tais cenários, é de suma importância adotar práticas de manejo que contribuam para aprimorar a qualidade do solo, incluindo a utilização de fertilização orgânica, cobertura vegetal e culturas de adubos verdes. Conservar e recuperar os agroecossistemas estão diretamente ligadas à preservação da qualidade do solo, que é definida como sua capacidade de atender aos critérios para a sustentabilidade biológica, produtiva, manutenção da qualidade ambiental e promoção da saúde da fauna e flora presentes (CUNHA *et al.*, 2014).

Práticas agroecológicas desempenham um papel essencial na promoção da qualidade do solo, destacando-se pelo enfoque na diversidade de espécies e implementação de técnicas sustentáveis. Essas práticas, contrapostas aos métodos convencionais, influenciam positivamente a formação de agregados do solo, especialmente aqueles biogênicos originados pela ação de agentes biológicos. Estudos evidenciam variações notáveis nos teores de carbono orgânico, especialmente em frações influenciadas por macrofauna e raízes. Além disso, o manejo agroecológico contribui para a disponibilidade de nutrientes, favorecendo a agregação do solo e fortalecendo sua resiliência diante de fatores naturais e antropogênicos. Essas práticas, portanto, apresentam benefícios substanciais para a saúde e vitalidade do solo (ROSSI *et al.*, 2023).

A qualidade física do solo desempenha um papel crucial na produtividade e sustentabilidade dos sistemas agropecuários. Ao longo do tempo, o estudo dos atributos do solo permite avaliar as mudanças resultantes do manejo, utilizando indicadores como densidade, agregação, compactação, porosidade, entre outros (TEZOLIN *et al.*, 2021). Nas áreas pesquisadas foi possível constatar que todas possuem sinais de compactação dos solos, fato que pode contribuir para o processo de degradação das áreas.

As ações humanas no ambiente natural têm recebido mais atenção devido às crescentes preocupações com seus impactos negativos e à busca por práticas mais sustentáveis. Essas mudanças na biosfera causadas pelo ser humano são significativas, destacando-se a interação dinâmica entre o solo e a produção agrícola. Com a degradação do solo por conta de práticas desastrosas há uma tendência de redução de produção por conta da diminuição da qualidade do solo (VIEIRA, 2021).

A incorporação de estratégias de manejo conservacionista dos solos é de suma importância para a manutenção de níveis satisfatórios de produtividade, bem como para a garantia desses recursos às gerações futuras. A manutenção da qualidade dos atributos físicos, químicos e biológicos contribui de maneira significativa para proporcionar condições ideais tanto para o crescimento e desenvolvimento das plantas quanto para a preservação da diversidade dos organismos que povoam o solo (VIEIRA *et al.*, 2020).

Diante dos processos de degradação ambiental, é necessária a busca por modelos de produção agrícola sustentável que estejam alinhados com os princípios da ecologia, a preservação do meio ambiente e o bem-estar da humanidade. A produção agroecológica adota práticas de manejo dos solos que proporcionam a conservação e/ou recuperação destes, adotando técnicas que resultam em melhoria da qualidade química, física e biológica do sistema (COSTA *et al.*, 2015).

A cobertura dos solos é uma prática que proporciona a proteção do mesmo dos processos de degradação provocados pela chuva, ventos e radiação solar. As áreas pesquisadas apresentaram um índice de cobertura do solo considerado moderado. Entretanto em relação a ocorrência de processos erosivos, as áreas obtiveram o índice máximo, fato que pode estar relacionado à topografia plana das três áreas, associadas à baixa média pluviométrica da região. A ausência de invertebrados em todas as unidades estudadas pode estar associada a pouca cobertura do solo encontrada nas mesmas, isso associado às altas temperaturas durante boa parte do ano, característica da região onde estão inseridas.

Ao longo de sua evolução, as ações antrópicas têm ampliado as variadas modalidades de utilização e ocupação do solo, frequentemente adotando métodos inadequados que resultam

na exposição, compactação e/ou desagregação do solo. Tais práticas, por sua vez, aceleram substancialmente a ação dos elementos naturais sobre o solo, o que, por conseguinte, agrava significativamente os efeitos da erosão (ISMAEL *et al.*, 2013).

A decomposição dos resíduos culturais deixados no solo pelas plantas de cobertura, somada aos restos das culturas comerciais que se sucedem ou alternam, desempenha um papel fundamental na restauração, manutenção e/ou aprimoramento das propriedades químicas do solo, notadamente na ciclagem eficiente do fósforo. Esse processo cria um ambiente altamente propício ao crescimento das plantas, contribuindo de forma significativa para a estabilidade da produção agrícola, a sustentabilidade do solo e a redução da dependência de insumos externos nos agroecossistemas (REDIN *et al.*, 2016).

A degradação do solo pode ser desencadeada tanto pela erosão eólica, causada pelo vento, quanto pela erosão pluvial, provocada pela ação das chuvas. A prevenção da erosão requer a atenta observância dos cuidados preconizados pela própria natureza. Caso contrário, a ausência desses cuidados pode acarretar em diversos fatores catastróficos, tais como a diminuição e até mesmo a morte dos microrganismos do solo, o que, por sua vez, dificulta sobremaneira o processo de decomposição da escassa vegetação, resultando em um sério entrave ao ciclo biológico do solo (BIAZUSSI *et al.*, 2020).

A utilização de espécies vegetais de cobertura do solo em sistemas de manejo agrícola tem adquirido uma relevância fundamental na restauração e preservação da qualidade do solo, promovendo aprimoramentos em suas características físicas, químicas e biológicas (SILVA GOMES *et al.*, 2015).

Existem diversas estratégias para incorporar plantas de cobertura do solo com o intuito de enriquecer a matéria orgânica nos sistemas agrícolas. A utilização destas, proporciona também a melhoria da estrutura do solo, melhorando a aeração, porosidade e por consequência a capacidade de manutenção da umidade do mesmo. Essas melhorias resultam nas condições favoráveis para a presença de invertebrados, o que demonstra o equilíbrio do sistema (BENTO; BASTIANI, 2020).

## Considerações finais

A transição agroecológica, diferentemente da agricultura convencional que segue uma padronização, é um processo lento e repleto de particularidades. Durante esse processo é normal haver desafios no que diz respeito ao manejo dos solos e do agroecossistema em geral. Durante a pesquisa foi possível observar três realidades semelhantes, porém com suas especificidades. No geral, as unidades de produção encontram-se em um processo inicial de transição agroecológica, ainda apresentando características de monocultivo em pelo menos uma área, porém já demonstrando resultados iniciais da adoção do novo sistema de manejo. Nas áreas estudadas foi possível observar que os solos destas ainda apresentam resquícios da agricultura convencional, principalmente no que diz respeito da presença de invertebrados, que neste caso é nula.

É fundamental o incentivo e apoio à transição agroecológica em áreas circundadas pelo agronegócio, como no caso estudado. Nestas áreas é muito comum haver problemas com

estrutura e microbiologia dos solos por conta dos processos adotados antes do início do processo de transição agroecológica, como foi constatado nas unidades produtivas estudadas.

## Referências

- ABRAHÃO, J. A.; NATEL, A. S. Sustainability indicators in dairy livestock: systematic review. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 11, n. 5, p. e6211527883, 2022. DOI: 10.33448/rsd-v11i5.27883. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/27883>. Acesso em: 29 apr. 2024.
- ALTIERI, M; NICHOLLS, C. I. Agroecologia, resgatando a agricultura orgânica a partir de um modelo industrial de produção e distribuição. **Revista Ciência e Ambiente**, Santa Maria: UFSM, v.27, jul./dez 2003.
- BARBOSA, T. da C. S., COSTA, N. M. G. B. da, SANTOS, D. B. dos, MACHADO, M. S., & FILHO, F. M. (2020). Qualidade física do solo em áreas sob manejo agroecológico e convencional / Physical soil quality in area under agroecological and conventional management. **Brazilian Journal of Development**, 6(7), 48899–48909. <https://doi.org/10.34117/bjdv6n7-511>
- BENTO, G. P.; BASTIANI, M. L. R. Plantas de cobertura do solo na inserção de fitomassa e supressão de plantas espontâneas em sistema de manejo agroecológico. **Cadernos de Agroecologia**, v. 15, n. 2, 2020.
- BIAZUSSI, A. et al. Impacto Ambiental: Controle De Erosões. **Cadernos de Agroecologia**, v. 15, n. 4, 2020.
- COSTA, T. G. A. et al. Manejo agroecológico do solo em áreas sob o cultivo de hortícolas no Município de Corrente, Piauí. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 2, n. 3, p. 167-174, 2015.
- CUNHA, J. A. da S. et al. Atributos agroecológicos de solo e caracterização de predadores generalistas no cultivo de melancia nos tabuleiros litorâneos do Piauí, Brasil. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 9, n. 1, p. 269-281, 2014.
- FERREIRA, E. P. de B.; STONE, L. F.; MARTIN-DIDONET, C. C. G. População e atividade microbiana do solo em sistema agroecológico de produção1. **Revista Ciência Agronômica**, v. 48, p. 22-31, 2017.
- GIL, A. C. **Como Fazer Pesquisa Qualitativa**. 1. ed. – Barueri [SP] : Atlas, 2021. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9786559770496/>. Acesso em: 10 abr. 2023.
- GODOY, C. M. T.; GODOY, W. I.; VARGAS, T. de O. (2021). O USO DOS INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE NA AGRICULTURA FAMILIAR:

contextualizando a experiência do sudoeste do Paraná. **Cadernos Zygmunt Bauman**, 11(26). Recuperado de <https://cajapio.ufma.br/index.php/bauman/article/view/16898>

GONDIM, J. E. F. et al. Avaliação participativa da qualidade do solo de agroecossistemas em assentamento rural. **Cadernos de Agroecologia**, v. 15, n. 2, 2020.

IMBANA, R. et al. Leguminosas como plantas de cobertura para melhoria da qualidade do solo. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 16, n. 4, p. 351-357, 2021.

ISMAEL, F. C. M. et al. Identificação e avaliação dos impactos ambientais resultantes da erosão do solo na área do Câmpus da UFCG em Pombal, PB. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 8, n. 4, p. 12, 2013.

MEDEIROS, A. R. et al. Avaliação da compactação do solo por meio de um ensaio oedometrico. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 10, n. 3, p. 2, 2015.

MICHEL, G. P.; KOBAYAMA, M. Estimativa da profundidade do solo: parte 1-métodos de campo. **Revista Brasileira de Geografia Física**. Recife. Vol. 8, n. 4 (2015), p. 1206-1224, 2015.

PASQUALOTTO, N. et al. Avaliação da Sustentabilidade em agroecossistemas através de indicadores estratégicos de diversidade vegetal e animal. **Cadernos de Agroecologia**, v. 10, n. 3, 2015.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. 2 ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

REDIN, M. et al. **Plantas de cobertura de solo e agricultura sustentável: espécies, matéria seca e ciclagem de carbono e nitrogênio. Práticas alternativas de manejo visando a conservação do solo e da água**, p. 7-22, 2016.

ROSA, V. C.; CAMPOS, G. S. A AGROECOLOGIA COMO MECANISMO DE EFETIVAÇÃO DOS OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL NO BRASIL. **Revista Eletrônica da Faculdade de Direito de Franca**, [S. l.], v. 15, n. 1, p. 321–340, 2020. DOI: 10.21207/1983.4225.1005. Disponível em: <http://www.revista.direitofranca.br/index.php/refdf/article/view/1005..> Acesso em: 27 dez. 2023.

ROSSI, C. Q. et al. Matéria orgânica do solo em agregados biogênicos, intermediários e fisiogênicos sob manejo agroecológico. **Revista Caatinga**, v. 36, n. 1, p. 167-176, 2023.

SAMPAIO, E. V. S. B.; ARAÚJO, M. do S. B.; SAMPAIO, Y. S. B. Impactos ambientais da agricultura no processo de desertificação no Nordeste do Brasil. **Revista de Geografia**, v. 22, n. 1, p. 90-112, 2005.

---

SANGALLI, A. Diversidade Vegetal, Aspectos Nutricionais e Segurança Alimentar. **Cadernos de Agroecologia**, v. 15, n. 4, 2020.

SILVA, J. B. et al. Sistemas de manejo em transição agroecológica: Coerências e contradições na prática cotidiana de agricultores familiares. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 9, n. 2, 2014.

SILVA GOMES, S. et al. Bioindicadores de qualidade do solo cultivado com milho em sucessão a adubos verdes sob bases agroecológicas. **Revista de la Facultad de Agronomía, La Plata**, v. 114, n. 3, p. 30-37, 2015.

TEZOLIN, T. de A. et al. Atributos físicos do solo em diferentes sistemas de produção agropecuária. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 10, n. 1, p. e5110111278, 2021.

TRINDADE-SANTOS, M. E.; CASTRO, M. S. MANEJO ECOLÓGICO DE SOLO: CHAVE PARA O PROCESSO DE TRANSIÇÃO AGROECOLÓGICA. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 16, n. 1, p. 12-12, 2021.

VIEIRA, E. S. et al. Qualidade física do solo sob diferentes sistemas de manejo. **Cadernos de Agroecologia**, v. 15, n. 2, 2020.

VIEIRA, J. V. B. Agroecologia e ações antrópicas de bases mais sustentáveis. Agroecologia: métodos e técnicas para uma agricultura sustentável. Guarujá, SP: **Científica Digital**, v. 1, p. 73-96, 2021.