

## INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE EM SISTEMAS PRODUTIVOS: uma comparação entre mata secundária, agrofloresta e pastagem na propriedade SAPO, Castanhal.

SUSTAINABILITY INDICATORS IN PRODUCTION SYSTEMS: A comparison  
between secondary forest, agroforestry and pasture on the SAPO property, Castanhal.

Shirlene Serrão da Gama Dias<sup>1</sup>  
Layane Oliveira Santos<sup>2</sup>  
Patricia Raquel do Nascimento Batista<sup>3</sup>  
Rafaela Alves Veras<sup>4</sup>  
Jhemyson Jhonathan da Silveira Reis<sup>5</sup>  
Thiago Pavão Lamêgo<sup>6</sup>  
Roberta de Fátima Rodrigues Coelho<sup>7</sup>  
Romier da Paixão Sousa<sup>8</sup>

Área Temática Agroecologia, Agricultura Familiar Camponesa e Soberania Alimentar  
Modalidade: Artigo Científico

### Resumo

A agricultura familiar contribui para a sustentabilidade dos agroecossistemas, segurança alimentar e inclusão social. Este estudo apresenta uma experiência prática de avaliação da qualidade do solo e saúde dos cultivos em agroecossistemas no assentamento João Batista II, Castanhal-PA. Foram caracterizados três ambientes: floresta secundária, pastagem e sistema agroflorestal. Em cada ambiente, parcelas de 25 m<sup>2</sup> foram delimitadas para inventários florísticos e observação direta do solo por meio de trincheiras. A avaliação seguiu uma matriz de indicadores visuais e práticos, com escores de 1 a 10, abrangendo estrutura, infiltração, profundidade, cor, odor, matéria orgânica, raízes, cobertura, resíduos e atividade biológica do solo. Também foram analisados, aparência, crescimento, densidade, diversidade e presença de pragas nos cultivos. Os dados foram organizados em planilhas e representados por diagramas radar. Os resultados indicam que o sistema agroflorestal apresenta maior qualidade do solo e saúde do cultivo, seguido pela floresta secundária. A pastagem obteve os menores escores, evidenciando compactação, baixa infiltração e pouca diversidade. Conclui-se que práticas agroecológicas, como no sistema agroflorestal, promovem equilíbrio ecológico, conservação do solo e potencial produtivo sustentável. Essas estratégias fortalecem a agricultura familiar e contribuem para os objetivos de desenvolvimento sustentável na Amazônia rural.

<sup>1</sup> Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará - Campus Castanhal; shirlene.gama@ifpa.edu.br

<sup>2</sup> Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará - Campus Castanhal; layaneagro19@gmail.com

<sup>3</sup> Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará - Campus Castanhal; baptistpatricia@hotmail.com

<sup>4</sup> Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará - Campus Castanhal; rafaela5veras@gmail.com

<sup>5</sup> Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará - Campus Castanhal; jhemyson.agro@gmail.com

<sup>6</sup> Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará - Campus Castanhal; pavao.agro@hotmail.com

<sup>7</sup> Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará - Campus Castanhal; roberta.coelho@ifpa.edu.br

<sup>8</sup> Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará - Campus castanhal; romier.sousa@ifpa.edu.br

**Palavras-Chave: Agricultura familiar, Sustentabilidade, Indicadores agroecológicos, Qualidade do solo.**

## Abstract

Family farming contributes to the sustainability of agroecosystems, food security, and social inclusion. This study presents a practical experience in assessing soil quality and crop health in agroecosystems at the João Batista II settlement, Castanhal-PA. Three environments were characterized: secondary forest, pasture, and an agroforestry system. In each environment, 25 m<sup>2</sup> plots were delineated for floristic inventories and direct soil observation through trench excavations. The evaluation followed a matrix of visual and practical indicators, scored from 1 to 10, covering structure, infiltration, depth, color, odor, organic matter, roots, cover, residues, and soil biological activity. Additionally, aspects such as appearance, growth, density, diversity, and pest presence in crops were analyzed. Data were organized in spreadsheets and represented using radar charts. Partial results indicate that the agroforestry system shows the highest soil quality and crop health, followed by the secondary forest. The pasture received the lowest scores, revealing compaction, low infiltration, and limited diversity. It is concluded that agroecological practices, such as those implemented in the agroforestry system, promote ecological balance, soil conservation, and sustainable productive potential. These strategies strengthen family farming and contribute to sustainable development objectives in rural Amazonian territories.

**Key words: Family farming, Sustainability, Agroecological indicators, Soil quality.**

## 1. Introdução

A agricultura familiar tem sido reconhecida pela sua ampla contribuição para a sustentabilidade dos agroecossistemas e, de forma mais abrangente, para nossa civilização. Altieri e Nicholls (2010) revisaram casos de agricultura familiar no mundo destacando sua importância para a segurança alimentar, redução da pobreza e da degradação ambiental, especialmente quando potencializada pela agroecologia. Berdegue (2019) afirma que 78% das 169 metas dos objetivos de desenvolvimento sustentável dependem exclusivamente ou principalmente de ações realizadas em áreas rurais do mundo, sem territórios rurais prósperos e inclusivos e o protagonismo da agricultura familiar não será possível alcançar esses objetivos.

As expressões sustentabilidade ou desenvolvimento sustentável comportam diversos vieses teóricos, o que para Veiga (2006) demonstra que esse tornou-se um território de disputas políticas e conceituais. Sua força está em estabelecer um campo bastante amplo onde se dá a luta política sobre o sentido que se deve dar ao meio ambiente atualmente.

Marzall e Almeida (2000) tratam do potencial dos indicadores de sustentabilidade como uma abordagem metodológica sistêmica para a agricultura. De fato, algumas dessas ferramentas

possuem grande versatilidade, são multidimensionais, funcionam de forma participativa e adaptam-se as realidades locais sistematizando informações para a tomada de decisões. Hayati (2017) realizou uma revisão onde elenca e analisa 48 sistemas de indicadores de sustentabilidade em uso para agricultura.

O uso de sistema de indicadores para mensuração da sustentabilidade na agricultura tem sido recomendado pelos organismos nacionais e internacionais (FAO, 1996; Banco Mundial, 2001; OECD, 2011; APA, 2007; MMA, 2017; IBGE, 2015), principalmente a partir da conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento (Eco – 92), que na elaboração da Agenda 21 recomenda nos capítulos 8 e 40 a elaboração e uso de indicadores de sustentabilidade.

Desenhar métodos eficazes para avaliar a qualidade e a saúde dos agroecossistemas é um desafio para os agricultores, extensionistas e pesquisadores que trabalham com agroecologia. Esses métodos precisam ser fáceis de entender, possibilitar o uso participativo (combinando conhecimento tradicional e científico) e ser adaptáveis a diferentes culturas e necessidades locais. Apesar dessa dificuldade, já existem diversos indicadores desenvolvidos para medir o estado e a sustentabilidade dos agroecossistemas.

Portanto, o objetivo deste trabalho é apresentar uma experiência prática realizada no assentamento João Batista II, situado em Castanhal/PA. Nesta experiência foram empregados grupos de indicadores focados em avaliar a qualidade do solo e a saúde dos cultivos. A avaliação foi feita com base em parâmetros que podem ser observados e comparados com outros sistemas.

## 2. Metodologia

O presente estudo foi conduzido no Assentamento João Batista II, situado no município de Castanhal, na região nordeste do estado do Pará, a aproximadamente 24 km da sede urbana. O clima local é classificado como Am, segundo Köppen (Alvarez *et al.*, 2014), caracterizado por temperaturas elevadas ao longo do ano e uma estação seca curta, seguida por períodos de chuvas intensas e concentradas. O assentamento foi instituído em 3 de maio de 2000 e, atualmente, abriga cerca de 147 famílias.

As observações foram realizadas em três agroecossistemas localizados na propriedade SAPO: floresta secundária (capoeira) (Imagem 1), pastagem (Imagem 2) e sistema agroflorestal - SAF (Imagem 3). Vale destacar que o uso anterior do solo em toda a área era exclusivamente para pastagem.

**Imagem 1** - Ecossistema de mata secundária.



Fonte: autores, 2025

**Imagem 2** – Ecossistema de pastagem.



Fonte: autores, 2025

**Imagem 3** – Sistema agroflorestal.



Fonte: autores, 2025

A área de floresta secundária encontra-se em processo de regeneração natural há sete anos, após a interrupção de atividades agropecuárias. O ecossistema é dominado por espécies pioneiras como *Cecropia* sp. (embaúba), *Vismia* sp. (lacre) e *Inga* sp. (ingá), reconhecidas por sua capacidade de restaurar a fertilidade e a estrutura do solo. A pastagem, voltada à alimentação animal, apresenta cobertura predominante de *Pennisetum clandestinum* (capim-quicuí) e *Brachiaria Brizantha* (braquiária). O sistema agroflorestal abriga uma diversidade

de espécies nativas e cultivadas, incluindo ipê, açaí e cupuaçu, formando um ambiente de produção integrado e sustentável.

Para a caracterização de cada agroecossistema, delimitou-se uma parcela de 5 m x 5 m (25 m<sup>2</sup>) com o auxílio de uma trena métrica. Nessas parcelas, foram inventariadas as espécies vegetais e avaliados indicadores de qualidade do cultivo. A análise do solo envolveu a escavação de uma trincheira de 40 cm x 40 cm, utilizando uma draga manual, para observação direta de características físico-biológicas relacionadas à qualidade edáfica.

A avaliação da qualidade do solo e da sanidade das culturas baseou-se em uma matriz de parâmetros adaptada de Altieri e Nicholls (2007). Atribuíram-se escores de 1, para condições menos desejáveis; 5, para situação intermediária; e 10, para padrões ideais de estabilidade agroecológica. Os indicadores analisados encontram-se descritos na Tabela 1. Para mensurar a taxa de infiltração da água no solo, utilizou-se uma garrafa PET contendo amostra do solo coletado, para então incluir uma quantidade padronizada de água, monitorando-se o tempo necessário para a infiltração completa. A atividade biológica foi aferida por meio da aplicação de água oxigenada volume 10, que reage com substâncias orgânicas e evidencia a presença de organismos vivos na amostra de solo.

Os dados foram organizados em planilhas eletrônicas e submetidos à representação gráfica por meio de diagramas do tipo radar (ou gráfico amoeba), elaborados com o software Microsoft Office Excel.

**Tabela 1** – Indicadores para a avaliação de Qualidade do Solo.

(Continua)

Indicadores	Característica	Valor Definido
Estrutura	Solo poroso, sem grânulos visíveis.	1
	Solo solto e granular, agregados que se rompem ao aplicar uma pressão suave.	5
	Solo friável e granular, agregados que se mantêm firmes, após aplica suave pressão, quando umedecidos.	10
Compactação e infiltração	Compacto, quase sem infiltração de água.	1
	Presença de uma fina camada compacta, água infiltra lentamente.	5

(Conclusão)

Indicadores	Característica	Valor Definido
Compactação e infiltração	Solo sem compactação, água infiltra facilmente.	10
	Subsolo quase exposto.	1
Profundidade do solo	Solo superficial delgado (menos de 10 cm de espessura).	5
	Solo superficial mais profundo (mais de 10 cm de espessura).	10
Cor, odor e matéria orgânica	Solo superficial de cor clara, com odor ruim e pouca presença de matéria orgânica ou húmus.	1
	Solo superficial de cor marrom ou avermelhado, sem odor e pouca matéria orgânica.	5
	Solo superficial de cor preta ou castanho escuro, com odor de terra fresca, mostra presença abundante de matéria orgânica ou húmus.	10
Desenvolvimento das raízes	Raízes ralas e pouco desenvolvidas.	1
	Raízes com crescimento limitado, se observando poucas raízes finas.	5
	Raízes com bom crescimento, profunda, abundantes raízes finas.	10
Cobertura do solo	Solo desnudo.	1
	Menos de 50% do solo coberto por resíduo, ou cobertura viva.	5
	Mais de 50% do solo com cobertura viva ou morta.	10
Estado de resíduos	Resíduo orgânico presente que não se decompõe ou muito lentamente.	1
	Quando persiste resíduo do ano passado em vias de decomposição.	5
	Resíduos em vários estados de decomposição, porém resíduos velhos bem decompostos.	10
Atividade biológica	Sem sinais de atividade biológica, não se vê minhocas ou invertebrados (insetos, aranhas, centípedes, etc.).	1
	Se vê algumas minhocas e artrópodes.	5
	Muita atividade biológica, abundantes minhocas e artrópodes.	10

Fonte: Adaptado de Altieri e Nicholls (2010).

Já para os indicadores de qualidade do cultivo, as avaliadas variáveis estão apresentadas na Tabela 2.

**Tabela 2 – Indicadores para a avaliação de Saúde do Cultivo.**

Indicadores	Característica	Valor definido
Aparência do cultivo	Cultivo clorótico ou descolorido com sinais severos de deficiência de nutrientes.	1
	Cultivo verde claro, com algumas descolorações.	5
	Folhagem verde intenso, sem sinais de deficiência.	10
Crescimento do cultivo	Cultivo pouco denso, de crescimento pobre. Caules e ramas curtas e quebradiças. Quase não há crescimento de folha nova.	1
	Cultivo mais denso, porém não muito uniforme, com constante crescimento e com ramas e caules delgados.	5
	Cultivo denso, uniforme, bom crescimento com ramas e caules grossos firmes.	10
Rendimento atual ou potencial	Baixo com relação à média da região.	1
	Médio, aceitável.	5
	Bom ou alto.	10
Diversidade de espécies vegetais	Monocultivo sem sombra.	1
	Com apenas uma espécie de sombra.	5
	Com mais de duas espécies de sombra, e até mesmo outras culturas.	10
Diversidade natural circundante	Circundado por outros cultivos, campos abertos ou estradas, circundados por outros cultivos, campos baldios ou estradas rurais.	1
	Circundado, pelo menos de um lado por uma vegetação natural.	5
	Circundado, pelo menos 50% das usas bordas por vegetação natural.	10
Sistema de manejo	Monocultivo convencional, manejado com agroquímicos.	1
	Em transição orgânica, com substituição de insumos.	5
	Natural sem interferência humana.	10

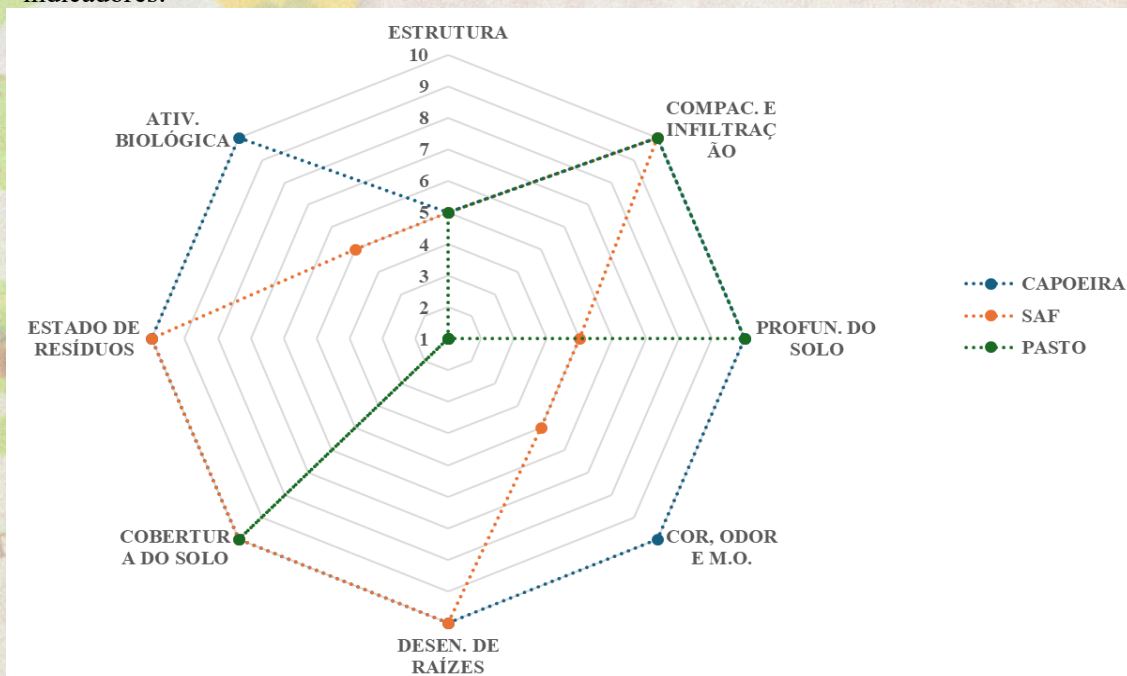
Fonte: Adaptado de Altieri e Nicholls (2010).

Para as análises estatísticas, os dados foram tabulados em planilhas e posteriormente foram elaborados gráficos de amoeba ou gráfico radar por meio do Software Microsoft Office Excel.

### 3. Resultados/Discussões

Ao analisar a qualidade do solo da capoeira, foi possível observar que este apresentou com o parâmetro mais satisfatório em relação aos demais sistemas (Gráfico 1), uma vez que obteve os melhores resultados para a maioria dos indicadores, tendo como nota 5 (regular) apenas para o indicador estrutura do solo, pois durante a avaliação da área, o solo se rompeu ao aplicar uma pressão suave. Tal conceito também foi definido para os demais sistemas.

**Gráfico 1** – Comparação qualitativa dos solos dos agroecossistemas em função dos indicadores.



Fonte: autores, 2025

Em relação aos indicadores de compactação e infiltração do solo, e cobertura do solo todos os agroecossistemas avaliados apresentaram o mesmo desempenho, obtendo nota máxima. Já em relação ao indicador de profundidade do solo a capoeira e o pasto apresentaram o mesmo desempenho, com nota 10, enquanto o SAF obteve nota 5, isso se explica pelo fato de que ao se abrir o berço foi possível observar o horizonte A em transição, não estando bem definido como os demais.

Quanto aos indicadores de cor, odor e matéria orgânica a capoeira apresentou maior nota, sendo observado um solo rico em microorganismos, além de material em decomposição,

como folhas, galhos e frutos, conhecido como serrapilheira. Que desempenha um papel fundamental no solo, fornecendo nutrientes para as plantas e contribuindo para processos importantes, como: retenção de umidade, prevenção da erosão e melhoria dos atributos físicos do solo (Holanda *et al.*, 2015).

O SAF teve média 5 para esses indicadores, mesmo com a presença de organismos como fungos, artrópodes e minhocas. O solo superficial apresentou cor avermelhada. Já o solo do pasto obteve nota 1, devido à sua tonalidade mais clara e à baixa presença de matéria orgânica ou húmus.

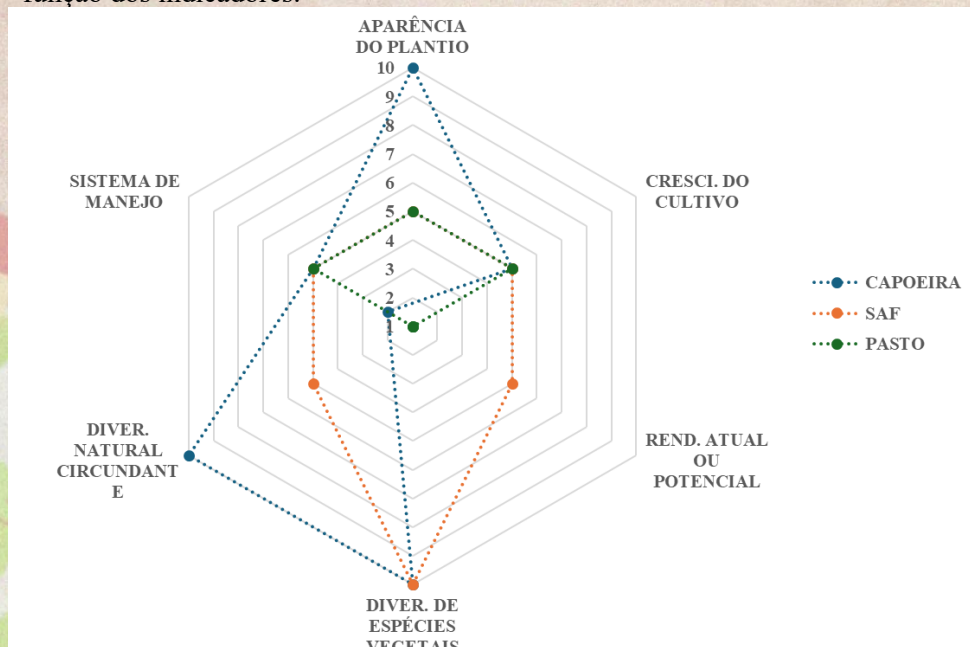
Os solos de mata secundária e do SAF apresentaram os valores máximos para os indicadores de desenvolvimento das raízes, pois demonstraram um bom crescimento radicular. No SAF, observou-se uma menor quantidade de raízes finas, enquanto predominavam raízes profundas e grossas. Por outro lado, o solo do pasto recebeu nota 1, uma vez que apresentou raízes ralas e pouco desenvolvidas.

A mesma tendência foi observada nos indicadores de estado dos resíduos, sendo atribuídas as notas máximas à capoeira e ao SAF, devido à maior presença de serrapilheira, resultado das espécies existentes nos agroecossistemas. Essa camada orgânica, composta por estruturas vegetais em diferentes estágios de decomposição, desempenha um papel essencial no equilíbrio do ecossistema (Rosa *et al.*, 2017). Já o pasto recebeu nota 1, pois apresentava poucos resíduos ainda em processo de decomposição.

Em relação à atividade biológica, somente o ecossistema de mata apresentou uma atividade significativamente superior em comparação aos demais. O SAF e o pasto receberam notas 5 e 1, respectivamente.

Após a análise da qualidade do solo, verificou-se, com base nos indicadores propostos por Altieri e Nicholls (2007), a qualidade do cultivo nos sistemas estudados. Os resultados obtidos estão representados no gráfico 2, que compara os parâmetros de qualidade do cultivo entre os sistemas.

**Gráfico 2** - Comparação qualitativa saúde do cultivo dos agroecossistemas em função dos indicadores.



Fonte: autores, 2025

Em relação ao indicador de aparência do plantio, foi possível observar que o sistema de mata obteve a maior nota, visto que o cultivo apresentava folhagem de coloração verde intensa, sem sinais de deficiência — característica comum em ecossistemas naturais. Esse fator contribuiu para o equilíbrio ecológico, promovendo a sustentabilidade e a ciclagem de nutrientes, o que resulta em melhor qualidade do cultivo. O estudo demonstrou que a capoeira é o sistema que mais se assemelha a um ecossistema natural, considerando essa e outras características observadas. Já o SAF e o pasto obtiveram nota 5, pois apresentaram cultivos de coloração verde-clara, com algumas descolorações. No SAF, constatou-se a presença de algumas espécies com clorose, possivelmente causada por fungos ou bactérias, embora restrita a parte da parcela.

Quanto ao crescimento do cultivo, os três sistemas receberam nota 5, pois os cultivos eram densos, ainda que não totalmente uniformes, apresentando constante crescimento, além de ramos e caules delgados. Apesar de ter uma estrutura menos densa em comparação aos demais sistemas, o pasto não recebeu nota 1, pois, de acordo com os critérios de avaliação, havia crescimento de folhas novas e sua taxa de crescimento era considerada uniforme.

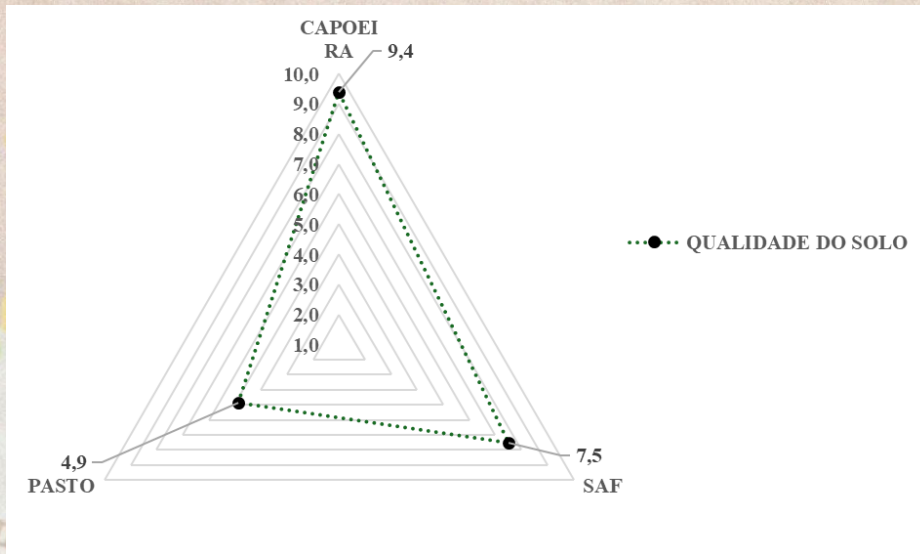
O indicador de rendimento potencial não se aplicou à avaliação do sistema de capoeira, mas foi considerado para SAF e pasto, que receberam notas 5 e 1, respectivamente. O SAF apresentou rendimento médio e aceitável, uma vez que as frutíferas garantem segurança alimentar à propriedade. Já o pasto foi classificado como de rendimento baixo em relação à média regional, visto que havia sido reformado há aproximadamente um ano e as gramíneas ainda estavam muito rasteiras.

O sistema de capoeira e o SAF obtiveram nota máxima no indicador de diversidade de espécies vegetais, pois apresentavam mais de duas espécies de sombra, além de outras culturas. Já o pasto recebeu nota 1 por ser um cultivo que não incluía espécies de sombra, o que pode ser explicado pela especificidade do sistema de cultivo.

No indicador de diversidade natural circundante, a mata obteve nota 10, pois pelo menos 50% de suas bordas eram cercadas por vegetação natural. O SAF recebeu nota 5, por estar circundado por vegetação, estradas e outros cultivos. O pasto, por sua vez, obteve nota 1, já que suas bordas eram cercadas por outros cultivos, campos abertos e estradas rurais. Quanto ao sistema de manejo, todos os sistemas estudados receberam nota 5, sendo classificados como sistemas em transição orgânica, com substituição de insumos.

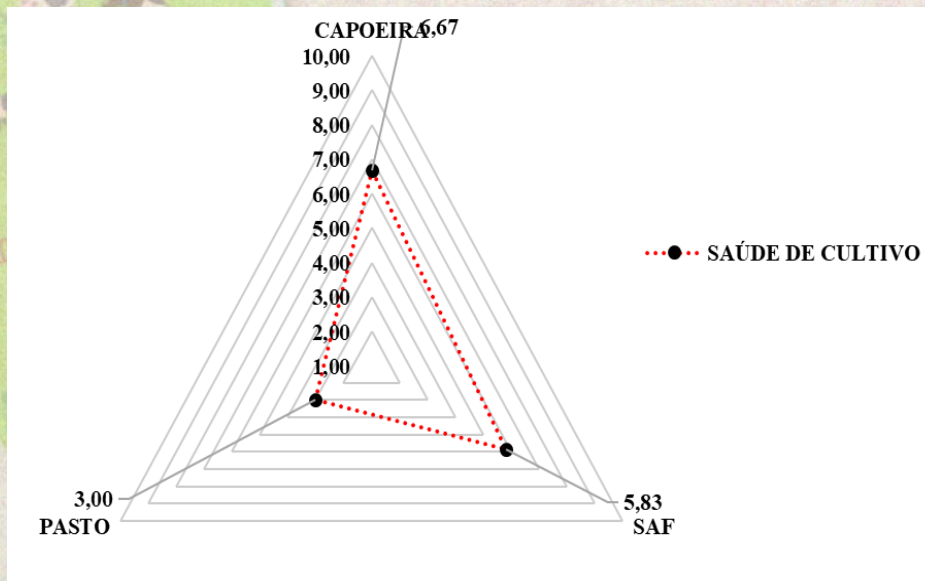
Em relação às médias de qualidade do solo (Gráfico 3) e saúde do cultivo (Gráfico 4), os resultados confirmaram que o ecossistema mais semelhante a um sistema natural apresentou as melhores médias em comparação aos demais. O sistema de pastagem, por outro lado, foi considerado o menos satisfatório para a pesquisa. Nesse contexto, a adoção de novas ferramentas para minimizar os impactos ambientais da produção é essencial, pois evidencia que é possível cultivar e produzir de maneira sustentável, reduzindo significativamente os danos ao meio ambiente.

Gráfico 3 – Valores médios da Qualidade do Solo.



Fonte: autores, 2025

Gráfico 4 – Valores médios da Saúde do Cultivo.



Fonte: autores, 2025

#### 4. Considerações Finais

O estudo comparativo da qualidade do solo e do cultivo em distintos agroecossistemas – capoeira (mata secundária), SAF (Sistema Agroflorestal) e pasto – revelou diferenças significativas no desempenho ambiental e produtivo dos sistemas avaliados. A análise, pautada em indicadores específicos para a qualidade do solo e a saúde do cultivo, demonstrou que a

capoeira, por sua semelhança com um ecossistema natural, apresentou os resultados mais satisfatórios em ambas as dimensões.

No que tange à qualidade do solo, a capoeira destacou-se com as melhores pontuações para a maioria dos indicadores, incluindo cor, odor, matéria orgânica (com abundante serrapilheira e atividade microbiana) e desenvolvimento das raízes. O SAF posicionou-se em um nível intermediário para muitos indicadores de solo, enquanto o pasto obteve as menores notas, refletindo menor presença de matéria orgânica e atividade biológica. Indicadores como compactação, infiltração e cobertura do solo apresentaram desempenho máximo em todos os sistemas.

Quanto à qualidade do cultivo, a capoeira (ou mata secundária no contexto da aparência do plantio) também obteve a maior nota, exibindo características de plantio mais saudáveis e equilibradas, como folhagem de verde intenso. O SAF e o pasto apresentaram desempenho inferior na aparência do plantio, com cultivos de cor mais clara e algumas descolorações. Em termos de diversidade de espécies vegetais, a capoeira e o SAF alcançaram nota máxima, diferentemente do pasto. O rendimento potencial, avaliado para SAF e pasto, foi médio no SAF (considerado aceitável por garantir segurança alimentar) e baixo no pasto. A diversidade natural circundante seguiu um padrão similar, com a mata obtendo a maior nota, seguida pelo SAF e, por último, o pasto.

Em síntese, os resultados confirmaram que o ecossistema que mais se assemelha a um ambiente natural (capoeira) exibiu as melhores médias gerais para a qualidade do solo e a saúde do cultivo, contrastando com o sistema de pastagem, considerado o menos satisfatório. Este achado reforça a importância da adoção de práticas sustentáveis e ferramentas que minimizem impactos ambientais, evidenciando que a produção agrícola é compatível com a sustentabilidade e a redução de danos ao meio ambiente, especialmente em sistemas que mimetizam processos ecológicos naturais.

## 5. Referências Bibliográficas

ALVAREZ, C. A. *et al.* Koppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**. V. 22, n. 6, p. 711 – 728, 2014.

ALVES, S. P.; RODRIGUES, E. H. V. Sombreamento arbóreo e orientação de instalações avícolas. **Engenharia Agrícola**, v. 24, n. 2, p. 241-245, 2004.

ALTIERI, M.; NICHOLLS, C. I. *Agroecología: potenciando la agricultura campesina para revertir el hambre y la inseguridad alimentaria en el mundo*. **Revista de Economía Crítica**, n. 10, p. 62-74, 2010.

AGÊNCIA PORTUGUESA DO AMBIENTE (APA). *Sistema de Indicadores de Desenvolvimento Sustentável*. Lisboa: SIDS Portugal, 2007.

BANCO MUNDIAL. *Medio Ambiente: Indicadores de la calidad de la tierra y su uso para la agricultura sostenible y el desarrollo rural*. 2001. Disponível em: <https://www.fao.org/3/w4745s/w4745s00.htm#toc>. Acesso em: 10 maio. 2025.

BERDEGUE, J. *Agricultura familiar desempenha papel central na conquista de objetivos globais*. Organização das Nações Unidas, 2019. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/artigo-agricultura-familiar-desempenha-papel-central-na-conquista-de-objetivos-globais/>. Acesso em: 22 jul. 2025.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). *Indicadores de la calidad de la tierra y su uso para la agricultura sostenible y el desarrollo rural*. Roma: Departamento de Desarrollo Sostenible da FAO, 1996.

HAYATI, D. *A Literature review on frameworks and methods for measuring and monitoring sustainable agriculture*. In: GLOBAL STRATEGY TO IMPROVE AGRICULTURAL AND RURAL STATISTICS (GSARS). **GSARS Technical Report**, n. 22, 2017. Disponível em: <http://gsars.org/wpcontent/uploads/2017/03/TR-27.03.2017-A-Literature-Review-on-Frameworks-and-Methods-for-Measurin...pdf>. Acesso em: 10 maio. 2025.

HOLANDA, A. C. *et al.* Decomposição da serapilheira foliar e respiração edáfica em um remanescente de Caatinga na Paraíba. **Revista Árvore**, v. 39, p. 245-254, 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). *Indicadores de Desenvolvimento Sustentável*. Rio de Janeiro: IBGE, 2015.

MARZALL, K.; ALMEIDA, J. *Indicadores de Sustentabilidade para Agroecossistemas: Estado da arte, limites e potencialidades de uma nova ferramenta para avaliar o desenvolvimento sustentável*. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v. 17, n. 1, p. 41-59, 2000.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Política Nacional de Integração da Agroecologia. Brasília: MMA, 2014. Disponível em:

[https://antigo.mma.gov.br/images/noticias\\_arquivos/banner\\_pnia\\_2012.pdf](https://antigo.mma.gov.br/images/noticias_arquivos/banner_pnia_2012.pdf). Acesso em: 28 maio 2025.

ORGANIZATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (OCDE). *Environmental Indicators for Agriculture: Methods and Results*. Volume 3. France: OECD Publications Service, 2001.

ROSA, T. F. D. et al. Produção e decomposição de serapilheira em povoamentos de teca no estado de Mato Grosso, Brasil. *Ciência Florestal*, v. 27, p. 1117-1127, 2017.

VEIGA, J. E. *Desenvolvimento sustentável: o desafio do século XXI*. 2. ed. Garamond, 2006.

