

## PRÁTICAS AMBIENTAIS SUSTENTÁVEIS NO AGRONEGÓCIO BRASILEIRO: UMA REVISÃO DE LITERATURA

### SUSTAINABLE ENVIRONMENTAL PRACTICES IN BRAZILIAN AGRIBUSINESS: A LITERATURE REVIEW

#### Autores

**Rodrigo Pommer**

Universidade de Passo Fundo

[179074@upf.br](mailto:179074@upf.br)

**Anelise Rebelato Mozzato**

Universidade de Passo Fundo

[anerebe@upf.br](mailto:anerebe@upf.br)

**Ícaro Romão Fiore de Farias**

Universidade de Passo Fundo (UPF)

[165320@upf.br](mailto:165320@upf.br)

#### Grupo de Trabalho (GT): 04. Questão ambiental, agroecologia e sustentabilidade

#### Resumo

Esta revisão de literatura analisa a evolução das práticas ambientais sustentáveis no agronegócio brasileiro, integrando dimensões sociais, ambientais e econômicas. Destaca que as abordagens tradicionais se mostram limitadas frente a desafios emergentes e ressalta a importância de ferramentas como relatórios integrados, políticas Environmental, Social e Governança (ESG) e a Task Force on Nature-related Financial Disclosures (TNFD) para gestão de riscos e proteção da biodiversidade. No setor agrícola, práticas regenerativas são essenciais para restaurar o solo e proteger ecossistemas, enquanto o cooperativismo de crédito promove inclusão financeira e adoção de métodos sustentáveis. O estudo enfatiza a necessidade de investimentos em educação ambiental e extensão rural para superar lacunas no acesso à informação e capacitação técnica, defendendo uma abordagem holística que una inovação tecnológica, saber tradicional e políticas integradas para transformar estruturalmente o setor.

**Palavras-chave:** Desenvolvimento sustentável; Práticas sustentáveis no agronegócio; Propriedades rurais; Agricultura regenerativa.

#### Abstract

*This literature review analyzes the evolution of sustainable environmental practices in Brazilian agribusiness, integrating social, environmental, and economic dimensions. It highlights that traditional approaches are limited in the face of emerging challenges and emphasizes the importance of tools such as integrated reporting, Environmental, Social, and Governance (ESG) policies, and the Task Force on Nature-related Financial Disclosures (TNFD) for risk management and biodiversity protection. In the agricultural sector, regenerative practices are essential to restore soil and protect ecosystems, while credit unions promote financial inclusion and the adoption of sustainable methods. The study emphasizes the need for investments in environmental education and rural extension to overcome gaps in access to information and technical training, advocating a holistic approach that combines technological innovation, traditional knowledge, and integrated policies to structurally transform the sector.*

**Key words:** Sustainable Development; Sustainable Practices in Agribusiness; Regenerative Agriculture.

## 1. Introdução

Em meados da década de 1960, surgiram movimentos e estudos que alertavam sobre os riscos ambientais decorrentes do crescimento econômico acelerado. Essas reflexões foram fundamentais para instigar debates sobre o equilíbrio necessário entre a preservação do meio ambiente, o desenvolvimento social e o progresso econômico, evidenciando a urgência de repensar os modelos de desenvolvimento vigentes (Geissdoerfer et al., 2017; Gao et al., 2021).

A realização da Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente, em Estocolmo, no ano de 1972, representou um marco histórico ao posicionar as questões ambientais como uma preocupação global. Apesar dos impactos diretos nas políticas públicas terem sido limitados, o evento impulsionou a ideia de um desenvolvimento que conciliasse o crescimento econômico com a conservação dos recursos naturais (Scoones, 2007).

No contexto brasileiro, o período compreendido entre as décadas de 1960 e 1970 foi marcado por iniciativas voltadas à modernização agrícola. O país, detentor de um vasto território e condições naturais favoráveis, buscava superar as limitações tecnológicas e os métodos rudimentares da época, adotando um modelo que privilegiava a maximização da produção (Bolter; Haas, 2017).

Com o avanço dos debates internacionais, a Conferência de Estocolmo e, posteriormente, o Relatório Brundtland, passaram a destacar os perigos de um desenvolvimento insustentável. Essas iniciativas chamaram a atenção para os riscos do crescimento desordenado e para a necessidade de garantir condições adequadas para as gerações futuras, fomentando a ideia de que economia, sociedade e meio ambiente são dimensões interdependentes (Somogyi, 2016; Troullaki, 2021).

Em 1980, o documento elaborado pela União Internacional para Conservação da Natureza (UICN) evidenciou, pela primeira vez, que conservação e desenvolvimento não são excludentes, mas sim complementares. Essa abordagem pioneira abriu caminho para a construção de um novo paradigma, no qual os interesses econômicos precisavam ser conciliados com a preservação ambiental.

A criação da Comissão Brundtland, em 1987, e a subsequente publicação do Relatório Brundtland consolidaram o conceito de desenvolvimento sustentável. O documento enfatizou a necessidade de uma abordagem integrada que considerasse as dimensões econômica, social e ambiental, estabelecendo diretrizes que ainda hoje orientam políticas e práticas em diversos setores (Giddings; Hopwood; O'Brien, 2002).

Em 1998, o conceito de Triple Bottom Line (TBL) foi introduzido por John Elkington, ampliando a discussão sobre sustentabilidade. Essa perspectiva desafiou empresas e gestores a equilibrar não apenas a lucratividade, mas também os aspectos sociais e ambientais, promovendo uma gestão mais responsável e consciente dos recursos (Barbieri, 2011).

A partir de 2004, a discussão sobre sustentabilidade ganhou uma nova dimensão com a introdução do conceito ESG (Environmental, Social, and Governance). Iniciativas lideradas por organismos internacionais, como as orientações do então secretário-geral das Nações Unidas, quando o então secretário-geral das Nações Unidas, Kofi Annan, desafiou 50 CEOs das maiores instituições financeiras do mundo a integrarem aspectos ambientais, sociais e de governança em suas práticas empresariais e estratégias de investimento, passaram a incentivar a integração desses critérios nas estratégias empresariais e de investimento, reforçando a importância de uma gestão que leve em conta os impactos ambientais e sociais (UNEP FI, 2005).

Neste cenário, o agronegócio assume um papel central, especialmente no contexto brasileiro, onde representa um dos principais setores da economia. Apesar de sua importância para o crescimento econômico e para a geração de superávits na balança comercial, o agronegócio tem sido amplamente questionado quanto aos seus impactos em termos de

sustentabilidade. Assim, a Figura 1 apresenta a linha de tempo, sintetizando a evolução dos debates sobre sustentabilidade.

Figura 1 - Linha do tempo de evolução da sustentabilidade



Fonte: elaborada pelo autor (2024)

Portanto, justifica-se a realização desta pesquisa em razão da emergência do tema da sustentabilidade se justifica pela complexidade e inter-relação entre as dimensões sociais e biofísicas, que demandam abordagens integradoras para entender os desafios contemporâneos. Conforme Sartori et al. (2014), é imperativo abandonar visões fragmentadas e considerar o comportamento humano em uma perspectiva temporal, que visa a construção de um futuro sustentável em condições de incerteza. Assim, ao reconhecer a natureza multifacetada do desenvolvimento sustentável, a investigação se apoia na necessidade de integrar aspectos socioambientais em análises profundas, fundamentadas na interdependência entre o meio ambiente, a sociedade e a economia.

No contexto organizacional, o conceito de desenvolvimento sustentável ganha relevância ao visar o equilíbrio entre a capacidade de suporte ambiental e o consumo dos recursos naturais, como apontam Pinski, Dias e Kruglianskas (2013). A evolução dos estudos em ESG realça a importância de avaliar as práticas corporativas, que incluem a gestão de resíduos, emissões de gases de efeito estufa e engajamento na mitigação das mudanças climáticas. Essa perspectiva teórica, embasada em abordagens como a teoria da contingência, ecologia organizacional e capacidades dinâmicas, reforça a urgência de pesquisas aprofundadas que explorem as múltiplas dimensões do desenvolvimento sustentável.

No âmbito do agronegócio, a relevância desta pesquisa torna-se ainda mais evidente, considerando a importância do setor para a economia brasileira e a necessidade de integrar práticas sustentáveis na produção rural. Fernandes, Souza e Belarmino (2020) apontam que a incorporação de princípios sustentáveis é crucial para enfrentar as crises socioecológicas, enquanto Kureski, Moreira e Veiga (2020) e Tarapanoff (2016) destacam o papel estratégico do agronegócio na balança comercial e no desenvolvimento regional. Somado a isso, Santos e Araújo (2017); Borlachenco e Gonçalves (2017) enfatizam a urgência de inovações que promovam a medição e a análise dos indicadores de sustentabilidade em propriedades rurais, justificando a necessidade de estudos que explorem as contribuições teóricas, práticas e sociais deste segmento fundamental.

Assim, a presente revisão de literatura fundamenta-se em um referencial teórico robusto que busca compreender e integrar as práticas ambientais de sustentabilidade nos diversos espaços sociais no agronegócio brasileiro, integrando dimensões sociais, ambientais e econômicas. Dessa forma, evidenciando a necessidade de repensar abordagens tradicionais que historicamente se mostraram insuficientes para lidar com as complexas questões sociais e ambientais emergentes. Enquanto os modelos convencionais frequentemente falham em

abarcam a totalidade dos desafios contemporâneos, ferramentas modernas, como os relatórios integrados e as políticas ESG têm emergido como instrumentos essenciais para promover a sustentabilidade e gerar valor para os stakeholders (Alpino et al., 2022).

## 2. Metodologia

Esta pesquisa consiste em uma revisão de literatura fundamentada na análise de estudos teóricos e empíricos que abordam as práticas de sustentabilidade em diferentes espaços sociais. Como preconiza Gil (2008), uma revisão de literatura objetiva ampliar o conhecimento sobre determinado tema.

Nessa lógica, seguiu-se princípios básicos para a realização de uma revisão de literatura como é preconizado por Gil (2008) e Vergara (2021). Assim, o referencial teórico foi estruturado a partir da seleção de artigos, livros, relatórios integrados, políticas ESG, e demais fontes que possibilitam compreender as transformações socioambientais contemporâneas. Tais artigos científicos foram buscados em bases de dados nacionais (*Spell* e *Scielo*) e internacionais (*Web of Science* e *Scopus*).

Dessa forma, inicialmente, a análise concentrou-se nas questões sociais e ambientais emergentes, evidenciando a ineficácia das abordagens tradicionais frente aos desafios atuais. Nesse estágio, identificou-se como ferramentas inovadoras, tais como relatórios integrados e políticas ESG, promovem a sustentabilidade e agregam valor aos stakeholders.

Na sequência, dedicou-se uma subseção à análise do modelo ESG com ênfase em iniciativas como a *Task Force on Nature-related Financial Disclosures* (TNFD). Essa etapa abordou os avanços na identificação de riscos à biodiversidade, bem como os desafios persistentes, como a ausência de padrões globais e a limitada integração nos mercados em desenvolvimento, evidenciando a necessidade de regulação aprimorada e colaboração internacional.

Posteriormente, a revisão concentrou-se nas práticas sustentáveis em propriedades rurais, destacando a relevância da agricultura regenerativa. Essa abordagem busca restaurar os sistemas agrícolas por meio de práticas como rotação de culturas e gestão eficiente dos recursos hídricos, contribuindo para a regeneração do solo, o sequestro de carbono, a proteção dos ecossistemas e a resiliência das comunidades rurais.

Por fim, examinou-se a implementação das práticas sustentáveis, identificando antecedentes e consequências associadas à sua adoção. Nesta etapa, foram considerados fatores como a demanda dos consumidores, incentivos financeiros, acesso à informação, além dos entraves impostos por custos elevados, regulamentações complexas e aspectos sociodemográficos, que juntos influenciam a efetividade e a disseminação das práticas ambientalmente responsáveis.

## 3. Questões sociais e ambientais emergentes

As mudanças climáticas exacerbam os riscos enfrentados pelo setor agrícola, resultando em eventos climáticos extremos, como secas prolongadas e enchentes, que impactam diretamente a segurança alimentar global. Oostendorp et al. (2019) sugerem a implementação de práticas *Climate-Smart Agriculture* (CSA), uma abordagem que promove a adaptação das culturas às mudanças climáticas por meio de inovações tecnológicas e práticas sustentáveis. Ding e Du (2023) destacam que o uso de tecnologias como irrigação eficiente e inteligência artificial no monitoramento climático contribui significativamente para aumentar a resiliência das propriedades rurais.

Nesse cenário, o TNFD ganha relevância ao fornecer uma estrutura para que empresas e instituições financeiras identifiquem e divulguem riscos associados à perda da biodiversidade e à degradação dos ecossistemas. Similar ao *Task Force on Climate-related Financial*

Disclosures (TCFD), que aborda riscos climáticos, o TNFD representa um avanço na tentativa de alinhar o sistema financeiro global às necessidades ambientais (Gomez et al., 2023). No entanto, há desafios significativos, como a padronização de métricas e a integração dessas práticas nos mercados emergentes. Para os pequenos agricultores, a TNFD pode servir como um mecanismo para atrair investimentos direcionados à preservação dos recursos naturais e à adoção de práticas regenerativas no campo.

Paralelamente, soluções financeiras inclusivas tornam-se essenciais para facilitar a transição para um modelo agrícola sustentável. Oostendorp et al. (2019) sugerem que subsídios governamentais, microcrédito rural e fundos climáticos são mecanismos eficazes para superar as barreiras financeiras. Por sua vez, Costa et al. (2024) enfatizam que as parcerias público-privadas desempenham um papel central ao combinar recursos e conhecimentos para implementar projetos de larga escala em comunidades rurais, garantindo a inclusão financeira e a mitigação dos impactos climáticos.

Além do crédito, o pensamento integrado e a adoção de práticas de governança responsável, como as orientadas pelos critérios ESG, têm se mostrado eficientes para criar valor sustentável. Adams (2017) argumenta que as empresas que adotam relatórios integrados conseguem alinhar suas operações com as expectativas de uma ampla gama de stakeholders. No setor agrícola, como pontuam Ahmad et al. (2022), isso significa promover práticas como manejo integrado de pragas, agricultura de conservação e uso de energias renováveis.

Estudos recentes reforçam a necessidade de tecnologias de baixo custo para facilitar a implementação de práticas sustentáveis entre os pequenos agricultores. Segundo Balasingham et al. (2024). O acesso a essas tecnologias ainda depende de financiamento adequado e políticas públicas robustas. Estudo da Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe (CEPAL, 2021) destaca que a limitação do acesso dos estabelecimentos agropecuários à conexão de rede representa um grande desafio e um gargalo significativo para a difusão da agricultura 4.0 entre os produtores rurais brasileiros. A falta de infraestrutura digital no campo dificulta a adoção de novas tecnologias, impactando diretamente a produtividade e a sustentabilidade do setor (Miguel et al., 2021).

Outro desafio envolve a integração dos pequenos agricultores em cadeias produtivas sustentáveis. Gomez et al. (2023) sugerem que a criação de programas de capacitação e incentivos financeiros pode ajudar a consolidar um modelo de produção que respeite os limites ambientais e sociais. Esses programas devem incluir o uso de práticas regenerativas, como a rotação de culturas e o sequestro de carbono no solo, que são cruciais para mitigar os efeitos das mudanças climáticas.

Além dessas dificuldades conceituais, a percepção sobre o desenvolvimento sustentável pode variar conforme o ponto de vista de cada indivíduo, o que torna sua definição ainda mais subjetiva (Regier; Bronson, 1992; Leal Filho, 2000; Stoneham et al., 2003; White, 2013). Essa variação nas interpretações sugere que a sustentabilidade no meio agrícola deve ser analisada de forma contextual, levando em consideração aspectos sociais, econômicos e ambientais específicos de cada região ou propriedade rural.

ESG.

Além disso, empresas comprometidas com ESG podem se beneficiar de instrumentos financeiros específicos, como os "green bonds" (títulos verdes), que são destinados a projetos com impacto ambiental positivo. Esses títulos sinalizam aos investidores que os recursos serão aplicados em iniciativas sustentáveis, facilitando o acesso a capital e fortalecendo a posição da empresa em mercados que priorizam a responsabilidade socioambiental. Uma revisão integrativa sobre ESG aponta que investidores estão cada vez mais atentos às práticas ambientais, sociais e de governança das empresas, influenciando suas decisões de investimento (Lira et al, 2025).

Os relatórios ESG incentivam a transparência e a prestação de contas, fatores que são cada vez mais valorizados por investidores, consumidores e outros stakeholders. Empresas que demonstram compromisso com práticas ESG robustas tendem a atrair mais capital, melhorar sua reputação e, conseqüentemente, aumentar sua competitividade no mercado (Adams, 2017). As divulgações ESG desempenham um papel crucial na melhoria da sustentabilidade e do desempenho financeiro das empresas, especialmente à medida que investidores e stakeholders se tornam mais conscientes da importância dessas práticas. A pandemia de COVID-19 e os avanços tecnológicos são identificados como impulsionadores significativos para a adoção de políticas ESG, contribuindo para a inovação e para a criação de valor de longo prazo (Ahmad et al., 2022).

Os estudos também apontam que a falta de padrões de relatórios é um obstáculo significativo para o uso de informações ESG, o que afeta a comparabilidade e confiabilidade dos dados. Em termos de estilos de investimento ESG, a integração completa e o engajamento com empresas são considerados os mais benéficos, enquanto a exclusão negativa (negative screening) é vista como menos vantajosa e geralmente impulsionada por considerações éticas e estratégicas de produtos (Amel; Serafeim 2018).

Os grandes desafios se concentram como a falta de indicadores ESG padronizados e a dificuldade em integrar a sustentabilidade nas operações centrais das empresas. Também são discutidas ações potenciais, como o desenvolvimento de novos produtos alinhados com os objetivos de sustentabilidade, melhorias nas práticas de gestão de risco e o engajamento com stakeholders (Aburto; Barrera; Wagner, 2023).

As pesquisas destacam que os bancos oferecem uma variedade de instrumentos financeiros responsáveis, como microcrédito e fundos éticos. No entanto, a oferta desses instrumentos varia amplamente entre os bancos. A adesão a princípios internacionais e a obtenção de certificações éticas ainda precisam ser melhoradas. Muitos bancos não aderem completamente aos principais acordos e princípios internacionais voltados para a sustentabilidade (Birindelli, 2015).

Embora a literatura existente evidencie os benefícios da sustentabilidade na mitigação de riscos, ainda há lacunas de conhecimento, especialmente no que diz respeito à compreensão das interações complexas entre os fatores ESG e seus impactos na capacidade das empresas de contribuir para o desenvolvimento sustentável (Gomez et al., 2021).

A importância da tecnologia, como a blockchain, na melhoria da transparência e rastreabilidade das práticas ESG, fato que demonstrou isso foi a pandemia de COVID-19, momento em que ficou reforçada a interconexão entre seres humanos, planeta e inovação tecnológica para a sustentabilidade (Ahmad et al., 2022).

As medições de sistemas devem incluir indicadores chave em dimensões técnicas, econômicas, ambientais, sociais e de governança para garantir uma abordagem integral. Estudos que as organizações devem se concentrar em áreas como a proteção ambiental, a redução de energia, a reputação corporativa, a gestão de qualidade, a satisfação do cliente e as relações com os investidores. Essas áreas são identificadas como críticas para melhorar o desempenho sustentável (Caiado et al., 2018).

Apesar das evidências de uma relação positiva entre a implementação dos critérios ESG e o desempenho financeiro corporativo, ainda há ambiguidade nos resultados, reforçando a importância de novas investigações que possam preencher essas lacunas e fornecer uma compreensão mais abrangente sobre o tema de sustentabilidade (Barbosa et al., 2023).

Entretanto, também os estudos mais recentes, a exemplo da desenvolvida por Barbosa et al. (2023) apontam que há necessidade de mais pesquisas que abordem a integração dos critérios ESG sob a perspectiva dos trabalhadores, uma vez que a literatura atual é predominantemente voltada para a visão das organizações.

#### 4. ODS e ESG: Relações com a sustentabilidade

A partir dos princípios estabelecidos pelo Relatório Brundtland e com o surgimento dos pilares do ESG, o conceito de sustentabilidade tem sido constantemente aprimorado e reformulado, conforme as complexidades das questões ambientais, sociais e de governança se tornam mais claras. O entendimento de sustentabilidade evoluiu progressivamente, integrando diferentes perspectivas e adaptando-se às novas demandas e desafios emergentes (Giddings, Hopwood & O'Brien, 2002).

É importante salientar que o termo ESG foi traduzido para o português como ASG, representando os pilares ambiental, social e de governança. Tal sigla refere-se a um conjunto de práticas recomendadas que visam não apenas promover impactos positivos no meio ambiente, mas também incentivar o desenvolvimento social, tanto no contexto corporativo quanto em seu entorno, e assegurar a integridade e transparência das operações empresariais. Os indicadores ESG, por sua vez, têm a capacidade de fornecer dados relacionados à sustentabilidade e a aspectos não financeiros, revelando elementos de valor estratégico nos médio e longo prazos (Linhares, 2017). Cada dimensão, separadamente, é trabalhada.

**A dimensão ambiental**, segundo Elkington (1998), consiste no pilar que sublinha o dever das empresas de adotar ações ambientalmente responsáveis, com ênfase na utilização sustentável dos recursos naturais e na mitigação dos impactos ambientais. Isso não se limita ao cumprimento das exigências legais, mas envolve a adoção de uma abordagem ativa na proteção do meio ambiente.

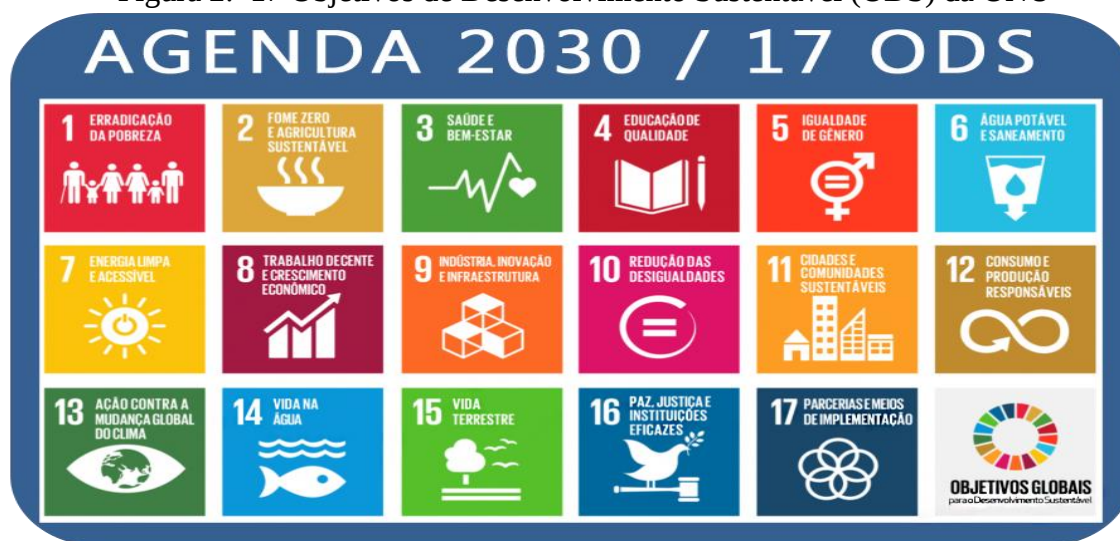
**Na dimensão social** a prioridade está no engajamento das empresas com seus públicos de interesse, seja ele interno, como os empregados, ou externo, como as comunidades locais. Elkington (2018) ressalta que abordar as questões sociais não é apenas uma exigência ética, mas também pode afetar de maneira significativa a reputação e, conseqüentemente, os resultados financeiros das organizações.

**A dimensão da governança** refere-se aos processos de gestão e tomada de decisões nas organizações. De acordo com Crane, Matten e Spence (2008), uma governança eficiente é caracterizada pela transparência, responsabilidade e aderência a princípios éticos.

Outro sim, Rodriguez-Anton et al. (2019) e Schroeder et al. (2019) destacam que, embora o conceito de Economia Circular (EC) não esteja explicitamente nos ODS, suas práticas podem contribuir significativamente para alcançá-los, tornando a EC uma estratégia promissora para promover transições sustentáveis.

Com base no conceito de "Desenvolvimento Sustentável" do Relatório Brundtland, os ODS foram criados para oferecer uma abordagem mais inclusiva ao desenvolvimento global. Em 2015, a ONU estabeleceu 17 ODS como parte da Agenda 2030 (Figura 2), refletindo os desafios e aprendizados dos Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (ODM).

Figura 2: 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da ONU



Fonte: Agenda 2030. Disponível em <https://www.politize.com.br/agenda-2030/>

Em 2015, os ODS da ONU ampliaram a visão de sustentabilidade, abordando metas como a redução de desigualdades e a construção de cidades sustentáveis. Essa evolução reflete uma crescente compreensão da interconexão entre as dimensões econômicas, sociais e ambientais.

Desde sua criação, o Pacto Global das Nações Unidas tem visto um aumento significativo na adesão de empresas globalmente, demonstrando um compromisso com a responsabilidade corporativa e o desenvolvimento sustentável (Dalla Porta, 2023). Ele também influenciou a criação de normas internacionais sobre responsabilidade empresarial, impactando a forma como empresas, governos e a sociedade civil abordam questões cruciais. O Pacto continua sendo um marco essencial para a promoção de direitos humanos, trabalho, meio ambiente e combate à corrupção no contexto empresarial global (Coutinho, 2021).

Por meio das ações e projetos desenvolvidos pela Plataforma de Ação pelo Agro Sustentável, empresas e organizações podem estabelecer compromissos alinhados aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) (Feeney, 2009). Essa plataforma viabiliza a implementação de iniciativas que fomentam a adoção de práticas agrícolas sustentáveis em consonância com as metas da Agenda 2030, permitindo que as entidades participantes desempenhem um papel ativo na mitigação dos impactos ambientais, na promoção da equidade social e no desenvolvimento de uma economia agrícola mais inclusiva e resiliente, pelo PACTO GLOBAL (2024). Os três ODS que são trabalhados nesta pesquisa são os que são trabalhados na sequência.

**ODS 2: fome zero e agricultura sustentável:** Acabar com a fome, alcançar a segurança alimentar e melhoria da nutrição e promover a agricultura sustentável.

No Brasil, de acordo com o relatório da ONU de 2024, aproximadamente 2,5 milhões de brasileiros encontram-se em situação de insegurança alimentar grave ou moderada. Entre os fatores que contribuem para esse cenário, destaca-se o desperdício de alimentos, que ocorre em diferentes níveis da cadeia de produção e consumo. Estes acontecem nos diferentes níveis da cadeia, segundo relatório do Comitê sobre Segurança Alimentar Mundial (HLPE, 2014)<sup>1</sup> que analisou com profundidade a perda de alimentos.

<sup>1</sup> Este relatório adota uma lente de segurança alimentar e nutrição e define perdas e desperdícios alimentares (FLW) como “uma diminuição, em todas as fases da cadeia alimentar, desde a colheita até ao consumo, em massa, de alimentos que eram originalmente destinados ao consumo humano, independentemente da causa”

As causas do desperdício alimentar em nível micro ocorrem durante a produção e consumo, decorrentes de práticas inadequadas de cultivo, colheita, manuseio e armazenamento, além de falhas no processamento, embalagem e transporte de alimentos perecíveis. No ambiente doméstico, especialmente em países desenvolvidos, o desperdício está relacionado a comportamentos como compra e preparo excessivos, falta de reaproveitamento de sobras e má interpretação de rótulos, influenciados por hábitos culturais e sociais de sociedades consumistas (Jesus; Pires, 2018).

No "nível meso", as causas do desperdício alimentar estão associadas a fatores estruturais e secundários. Entre as principais causas, destacam-se a insuficiência de equipamentos adequados, a ausência de boas práticas, a desorganização operacional, além da fraca coordenação e comunicação entre os diferentes atores da cadeia de suprimento alimentar. Esses elementos contribuem significativamente para o desperdício ao longo de toda a cadeia produtiva (de Andrade Silvério, 2014).

No "nível macro", as causas do desperdício alimentar estão relacionadas a fatores políticos e regulatórios, bem como a questões sistêmicas que afetam múltiplos níveis da cadeia alimentar. Isso inclui a existência de um sistema alimentar desorganizado e ineficiente, a ausência de condições institucionais adequadas, e a carência de políticas que promovam a coordenação entre os atores, facilitando investimentos e a adoção de boas práticas. Além disso, destaca-se a falta de regulamentação específica para a doação de excedentes alimentares provenientes da distribuição e do setor de restauração, o que agrava o problema (Andrade Silvério, 2014).

ODS 12: Consumo e produção responsáveis: Assegurar padrões de produção e de consumo sustentáveis

Essa ODS busca transformação nos comportamentos de consumidores e produtores, bem como a criação de políticas públicas robustas que incentivem a adoção de práticas sustentáveis. Medidas como o aumento da eficiência no uso de recursos, a transição para energias renováveis, a promoção de modelos de economia circular e a redução do uso de materiais descartáveis são essenciais para alcançar os objetivos propostos. A articulação entre governos, setor privado e sociedade civil é imperativa para garantir que o consumo e a produção sustentáveis se tornem a norma, impulsionando o desenvolvimento sustentável em escala global (Barbosa et al., 2021).

Notável a necessidade de desvincular o crescimento econômico da degradação ambiental. Este objetivo busca equilibrar as esferas social, econômica e ambiental, promovendo práticas mais eficientes no uso de recursos naturais e incentivando a adoção de modelos de consumo consciente. Estabelece diretrizes específicas que visam a transição para uma economia mais circular, onde a redução de resíduos e o uso racional de recursos são centrais (Yaduvanshi, 2016).

No campo ambiental, a redução da poluição e a mitigação dos impactos causados pelo uso indiscriminado de recursos naturais são objetivos centrais. Além disso, espera-se que a promoção de padrões de consumo mais conscientes contribua para uma melhoria geral da saúde e bem-estar das populações, especialmente ao reduzir a exposição a substâncias químicas nocivas. A adoção de práticas sustentáveis, portanto, é vista como fundamental para garantir a resiliência econômica e ambiental em longo prazo (Alves, 2017).

Em síntese, o cumprimento do ODS 12 é essencial para o desenvolvimento de uma economia global mais equitativa e sustentável, que respeite os limites ecológicos do planeta, assegurando a prosperidade e o bem-estar social de forma inclusiva e duradoura (Barbosa et al., 2021).

ODS 13: Ação contra a mudança global do clima: Tomar medidas urgentes para combater a mudança do clima e seus impactos.

A mudança do clima já está causando eventos extremos, como furacões, secas prolongadas, inundações e ondas de calor, que afetam a vida de milhões de pessoas, especialmente as mais vulneráveis. Combater esses efeitos exige uma ação global coordenada para reduzir as emissões de gases de efeito estufa, aumentar a eficiência energética, promover energias renováveis e fortalecer as infraestruturas de adaptação (Yaduvanshi, 2016).

## **5. Práticas sustentáveis em propriedade rurais e a agricultura regenerativa**

O conceito de Agricultura Regenerativa foi introduzido nos Estados Unidos no início da década de 1980, sendo atribuído a Robert Rodale, pesquisador que analisou os processos de regeneração em sistemas agrícolas ao longo do tempo. Essa abordagem tem como objetivo principal a recuperação e a preservação das culturas agrícolas, bem como a sustentabilidade de todo o sistema produtivo alimentar, abrangendo tanto as comunidades rurais quanto os consumidores finais (Ehlers, 1999).

Uma abordagem holística para a produção agrícola consiste em não apenas reduzir os impactos adversos no meio ambiente, mas também restaurar e fortalecer a qualidade do solo, os ecossistemas e as comunidades que dependem da agricultura. O foco está em princípios que incentivam a biodiversidade, a vitalidade do solo, o manejo eficiente da água e o sequestro de carbono no solo, em oposição às práticas tradicionais que podem esgotar os recursos naturais (Cerri et al., 2024).

Na agricultura as principais práticas sustentáveis são estratégias projetadas para maximizar a eficiência dos recursos naturais e minimizar o impacto ambiental, garantindo, ao mesmo tempo, a produção de alimentos suficientes de forma ética e econômica, as quais são abordadas por diferentes estudos. Na sequência são trabalhadas algumas das práticas mais importantes, salientadas por Fageria et al. (2011).

Culturas diferentes evitam o esgotamento do solo possuem demandas nutricionais distintas e características únicas de absorção de nutrientes. Ao alterná-las, é possível minimizar o esgotamento de elementos específicos no solo, reduzindo a necessidade de fertilizantes químicos. Segundo Altieri (2012), a diversidade de espécies em rotação permite o reaproveitamento mais eficiente dos recursos do solo.

A rotação dificulta a sobrevivência de pragas e patógenos específicos de uma cultura e dessa forma melhorando o controle de pragas e doenças, quebrando seus ciclos de vida. De acordo com Gliessman (2015), a rotação reduz a pressão de pragas e doenças porque cria um ambiente menos favorável para sua proliferação. Culturas com sistemas radiculares distintos (por exemplo, gramíneas e leguminosas) contribuem para a melhoria da estrutura do solo e saúde do solo, favorecendo a infiltração de água e a aeração. Além disso, como pontuam Fageria et al. (2011), as leguminosas podem fixar nitrogênio atmosférico no solo, promovendo fertilidade natural.

Segundo Candido et al. (2021), a rotação de culturas é uma estratégia essencial para promover a sustentabilidade nos sistemas agrícolas, essa prática não apenas fortalece a estrutura física e biológica do solo, também como efeito positivo facilita a criação de um ambiente mais saudável para o crescimento das plantas. Dessa forma, a rotação de culturas contribui para uma produção mais estável e resiliente, beneficiando tanto a saúde do solo quanto a viabilidade econômica dos agricultores e garantindo a continuidade dos meios de vida no campo.

Pesquisas recentes ressaltam a relevância de adaptar as práticas agrícolas às especificidades regionais para maximizar seus benefícios, quantificar os efeitos das rotações de culturas sobre a estrutura do solo e os níveis de carbono orgânico, os autores evidenciam que a diversidade de cultivos pode reduzir a necessidade de insumos químicos, ao mesmo tempo em que melhora a fertilidade do solo e contribui para a mitigação das mudanças climáticas

(Koushika et al., 2024), reforça a ideia de que soluções customizadas e integradas são essenciais para enfrentar os desafios do agronegócio contemporâneo.

De forma complementar, Derpsch e Friedrich (2018) afirmam que essas práticas restauram a fertilidade dos solos degradados, melhoram sua estrutura física e promovem a biodiversidade microbiana, essenciais para a resiliência dos sistemas agrícolas, fatores que reforçam a importância da agricultura de conservação na recuperação e manutenção da qualidade do solo.

A agricultura de conservação é amplamente reconhecida como um sistema que integra práticas como o plantio direto, a cobertura permanente do solo e a minimização do revolvimento, com o objetivo de conservar a umidade. Lal (2020) destaca que essa abordagem é fundamental para mitigar as mudanças climáticas, promover o sequestro de carbono e reverter a degradação dos ecossistemas agrícolas, contribuindo para a segurança alimentar global.

Rodrigues et al. (2023) investigaram os impactos do plantio direto combinado com culturas de cobertura em propriedades do Cerrado, constatando que essas práticas reduzem a erosão e aumentam a matéria orgânica do solo, promovendo uma recuperação notável da fertilidade. Esses estudos demonstram que, em regiões onde o solo já se encontra degradado, a adoção de técnicas conservacionistas pode reverter os danos acumulados ao longo do tempo, fortalecendo a resiliência dos sistemas agrícolas e garantindo uma produção mais sustentável.

Em outra linha de pesquisa, Zhang et al. (2024) exploraram a relação entre as práticas de agricultura de conservação e o sequestro de carbono, evidenciando que a redução da perturbação mecânica do solo, aliada à manutenção dos resíduos culturais na superfície, potencializa a fixação de carbono e melhora a estrutura do solo. Silva et al. (2023) complementaram esses achados ao demonstrar que a integração de tecnologias digitais com métodos de manejo conservacionista permite um monitoramento mais preciso dos indicadores de sustentabilidade, facilitando a implementação de estratégias adaptadas às condições locais.

Al Basir et al. (2023) desenvolveram um modelo matemático para o MIP demonstrando que a combinação otimizada de biopesticidas e pesticidas químicos proporciona um controle de pragas mais eficaz do que o uso isolado desses métodos. Santos et al. (2024) ressaltam que a combinação de técnicas tradicionais com tecnologias emergentes potencializa os resultados do MIP, ao melhorar a detecção precoce e a resposta às infestações, sem comprometer a saúde do solo e a biodiversidade. Com isso, reforçam a ideia de que soluções customizadas e integradas são fundamentais para enfrentar os desafios do agronegócio contemporâneo, permitindo que práticas sustentáveis se adaptem às especificidades de cada região e contribuam para um sistema agrícola mais resiliente.

A Agricultura de Precisão tem avançado nos últimos anos, promovendo práticas agrícolas mais eficientes e sustentáveis com o uso de tecnologias inovadoras. De acordo com a Embrapa (2022), pesquisas realizadas nas principais cadeias produtivas brasileiras demonstram ganhos expressivos em produtividade e sustentabilidade, com destaque para inovações em culturas anuais, perenes e sistemas integrados. No cenário científico, o Laboratório de Agricultura de Precisão (LAP), coordenado por José Paulo Molin, coloca o Brasil como o terceiro país com maior número de publicações na área, reforçando a importância das tecnologias na modernização da gestão agrícola (Molin, 2023).

Além disso, pesquisas recentes têm explorado a aplicação de inteligência artificial no campo. Em um estudo inovador, Silva et al. (2022) propuseram um sistema de análise de solo utilizando sensores colorimétricos integrados à inteligência artificial. O sistema permite análises químicas rápidas e de baixo custo diretamente no campo, auxiliando agricultores na tomada de decisões para uma produção mais eficiente e sustentável.

O estudo de Oliveira et al. (2024) também mostraram que ferramentas digitais de monitoramento permitem ajustes em tempo real nas estratégias de manejo, resultando em um

controle de pragas mais preciso e na redução dos impactos ambientais do uso intensivo de pesticidas. Essas abordagens inovadoras promove a sustentabilidade dos agroecossistemas e fortalece a viabilidade econômica dos produtores.

Robôs autônomos vem sendo desenvolvidos para otimizar o manejo de ervas daninhas na agricultura de precisão. O sistema utiliza algoritmos avançados de visão computacional para detectar ervas daninhas e aplicar herbicidas de forma seletiva, reduzindo significativamente o uso de produtos químicos. Os robôs incorporam um sistema de navegação autônoma eficiente, permitindo operar entre fileiras de cultivo com precisão. Os resultados demonstram a eficácia e o custo-benefício da tecnologia proposta, destacando seu potencial para promover práticas agrícolas mais sustentáveis e eficientes no controle de pragas e manejo de culturas (Balasingham et al., 2024).

A irrigação por gotejamento é amplamente reconhecida como um dos métodos mais eficientes, pois fornece água diretamente à zona radicular das plantas, reduzindo perdas por evaporação e minimizando o desperdício. Essa técnica permite a fertirrigação, facilitando a aplicação de nutrientes dissolvidos junto com a água, otimizando a nutrição e o desenvolvimento das culturas (Monteiro, 2024). De forma semelhante, a irrigação por microaspersão libera água de maneira localizada e em baixa pressão, sendo amplamente utilizada em hortaliças, frutíferas e estufas, onde é necessário um controle preciso da umidade e um uso eficiente da água (Botrel, 2023)

Sistemas tecnológicos vem sendo desenvolvidos baseados em Deep Reinforcement Learning (DRL) para otimizar a eficiência hídrica no campo. O sistema coleta dados em tempo real, como níveis de umidade do solo e previsões climáticas, para tomar decisões autônomas sobre quando e quanto irrigar, ajustando-se de forma adaptativa às condições ambientais e às necessidades das plantas.

Com um processo contínuo de aprendizado, o DRL prioriza estratégias que economizam água sem comprometer o desenvolvimento das culturas, sendo capaz de responder a variações climáticas e evitar desperdícios. Essa abordagem possibilita a adaptação às variações climáticas e a minimização de desperdícios, aprimorando a precisão na gestão dos recursos hídricos. Dessa forma, contribui para a promoção da sustentabilidade e para a utilização eficiente dos recursos disponíveis (Ding e Du, 2023).

As energias renováveis desempenham um papel crucial na promoção da sustentabilidade ambiental e na diversificação das matrizes energéticas globais. Fontes como solar, eólica, hidráulica e biomassa são consideradas alternativas limpas e sustentáveis aos combustíveis fósseis, contribuindo para a redução das emissões de gases de efeito estufa e mitigando os impactos das mudanças climáticas. Segundo Costa (2017), a inserção de fontes renováveis na matriz energética mundial é fundamental para alcançar uma matriz energética sustentável.

No contexto brasileiro, a adoção de energias renováveis tem sido impulsionada por políticas públicas e investimentos em infraestrutura verde. Estudos indicam que o país possui um potencial significativo para expandir o uso de fontes renováveis, especialmente em energia solar e eólica, devido às condições climáticas favoráveis. No entanto, desafios como a necessidade de investimentos em tecnologias avançadas e a integração dessas fontes ao sistema elétrico nacional ainda persistem. Costa et al. (2023) destacam a importância de políticas governamentais para incentivar o uso de energia renovável de maneira sustentável no Brasil.

A transição para uma economia baseada em energias renováveis também está alinhada com os princípios da Economia Circular, que busca manter produtos, componentes e materiais em seu mais alto nível de utilidade e valor o tempo todo. A integração de energias renováveis nos processos industriais pode reduzir custos, aumentar a eficiência energética e minimizar impactos ambientais (Silva, 2024). Conforme análise de Silva et al. (2022), a relação entre

energias renováveis e economia circular é evidenciada por meio de aplicações práticas que visam à sustentabilidade industrial.

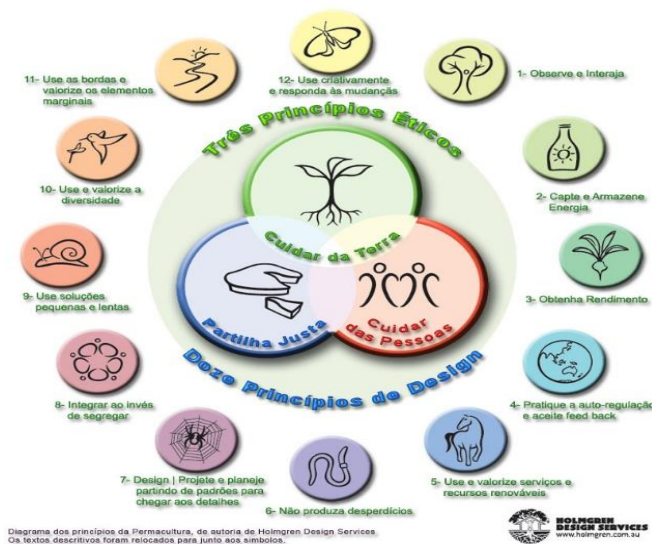
## 6. Práticas sustentáveis em propriedades rurais: antecedentes, barreiras e consequentes

As características demográficas dos produtores rurais, como nível de escolaridade, faixa etária e gênero, influenciam a adoção de Práticas sustentáveis na agricultura são influenciadas pelo nível educacional, uma vez que uma maior escolaridade amplia o acesso a informações sobre sustentabilidade. Esse fator favorece a compreensão dos benefícios dessas práticas e das regulamentações ambientais, facilitando uma transição mais consciente e eficiente para modelos produtivos sustentáveis (Leite et al., 2014).

A adoção de práticas sustentáveis pelos produtores rurais pode estar relacionada à preocupação com a redução da poluição e a preservação dos recursos naturais, bem como ao princípio da transgeracionalidade conforme Leite et al. (2014) que considera o bem-estar das futuras gerações, como filhos, netos e bisnetos, como um fator determinante para a implementação de medidas ambientalmente responsáveis. Além disso, o acesso a crédito também se destaca como um aspecto relevante, pois agricultores que adotam práticas sustentáveis podem ter maior facilidade na obtenção de financiamentos e empréstimos para impulsionar o desenvolvimento de suas atividades (Marcelino-Aranda, Sánchez-Garcia e Camacho, 2017).

Diversos fatores influenciam os produtores rurais na adoção de práticas sustentáveis, destacando-se o papel dos consumidores na demanda por produtos ambientalmente responsáveis, o suporte técnico e o acesso a incentivos proporcionados por cooperativas e associações de agricultores, além da atuação de organizações não governamentais na promoção da conservação ambiental e no fortalecimento social das comunidades rurais (Martin et al., 2015; Schleifer, 2017).

Figura 3: Ética e princípios da permacultura



Fonte: Holmgren, D. (2002). Permaculture: Principles and pathways beyond sustainability

Estudo relevante que investigaram as práticas de sustentabilidade ambiental em propriedades rurais como é o de Natalli et al. (2020), os autores identificaram que as práticas mais comuns incluem adubação orgânica, melhoramento e sobressemeadura de pastagens. Os principais motivadores para a adoção dessas práticas foram a redução de custos, o cumprimento da legislação ambiental e o aumento da produtividade. O estudo concluiu que a implementação

de práticas sustentáveis é essencial para a conformidade legal, a obtenção de benefícios ambientais e o aumento da rentabilidade das propriedades rurais.

Além dos aspectos demográficos, valores altruístas, como a preocupação com o bem-estar coletivo, também podem influenciar a adoção de práticas sustentáveis a motivação para o empreendedorismo sustentável pode levar os produtores rurais a direcionarem suas atividades não apenas para o lucro, mas também para a melhoria da qualidade de vida própria e da comunidade a disposição para inovar nas propriedades agrícolas, promovendo transformações nos métodos tradicionais de produção, representa outro fator relevante na adoção de práticas mais sustentáveis (Mupfasoni, Kessler e Lans, 2018).

Nas últimas décadas, estudos têm se concentrado em analisar e classificar as principais dificuldades que impedem a transição para uma agricultura mais sustentável, as pesquisas destacam barreiras relacionadas à falta de conscientização, conhecimento limitado, influências culturais e questões administrativas e estruturais, segundo Stewart, Bey e Boks, (2016). Outras abordagens propuseram categorizações em barreiras internas, como fatores políticos, humanos e culturais, e externas, como regulamentações, mercado e tecnologia, essas classificações em diversos setores, no contexto agrícola ainda não há um modelo consolidado, e os desafios à sustentabilidade permanecem dispersos na literatura (Stewart et al., 2016).

A adoção da sustentabilidade na agricultura enfrenta diversos desafios, sendo a limitação de recursos financeiros um dos principais obstáculos, necessidade de altos investimentos iniciais para implementar novas tecnologias, modificar processos produtivos ou obter certificações ambientais torna a transição mais difícil para muitos produtores Sassenrath et al. (2010). Além disso, os custos adicionais gerados pelas práticas sustentáveis podem inviabilizar sua adoção, especialmente devido à complexidade dos regulamentos exigidos para certificação e à falta de apoio governamental para auxiliar os agricultores nesse processo (Kata & Kusz, 2015).

Outros fatores que impedem a sustentabilidade no setor agrícola incluem a resistência à mudança, a aversão ao risco e a dificuldade de incorporar novas tecnologias, ausência de incentivos financeiros, a falta de métricas para mensurar a sustentabilidade e a visão fragmentada sobre o funcionamento do setor também dificultam essa transição (Paiva Duarte, 2015). Assim, uma combinação de barreiras estruturais, culturais e econômicas impacta diretamente a adoção de práticas mais sustentáveis na agricultura (Beya; Boks, 2016).

Em síntese, diversas barreiras podem dificultar a adoção de práticas sustentáveis pelos produtores rurais, como as pesquisas identificam múltiplos obstáculos para a sustentabilidade, abrangendo desde fatores comportamentais, como resistência à mudança, até limitações financeiras que dificultam investimentos em práticas ambientalmente responsáveis (Sassenrath et al., 2010). A diversidade e a complexidade desses desafios podem comprometer a transição para um modelo agrícola mais sustentável, exigindo maior compreensão e estratégias específicas para superá-los (Stewart, Bey; Boks, 2016).

No entanto, a implementação de práticas sustentáveis enfrenta desafios, especialmente entre pequenos agricultores, embora programas como o Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (Pronaf) tenham impacto positivo na geração de emprego e renda, o nível de sustentabilidade entre os agricultores familiares ainda é considerado baixo (Damasceno, 2011). A falta de acesso a tecnologias adequadas e à necessidade de capacitação contínua, para que a sustentabilidade se traduza em rentabilidade, é essencial investir em políticas públicas que facilitem a adoção de práticas sustentáveis e promovam a educação no campo (Czyzewski; Matuszczak; Muntean, 2018).

Embora a implementação de práticas sustentáveis em propriedades rurais possa acarretar custos iniciais mais elevados, estudos científicos indicam que tais práticas são viáveis e vantajosas a longo prazo. Por exemplo, a adoção de adubação orgânica e melhoramento de

pastagens não apenas atende à legislação ambiental, mas também reduz custos operacionais e aumenta a produtividade, conforme observado por Natalli et al. (2020). Apesar dos investimentos iniciais, a sustentabilidade na agricultura promove benefícios econômicos e ambientais significativos ao longo do tempo, com a gestão rural eficaz em pequenas propriedades contribui para a melhoria dos processos, redução de custos e riscos, resultando em aumento da receita, como destacado por Melo et al. (2021).

A adoção de práticas sustentáveis em propriedades rurais traz uma série de benefícios de longo prazo, ponto de vista ambiental, essas práticas contribuem para a melhoria da fertilidade do solo, a redução da erosão e a conservação dos recursos hídricos, fatores que favorecem a produtividade agrícola e diminuem a dependência de insumos químicos (Pires et al., 2022). Além disso, sistemas agroecológicos e agroflorestais desempenham um papel fundamental no sequestro de carbono, ajudando a mitigar os impactos das mudanças climáticas, com o uso eficiente dos recursos naturais, a produção sustentável também se torna mais resiliente às variações climáticas, garantindo maior estabilidade ao longo do tempo (Altieri & Nicholls, 2017).

No aspecto econômico, a implementação dessas práticas pode reduzir custos operacionais ao promover o uso otimizado de recursos e a substituição de insumos químicos por alternativas naturais, produtores que adotam métodos sustentáveis têm maior acesso a mercados diferenciados, como o de produtos orgânicos, que oferecem maior valorização e competitividade (Silva et al., 2020).

No âmbito social, práticas sustentáveis favorecem a inclusão de pequenos produtores e melhoram a qualidade de vida no campo, gerando empregos sustentáveis e fortalecendo a economia local (Altieri; Nicholls, 2017). A sustentabilidade rural não apenas minimiza os impactos ambientais da atividade agrícola, mas também impulsiona o desenvolvimento econômico e social das comunidades agrícolas, promovendo um modelo de produção mais equilibrado e duradouro (Melo et al., 2021).

## **Conclusão**

Chegando ao final desta revisão de literatura fica evidenciado que a trajetória dos debates e das práticas sustentáveis são percebidas como a preocupação com o meio ambiente, se tornando uma parte essencial do desenvolvimento. Desde os movimentos ambientais dos anos 1960 até os avanços trazidos pelos conceitos de ESG e desenvolvimento sustentável, testemunhamos uma mudança de paradigma que nos convida a repensar nossas ações cotidianas e coletivas.

No agronegócio brasileiro, essa transformação se materializa na adoção de práticas inovadoras, como a agricultura regenerativa, o manejo integrado de pragas, a agricultura de precisão e o uso de energias renováveis, que não apenas melhoram a eficiência na utilização dos recursos, mas também fortalecem a resiliência das comunidades rurais. Essa mudança representa uma esperança real de conciliar o crescimento econômico com a preservação do meio ambiente e a justiça social.

Apesar dos desafios, como as barreiras financeiras e a necessidade de maior integração de indicadores, os estudos mostram que quando unimos esforços, políticas públicas eficazes e um suporte técnico adequado, podemos construir um modelo agrícola mais equilibrado e humano. Em última análise, a sustentabilidade passa a ser não apenas uma meta, mas um compromisso com o bem-estar das gerações presentes e futuras, reforçando que cada ação conta na construção de um futuro mais justo e saudável para todos.

Paralelamente, a adoção de práticas sustentáveis em propriedades rurais, especialmente por meio da agricultura regenerativa, tem se mostrado uma estratégia promissora

para restaurar os sistemas agrícolas. Essa abordagem não só promove a regeneração do solo e a proteção dos ecossistemas, por meio de técnicas como a rotação de culturas e a gestão eficiente dos recursos hídricos, como também contribui para o sequestro de carbono e o fortalecimento da resiliência comunitária, oferecendo um modelo de produção sustentável a longo prazo.

A implementação dessas práticas é moldada por diversos fatores, tais como a crescente demanda dos consumidores por produtos ambientalmente responsáveis, a disponibilidade de incentivos financeiros e o acesso a informações qualificadas. Contudo, barreiras significativas, como os elevados custos iniciais, regulamentações complexas e desafios relacionados a aspectos sociodemográficos, ainda dificultam a adoção ampla de ações sustentáveis.

Esta pesquisa, portanto, propõe uma reflexão integrada que une a inovação, a responsabilidade ambiental e a justiça social, contribuindo para o avanço do conhecimento sobre a transformação dos sistemas produtivos e para o desenvolvimento de estratégias que promovam um equilíbrio sustentável entre economia, sociedade e meio ambiente. No âmbito das políticas ESG, iniciativas como a TNFD ilustram avanços significativos na identificação e mitigação dos riscos à biodiversidade, ainda que desafios como a ausência de padrões globais consistentes para relatórios e a limitada integração dos mercados em desenvolvimento persistam, apontando para a necessidade de maior regulação e colaboração internacional.

Chegando ao final desta pesquisa bibliográfica que oferece contribuições relevantes para a compreensão do tema, sobretudo para os que estão iniciando os seus estudos no tema, se reconhece as limitações de uma pesquisa deste tipo. Portanto, sugere-se que futuras pesquisas tanto teóricas quanto empíricas. Teoricamente sugere-se que sejam realizadas pesquisas bibliométricas, sistemáticas e integrativas de literatura.

Quanto as pesquisas práticas seguem algumas sugestões das muitas possíveis, sobretudo em razão da emergência do tema: análises sobre os impactos de práticas sustentáveis em diferentes escalas locais, regional e nacional; pesquisas longitudinais sobre práticas ambientais sustentáveis já aplicadas em propriedades rurais; pesquisas que permitam a identificação de mudanças comportamentais e de gestão que contribuam para a transformação estrutural do setor agropecuário; explorar a integração entre novas tecnologias digitais e práticas sustentáveis; investigação para fomentar a inovação e a resiliência dos sistemas agrícolas.

## REFERÊNCIAS

- ABURTO BARRERA, L. I.; WAGNER, J. A systematic literature review on sustainability issues along the value chain in insurance companies and pension funds. **European Actuarial Journal**, v. 13, n. 2, p. 653-701, 2023.
- ADAMS, C. A. Conceptualising the contemporary corporate value creation process. **Accounting, Auditing & Accountability Journal**, v. 30, n. 4, p. 906-931, 2017.
- AL BASIR, F.; CHOWDHURY, J.; TORRES, D. F. Dynamics of a Double-Impulsive Control Model of Integrated Pest Management Using Perturbation Methods and Floquet Theory. **Axioms**, v. 12, n. 4, p. 391, 2023.
- ALPINO, T. M. A.; MAZOTO, M. L.; BARROS, D. C.; FREITAS, C. M. Os impactos das mudanças climáticas na Segurança Alimentar e Nutricional: uma revisão da literatura. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 27, n. 1, p. 123-134, 2022.
- ALTIERI, M. A. Agroecology: The Science of Sustainable Agriculture. **CRC Press**, 2012.
- ALTIERI, M. A.; NICHOLLS, C. I. The adaptation and mitigation potential of traditional agriculture in a changing climate. **Climatic change**, v. 140, p. 33-45, 2017.
- ALVES, L. Impactos ambientais. CESMAC. **Meio ambiente: caderno**, v. 3, p. 1-5, 2017.
- AMEL-ZADEH, A.; SERAFEIM, G. Why and how investors use ESG information: Evidence from a global survey. **Financial analysts journal**, v. 74, n. 3, p. 87-103, 2018.

- BALASINGHAM, D.; SAMARATHUNGA, S.; ARACHCHIGE, G. G.; et al. SPARROW: Smart Precision Agriculture Robot for Ridding of Weeds. In: 2024 **5th International Conference for Emerging Technology (INCET)**. p. 1-6. IEEE, 2024.
- BARBIERI, J. C.; SILVA, D. Desenvolvimento sustentável e educação ambiental: uma trajetória comum com muitos desafios. **RAM. Revista de Administração Mackenzie**, v. 12, p. 51-82, 2011.
- BARBOSA, A. M.; BRANCHI, B. A.; FERREIRA, D. H. L. A influência da Agenda 2030 no consumo sustentável através de uma análise das publicações acadêmicas. **Periódico Eletrônico Fórum da Alta Paulista**, v. 17, n. 3, 2021.
- BIRINDELLI, G.; FERRETTI, P.; INTONTI, M.; IANNUZZI, A. P. On the drivers of corporate social responsibility in banks: evidence from an ethical rating model. **Journal of Management & Governance**, v. 19, p. 303-340, 2015.
- BOLTER, M.; HAAS, R. Modernização agrícola no Brasil: trajetória histórica e impactos socioeconômicos. **Revista Brasileira de Estudos Regionais e Urbanos**, v. 11, n. 2, p. 34-49, 2017.
- BORLACHENCO, N. G. C.; GONÇALVES, A. B. Expansão agrícola: elaboração de indicadores de sustentabilidade nas cadeias produtivas de Mato Grosso do Sul. **Interações (Campo Grande)**, v. 18, n. 1, p. 119-128, 2017.
- BUDSARATRAGOON, P.; JITMANEEROJ, B. Measuring causal relations and identifying critical drivers for corporate sustainability: The quadruple bottom line approach. **Measuring Business Excellence**, v. 23, n. 3, p. 292-316, 2019.
- CAIADO, R. G. G.; QUELHAS, O. L. G.; NASCIMENTO, D. L. M.; ANHOLON, R.; LEAL FILHO, W. Measurement of sustainability performance in Brazilian organizations. **International Journal of Sustainable Development & World Ecology**, v. 25, n. 4, p. 312-326, 2018.
- CAMILLERI, M. A. Strategic corporate sustainability and ESG disclosures: The role of stakeholder engagement and corporate governance. **Journal of Cleaner Production**, v. 386, p. 135922, 2023. DOI: 10.1016/j.jclepro.2023.135922.
- CANDIDO, G.; SHIMADA, B. S.; DA SILVA, V. B.; GOULART, G. R. Rotação de culturas na sustentabilidade de um sistema de produção agrícola. **Revista Multidisciplinar de Educação e Meio Ambiente**, v. 2, n. 3, p. 27-27, 2021.
- CERRI, C. E. P.; CHERUBIN, M. R.; VILLELA, J. M.; et al. Carbon farming in the Living Soils of the Americas. **Frontiers in Sustainable Food Systems**, v. 8, p. 1481005, 2024.
- COSTA, E. C.; SILVA, F. A.; VIVEIROS, L. R.; SILVA, V. S. Os desafios do uso de energias renováveis como instrumento para a sustentabilidade: uma revisão sistemática da literatura. **XLIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção**. Disponível em: [https://abepro.org.br/biblioteca/TN\_ST\_407\_2007\_46334.pdf](https://abepro.org.br/biblioteca/TN\_ST\_407\_2007\_46334.pdf)[https://abepro.org.br/biblioteca/TN\_ST\_407\_2007\_46334.pdf].
- COSTA, R. et al. Inclusive financing and climate resilience in rural economies. **Renewable Agriculture Journal**, 2024.
- CRUZ, M. M.; MARTINS, R. A.; ASSIS, F. M. dos S.; et al. Environmental, social and governance: A bibliometric study. **Research, Society and Development**, 2022. DOI: 10.33448/rsd-v11i17.38870.
- CZYZEWSKI, B.; MATUSZCZAK, A.; MUNTEAN, A. Political rents in the European Union's agriculture—Recovering or spreading? **Agricultural Economics (Czech Republic)**, v. 64, n. 6, p. 265-275, 2018.
- DAMASCENO, N. P.; KHAN, A. S.; LIMA, P. V. P. S. O impacto do Pronaf sobre a sustentabilidade da agricultura familiar, geração de emprego e renda no Estado do Ceará. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 49, p. 129-156, 2011.

- DERPSCH, R.; FRIEDRICH, T. Global Overview of Conservation Agriculture. **Journal of Soil and Water Conservation**, 2018.
- DING, X.; DU, W. Deep Reinforcement Learning for Optimizing Agricultural Irrigation Efficiency.
- ELKINGTON, J. Towards the sustainable corporation: Win-win-win business strategies for sustainable development. **California Management Review**, v. 36, n. 2, p. 90-100, 1994.
- ELKINGTON, J. Cannibals with Forks: **The Triple Bottom Line of 21st Century Business**. Capstone, 1997.
- ELKINGTON, J. Cannibals with forks: The triple bottom line of 21st-century business. **New Society Publishers**, 1998.
- ELKINGTON, J. 25 Years ago I coined the phrase 'Triple Bottom Line.' Here's why it's time to rethink it. **Harvard Business Review**, 2018.
- EHLERS, E. Agricultura Sustentável: origens e perspectivas de um novo paradigma. 2. ed. Guaíba: **Agropecuária**, 1999.
- FAGERIA, N. K.; BALIGAR, V. C.; JONES, C. A. Growth and Mineral Nutrition of Field Crops. **CRC Press**, 2011.
- FERNANDES, A; SOUZA, Â. R. L.; BELARMINO, L. C. Ecoinovação no Agronegócio: revisão sistemática da literatura. **Desenvolvimento em questão: revista do programa de pós-graduação em desenvolvimento**. Ijuí, RS. Vol. 18, n. 50 (jan./mar. 2020), p. 201-216, 2020.
- GAO, S.; MENG, F.; GU, Z.; LIU, Z.; FARRUKH, M. Mapping and clustering analysis on environmental, social and governance field a bibliometric analysis using scopus. **Sustainability (Switzerland)**, v. 13, n. 13, 2021. DOI: 10.3390/su13137304.
- GEISSDOERFER, M.; SAVAGET, P.; BOCKEN, N. M. P.; HULTINK, E. J. The circular economy – A new sustainability paradigm? **Journal of Cleaner Production**, v. 143, p. 757-768, 2017.
- GIDDINGS, B.; HOPWOOD, B.; O'BRIEN, G. Environment, economy and society: fitting them together into sustainable development. **Sustainable development**, v. 10, n. 4, p. 187-196, 2002.
- GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008
- GLIESSMAN, S. R. Agroecology: The Ecology of Sustainable Food Systems. **CRC Press**, 2015.
- GOMEZ-VALENCIA, M.; GONZALEZ-PEREZ, M. A.; GOMEZ-TRUJILLO, A. M. The “Six Ws” of sustainable development risks. **Business Strategy and the Environment**, v. 30, n. 7, p. 3131-3144, 2021.
- GOMEZ, L. et al. Aligning global finance with nature-based solutions: A review of TNFD. **Sustainability Journal**, 2023.
- HOLMGREN, D. Permaculture: Principles and pathways beyond sustainability. 2002.
- KOUSHIKA, S. P.; KRISHNAVENI, A.; PAZHANIVELAN, S.; et al. Carbon economics of different agricultural practices for farming soil. **arXiv**, 2024.
- KURESKI, R.; MOREIRA, V. R.; VEIGA, C. Agribusiness participation in the economic structure of a Brazilian region: analysis of GDP and indirect taxes. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 58, n. 3, p. e207669, 2020.
- LAL, R. Soil quality and sustainability. In: Methods for assessment of soil degradation. **CRC press**, 2020. p. 17-30.
- LEITE, J. C. de S. S.; CASTRO, J. M. de; LIMA, J. R. F. de. Sustentabilidade na agricultura familiar: Um estudo no município de Remígio-PB. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, v. 10, n. 3, p. 3-26, 2014.

- LINHARES, H. da C. Análise do desempenho financeiro de investimentos ESG nos países emergentes e desenvolvidos. 2017.
- LIRA, G. B.; SILVA LUCENA, T. C.; SILVA BEZERRA, V. R.; et al. Reflexões sobre o ESG (Environmental Social and Governance) no Brasil. **Meio Ambiente (Brasil)**, v. 7, n. 1, 2025.
- MARCELINO-ARANDA, R.; SÁNCHEZ-GARCÍA, S.; CAMACHO, J. V. Sustainable agriculture: A review of meaning and interpretation of the concept. **Revista Chapingo Serie Horticultura**, v. 23, n. 1, p. 103-121, 2017.
- MARTIN, A., et al. Agricultural sustainability and the role of collective action: Case studies from rural communities. **Environmental Research**, v. 140, p. 38-48, 2015.
- MELO, D. M.; FERNANDES, F. C.; SILVA COSTA, S. T.; et al. A importância da gestão rural e da sustentabilidade em pequenas propriedades rurais. **Revista GeTeC**, v. 10, n. 31, 2021.
- MIGUEL, C.; MARTÍNEZ, K.; PEREIRA, M.; KOHOUT, M. Economía circular en América Latina y el Caribe: oportunidad para una recuperación transformadora. Documentos de Proyectos (LC/TS. 2021/120), Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), 2021.
- MOLIN, J. P. Brasil ocupa 3º lugar na produção científica mundial sobre Agricultura de Precisão. 2023.
- MOLLISON, B. Permaculture: A designer's manual. **Tagari Publications**, 1988.
- MONTEIRO, R. M. et al. Qualidade da água em sistemas de irrigação por gotejamento no cultivo de palma forrageira. **International Journal of Agro Sciences**, 2024.
- MUPFASONI, D.; KESSLER, A.; LANS, T. Entrepreneurial competencies and the adoption of sustainable agricultural practices: Evidence from Rwanda. **Journal of Agribusiness in Developing and Emerging Economies**, v. 8, n. 3, p. 501-514, 2018.
- NATALLI, L. H.; MUNARETTO, L. F.; BIANCHINI, D. C.; HENKES, J. A. Práticas de sustentabilidade ambiental em propriedades rurais. **R Gest Sust Ambient**, v. 20, n. 9, p. 1, 2020.
- OLIVEIRA, F. R.; SANTOS, A. L.; RODRIGUES, M. P. Integrated Pest Management: Innovations in Digital Monitoring for Sustainable Agriculture. **Journal of Sustainable Agriculture**, v. 27, n. 1, p. 45-62, 2024.
- OOSTENDORP, R.; VAN ASSELDONK, M.; GATHIAKA, J.; et al. Agronegócio inclusivo em meio às mudanças climáticas: uma breve revisão do papel das finanças. **Current Opinion in Environmental Sustainability**, v. 41, p. 18-22, 2019. DOI: 10.1016/j.cosust.2019.09.014.
- PINHEIRO, V. F.; ALVES, C. L. B.; SILVA RODRIGUES, A.; FRANCA, A. C. L. Percepção ambiental na construção do desenvolvimento rural sustentável: uma avaliação junto a agricultores familiares da comunidade rural do Sítio Malhada-Crato/CE. **DRd-Desenvolvimento Regional em debate**, v. 13, p. 279-304, 2023.
- PINSKY, V. C.; DIAS, J. L.; KRUGLIANSKAS, I. Gestão estratégica da sustentabilidade e inovação. **Revista de Administração da Universidade Federal de Santa Maria**, v. 6, n. 3, p. 465-480, 2013.
- REGIER, H. A.; BRONSON, J. P. Sustainable development in fisheries and aquaculture. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 49, n. 5, p. 870-877, 1992. DOI: 10.1139/f92-098.
- RODRIGUES, A. B.; SILVA, C. D.; SOUZA, E. F. Impacts of no-till farming combined with cover crops on soil quality in the Cerrado. **Revista de Agricultura Sustentável**, v. 15, n. 2, p. 123-134, 2023.
- RODRIGUES, F. C. Energias Renováveis: Buscando por uma Matriz Energética Sustentável. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**.

- SARTORI, S.; LATRÔNICO, F.; CAMPOS, L. Sustentabilidade e desenvolvimento sustentável: uma taxonomia no campo da literatura. **Ambiente & sociedade**, v. 17, p. 01-22, 2014.
- SASSENATH, G. F.; HEILMAN, P.; LUSCHEI, E.; et al. Technology, complexity and change in agricultural production systems. **Renewable Agriculture and Food Systems**, v. 23, n. 4, p. 285-295, 2010.
- SCHNEIDER, A. L.; da SILVA, D. M.; GROFF, P. V. V.; et al. Análise da funcionalidade do PRONAF Agroecologia em uma propriedade na região noroeste do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v. 10, n. 1, p. 164-174, 2020.
- SILVA, P. R.; ALMEIDA, J. F.; SANTOS, G. Digital technologies and conservation management in agriculture: A case study. **Agronomy Research**, v. 18, n. 4, p. 200-215, 2023.
- SILVA, F. R., et al. Economia Circular e Energias Renováveis: uma análise bibliométrica da literatura internacional. **Interações (Campo Grande)**, v. 23, n. 2, 2022. Disponível em: [<https://www.scielo.br/j/inter/a/kRtjCTkLDzHwmCNJWbwXmrd/>](<https://www.scielo.br/j/inter/a/kRtjCTkLDzHwmCNJWbwXmrd/>).
- SILVA, F. M., et al. Soil analysis using colorimetric sensors and artificial intelligence: A sustainable approach. 2022.
- SILVA, R.; OLIVEIRA, J. Impactos socioambientais da Revolução Verde: uma revisão crítica. **Revista de Estudos Agrícolas**, v. 29, n. 4, p. 34-56, 2023.
- SILVA, L. S. D. O. Avaliação das energias eólica e solar fotovoltaica para o estado de Alagoas, com ênfase para complementaridade. 2024.
- SOMOGYI, Z. A framework for quantifying environmental sustainability. **Ecological Indicators**, v. 61, p. 338-345, 2016.
- SOUZA BARBOSA, A.; SILVA, M. C. B. C.; SILVA, L. B.; MORIOKA, S. N.; de SOUZA, V. F. Integration of Environmental, Social, and Governance (ESG) criteria: their impacts on corporate sustainability performance. **Humanities and Social Sciences Communications**, v. 10, n. 1, p. 1-18, 2023.
- SCOONES, I. Sustainability. **Development in practice**, v. 17, n. 4-5, p. 589-596, 2007.
- STEWART, R.; BEY, N.; BOKS, C. Exploration of barriers to the implementation of sustainable initiatives in the ready-made garments sector in Dhaka, Bangladesh. **Sustainability: Science, Practice and Policy**, v. 12, n. 1, p. 13-24, 2016.
- STONEHAM, G.; HARRIS-ADAMS, K.; LYNCH, B. Sustainable agriculture: Can policy make a difference? **Australian Journal of Agricultural and Resource Economics**, v. 47, n. 1, p. 85-100, 2003. DOI: 10.1111/1467-8489.00099.
- TARAPANOFF, K. M. A. Monitoramento do agronegócio brasileiro sustentável em relação ao mercado global. **Ciência da Informação**, v. 45, n. 3, 2016.
- TROULLAKI, K.; ROZAKIS, S.; KOSTAKIS, V. Eliminating barriers in sustainability research: A sustainability science review to life cycle sustainability assessment. **Ecological Economics**, v. 184, p. 107007, 2021.
- VERGARA, S. C. **Projetos e relatórios de pesquisa em administração**. 15. ed. São Paulo: Atlas, 2021.
- WHITE, R. Sustainability: A systems approach. **Routledge**, 2013.
- YADUVANSHI, N. R.; MYANA, R.; KRISHNAMURTHY, S. Circular economy for sustainable development in India. **Indian Journal of Science and Technology**, v. 9, n. 46, p. 1-9, 2016.