

CIÊNCIAS AGRARIAS EM FOCO

uma Visão Multi e Interdisciplinar

v. 2

2024

Organizadores

CARLA MICHELLE DA SILVA
ANTÔNIO VEIMAR DA SILVA
KADJA LEMOS SILVA
JÚNIOR PEREIRA DE SOUZA

CIÊNCIAS AGRARIAS EM FOCO

uma Visão Multi e Interdisciplinar

v. 2

2024

Organizadores

CARLA MICHELLE DA SILVA
ANTÔNIO VEIMAR DA SILVA
KADJA LEMOS SILVA
JÚNIOR PEREIRA DE SOUZA

© 2024 – Editora MultiAtual

www.editoramultiatual.com.br

editoramultiatual@gmail.com

Organizadores

Carla Michelle da Silva

Antônio Veimar da Silva

Kadja Lemos Silva

Júnior Pereira de Souza

Editor Chefe: Jader Luís da Silveira

Editoração e Arte: Resiane Paula da Silveira

Capa: Freepik/MultiAtual

Revisão: Respectivos autores dos artigos

Conselho Editorial

Ma. Heloisa Alves Braga, Secretaria de Estado de Educação de Minas Gerais, SEE-MG

Me. Ricardo Ferreira de Sousa, Universidade Federal do Tocantins, UFT

Me. Guilherme de Andrade Ruela, Universidade Federal de Juiz de Fora, UFJF

Esp. Ricael Spirandeli Rocha, Instituto Federal Minas Gerais, IFMG

Ma. Luana Ferreira dos Santos, Universidade Estadual de Santa Cruz, UESC

Ma. Ana Paula Cota Moreira, Fundação Comunitária Educacional e Cultural de João Monlevade, FUNCEC

Me. Camilla Mariane Menezes Souza, Universidade Federal do Paraná, UFPR

Ma. Jocilene dos Santos Pereira, Universidade Estadual de Santa Cruz, UESC

Ma. Tatiany Michelle Gonçalves da Silva, Secretaria de Estado do Distrito Federal, SEE-DF

Dra. Haiany Aparecida Ferreira, Universidade Federal de Lavras, UFLA

Me. Arthur Lima de Oliveira, Fundação Centro de Ciências e Educação Superior à Distância do Estado do RJ, CECIERJ

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

S586c Ciências Agrárias em Foco: uma Visão Multi e Interdisciplinar - Volume 2
/ Carla Michelle da Silva; Antônio Veimar da Silva; Kadja Lemos Silva, et al (organizadores). – Formiga (MG): Editora MultiAtual, 2024. 183 p. : il.

Outro organizador:
Júnior Pereira de Souza

Formato: PDF
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader
Modo de acesso: World Wide Web
Inclui bibliografia
ISBN 978-65-6009-094-1
DOI: 10.29327/5415848

1. Ciências Agrárias. 2. Agronomia geral. 3. Multidisciplinar e Interdisciplinar. I. Silva, Carla Michelle da. II. Silva Antônio Veimar da. III. Silva, Kadja Lemos. IV. Título.

CDD: : 630.7
CDU: 631/63

Os artigos, seus conteúdos, textos e contextos que participam da presente obra apresentam responsabilidade de seus autores.

Downloads podem ser feitos com créditos aos autores. São proibidas as modificações e os fins comerciais.

Proibido plágio e todas as formas de cópias.

Editora MultiAtual
CNPJ: 35.335.163/0001-00
Telefone: +55 (37) 99855-6001
www.editoramultiatual.com.br
editoramultiatual@gmail.com
Formiga - MG
Catálogo Geral: <https://editoras.grupomultiatual.com.br/>

Acesse a obra originalmente publicada em:
<https://www.editoramultiatual.com.br/2024/08/ciencias-agrarias-em-foco-uma-visao.html>



**Ciências Agrárias em Foco:
uma Visão Multi e Interdisciplinar
vol. 2**

Organizadores

Carla Michelle da Silva

Antônio Veimar da Silva

Kadja Lemos Silva

Júnior Pereira de Souza

APRESENTAÇÃO

O livro "Ciências Agrárias em Foco: uma Visão Multi e Interdisciplinar, vol. 2" reúne diversos estudos que abordam temáticas importantes para a evolução e sustentabilidade das Ciências Agrárias. Este volume é uma obra coletiva que envolve a contribuição de diversos autores renomados na área, oferecendo uma visão abrangente e interconectada sobre os desafios e perspectivas do setor agrícola.

A importância deste livro reside na sua capacidade de disseminar conhecimento atualizado e relevante, promovendo a troca de saberes entre pesquisadores, estudantes e profissionais do campo. Além disso, a divulgação de estudos que enfatizam a inclusão, sustentabilidade e inovação no contexto agrícola é essencial para o desenvolvimento de práticas mais eficientes e ambientalmente responsáveis.

O capítulo 1 (Inclusão e Diversidade na Educação Agrícola: Desafios e Perspectivas), aborda a importância da inclusão e diversidade na educação agrícola, destacando os desafios e perspectivas para garantir uma formação mais equitativa e abrangente. A inclusão de grupos marginalizados e a valorização de conhecimentos tradicionais são fundamentais para a transição para modelos de produção mais sustentáveis, como a agroecologia. A discussão enfatiza a necessidade de políticas públicas que promovam a diversidade e a inclusão desde a composição do corpo discente e docente até os currículos e metodologias de ensino.

No capítulo 2 (A Educação Ambiental na Formação de Produtores Sustentáveis), a educação ambiental é apresentada como uma ferramenta crucial para a promoção de práticas agrícolas sustentáveis. Este capítulo analisa os efeitos da educação ambiental na conscientização e comportamento dos produtores rurais, promovendo técnicas de manejo que minimizam os impactos ambientais. A integração de currículos de formação com educação ambiental é essencial para capacitar produtores a adotarem práticas sustentáveis, fortalecendo a resiliência e sustentabilidade dos sistemas agrícolas.

No capítulo 3 (Agroecologia: Princípios e Práticas para uma Agricultura Sustentável), a agroecologia é discutida como uma abordagem holística e interdisciplinar que integra princípios ecológicos no manejo de agroecossistemas sustentáveis. Este capítulo apresenta estratégias de produção agroecológica que promovem a biodiversidade, reciclagem de nutrientes e saúde do solo. Além disso, destaca os benefícios e potenciais da agroecologia na promoção da sustentabilidade ambiental e

social, enfatizando a importância de políticas públicas e pesquisa para a sua implementação efetiva.

No quarto capítulo (Desenvolvimento Sustentável em Áreas Urbanas: Estratégias e Práticas), o desenvolvimento sustentável em áreas urbanas é abordado com ênfase em estratégias e práticas que equilibram crescimento econômico, social e ambiental. Este capítulo explora o planejamento urbano sustentável, uso eficiente de recursos, infraestruturas verdes e mobilidade sustentável. A importância de políticas públicas integradas e governança participativa é destacada como fundamental para alcançar cidades mais resilientes e sustentáveis.

No quinto capítulo (Gerenciamento de Resíduos Sólidos Urbano e Técnicas de Tratamento), o gerenciamento de resíduos sólidos urbanos e as técnicas de tratamento são cruciais para a sustentabilidade das cidades. Este capítulo discute estratégias de gestão de resíduos que minimizam impactos ambientais, promovendo a reciclagem, compostagem e tecnologias de tratamento avançadas. A implementação de políticas públicas eficazes e a conscientização da população são essenciais para a gestão sustentável de resíduos urbanos.

O sexto capítulo (Integração de Tecnologias na Agricultura: Avanços e Desafios), explora a integração de tecnologias avançadas na agricultura, destacando os avanços e desafios associados à adoção de inovações como a agricultura de precisão, biotecnologia e sistemas de informação geográfica (SIG). A implementação dessas tecnologias pode aumentar a eficiência, produtividade e sustentabilidade das práticas agrícolas. No entanto, também são discutidos os desafios, como a necessidade de infraestrutura, capacitação técnica e acesso equitativo às novas tecnologias.

A importância das políticas públicas na promoção da sustentabilidade no setor agrícola é o foco do capítulo sete. Ele analisa diversas políticas e programas governamentais que incentivam práticas agrícolas sustentáveis, como subsídios para agricultura orgânica, programas de assistência técnica e incentivos para a adoção de tecnologias sustentáveis. A eficácia dessas políticas é avaliada, e são propostas recomendações para melhorar a governança e a implementação de políticas públicas voltadas para a sustentabilidade agrícola.

O oitavo capítulo, aborda a interseção entre economia agrícola e desenvolvimento rural, discutindo como políticas econômicas e práticas de gestão podem influenciar o desenvolvimento sustentável das comunidades rurais. Ele examina questões como a

diversificação de culturas, mercados locais e internacionais, e estratégias para melhorar a renda e a qualidade de vida dos agricultores. A importância da economia solidária e do cooperativismo também é destacada como formas de fortalecer as economias rurais.

No nono capítulo, são analisados os impactos das mudanças climáticas na agricultura, incluindo os efeitos sobre a produtividade das culturas, a disponibilidade de água e a ocorrência de pragas e doenças. São discutidas estratégias de adaptação e mitigação, como o desenvolvimento de cultivares resistentes, práticas de manejo sustentável e políticas de incentivo à resiliência climática. A importância da cooperação internacional e do financiamento para adaptação climática também é enfatizada.

A educação e formação para a sustentabilidade agrícola (capítulo dez) são essenciais para capacitar futuros profissionais do setor. Este capítulo explora metodologias de ensino inovadoras e programas de formação que integram princípios de sustentabilidade e agroecologia. A importância da educação continuada e da extensão rural é destacada, bem como a necessidade de currículos que reflitam as realidades e desafios do setor agrícola contemporâneo.

O capítulo 11, discute a relação entre conservação da biodiversidade e práticas agrícolas sustentáveis. São apresentados casos de sucesso na integração da conservação da biodiversidade com a produção agrícola, como sistemas agroflorestais e práticas de agricultura regenerativa. A importância da biodiversidade para a resiliência dos sistemas agrícolas e a segurança alimentar é enfatizada, juntamente com políticas e iniciativas que promovem a conservação dos recursos naturais.

O capítulo 12 discorre sobre a segurança alimentar e nutricional, sendo uma questão central discutida neste capítulo, que analisa como práticas agrícolas sustentáveis podem contribuir para a disponibilidade e acesso a alimentos nutritivos e seguros. São exploradas iniciativas para melhorar a produção e distribuição de alimentos, combater a insegurança alimentar e promover dietas saudáveis. A relação entre políticas agrícolas, segurança alimentar e saúde pública é também abordada, destacando a importância de sistemas alimentares sustentáveis.

O capítulo 13 (Zoonoses Emergentes: Prevenção e Controle), destaca o conceito de zoonoses, zoonoses endêmicas e emergentes que representam uma grande carga para a saúde, com impactos significativos em países de baixo e médio recursos, onde chegam a representar 43% dos óbitos por doenças infecciosas. Além disso, é discutido as principais

estratégias de prevenção e controle de doenças zoonóticas emergentes com foco em uma abordagem de "Uma Saúde" que integre as dimensões ambiental, animal e humana.

Para finalizar, o capítulo 14 (Biotecnologia Aplicada à Produção Animal: Avanços e Desafios), destacada que a biotecnologia tem desempenhado um papel fundamental no avanço da produção animal, proporcionando inovações tecnológicas que buscam atender aos desafios da pecuária moderna. Essas tecnologias têm sido aplicadas em diversas áreas como reprodução, melhoramento genético, manejo sanitário, nutrição e tratamento de resíduos. O desenvolvimento biotecnológico tem contribuído para o aumento da eficiência e produtividade dos sistemas de produção animal, bem como para a melhoria da qualidade dos produtos.

Diante disso, livro "Ciências Agrárias em Foco: uma Visão Multi e Interdisciplinar, vol. 2" é uma contribuição valiosa para o campo das ciências agrárias, abordando uma ampla gama de temas cruciais para a sustentabilidade e inovação no setor. Cada capítulo oferece uma análise aprofundada e interconectada sobre diferentes aspectos das ciências agrárias, desde a inclusão e diversidade na educação até o impacto das mudanças climáticas e a segurança alimentar.

A obra destaca a necessidade de políticas públicas eficazes, a integração de tecnologias inovadoras e a valorização de conhecimentos tradicionais e práticas sustentáveis. A educação e formação de novos profissionais, juntamente com a conservação da biodiversidade e a promoção da segurança alimentar, são pilares fundamentais para alcançar um desenvolvimento agrícola mais sustentável e resiliente.

Ao disseminar esse conhecimento, o livro não só contribui para a capacitação de profissionais do setor, mas também promove a conscientização sobre a importância de práticas agrícolas sustentáveis para o futuro do nosso planeta. A colaboração entre pesquisadores, educadores, agricultores e formuladores de políticas é essencial para transformar esses insights em ações concretas que beneficiem a sociedade como um todo.

AUTORES

AILTON CAETANO NASCIMENTO PESSOA

ALEX SANTOS DE DEUS

ALICE VITÓRIA RODRIGUES BARRETO

ALINE DANIELE DA CUNHA LIMA

ANDRÉ MACIEL DA SILVA

ANDREZA LIMA CUNHA

BERNARDO HAMUYELA LUCIANO

BRUNO ANTÔNIO LEMOS DE FREITAS

CARLA SANTOS ACRUZ

CARLOS JOSÉ SILVA DE FREITAS

CÍCERO ADRIANO DA SILVA

CLAUDIA DOCE SILVA COELHO DE SOUZA

ESTÊFANE DE SOUSA BORGES

FELIPE COVOLAM FERRO

FENELON LOURENÇO DE SOUSA SANTOS

GUILHERME SEMPREBOM MELLER

HELOISA BARBOZA GREGÓRIO

JEFFERSON SANTOS DE AMORIM

JÔNATAS BARROS DOS SANTOS

JOSÉ VITOR DA SILVA NUNES

JÚNIOR PEREIRA DE SOUZA

KADJA LEMOS SILVA

KEITHY JULIANE DE OLIVEIRA

LAYLLES COSTA ARAÚJO

LEONARDO DIAS NASCIMENTO

LUAN FELIPE DA SILVA FRADE

LUCAS SANTOS DA SILVA

MAGNO ANTONIO FLEGLER BUGE

MARIA GABRIELA DO NASCIMENTO

MÁRIO LUIZ AMORIM DA SILVA

NELIANE MARINHO QUEIROZ ORNELAS

PATRÍCIA CÂNDIDO DA SILVA

PEDRO DRUMMOND RODRIGUES

ROSE ALVES DE OLIVEIRA

TATIANA DA COSTA JANSEN

THAYNÁ DA CRUZ PADUAN SILVA

THIAGO FERNANDES DA SILVA

WAGNER WELBER ARRAIS-SILVA

WALLAF SILVA LOPES

WILLIANS RIBEIRO MENDES

SUMÁRIO

Capítulo 1 INCLUSÃO E DIVERSIDADE NA EDUCAÇÃO AGRÍCOLA: DESAFIOS E PERSPECTIVAS <i>Wallaf Silva Lopes; Carlos José Silva de Freitas; Mário Luiz Amorim da Silva; Laylles Costa Araújo; Rose Alves de Oliveira; Carla Michelle da Silva; Antônio Veimar da Silva</i>	13
Capítulo 2 A EDUCAÇÃO AMBIENTAL NA FORMAÇÃO DE PRODUTORES SUSTENTÁVEIS <i>Keithy Juliane de Oliveira; Júnior Pereira de Souza; Ailton Caetano Nascimento Pessoa; Carla Michelle da Silva; Antônio Veimar da Silva</i>	25
Capítulo 3 AGROECOLOGIA: PRINCÍPIOS E PRÁTICAS PARA UMA AGRICULTURA SUSTENTÁVEL <i>Magno Antonio Flegler Buge; Bruno Antônio Lemos de Freitas; Leonardo Dias Nascimento; Carla Santos Acruz; Carla Michelle da Silva; Antônio Veimar da Silva</i>	35
Capítulo 4 DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL EM ÁREAS URBANAS: ESTRATÉGIAS E PRÁTICAS <i>Keithy Juliane de Oliveira; Ailton Caetano Nascimento Pessoa; Claudia Doce Silva Coelho de Souza; André Maciel da Silva; Antônio Veimar da Silva; Carla Michelle da Silva</i>	47
Capítulo 5 GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANO E TÉCNICAS DE TRATAMENTO <i>Ailton Caetano Nascimento Pessoa; Kadja Lemos Silva; Fenelon Lourenço de Sousa Santos; Tatiana da Costa Jansen; Jefferson Santos de Amorim; Antônio Veimar da Silva; Carla Michelle da Silva</i>	57
Capítulo 6 GEOTECNOLOGIAS E CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE: ESTRATÉGIAS DE MONITORAMENTO E PRESERVAÇÃO <i>Thiago Fernandes da Silva; Felipe Covolam Ferro; Carla Santos Acruz; Maria Gabriela do Nascimento; Carla Michelle da Silva; Antônio Veimar da Silva</i>	72
Capítulo 7 IMPACTOS DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS NA PRODUÇÃO DE ALIMENTOS <i>Rose Alves de Oliveira; Bruno Antônio Lemos de Freitas; Andreza Lima Cunha; Aline Daniele da Cunha Lima; Alex Santos de Deus; Patrícia Cândido da Silva; Carla Michelle da Silva; Antônio Veimar da Silva</i>	82
Capítulo 8 SISTEMAS AGROFLORESTAIS: INTEGRANDO PRODUÇÃO AGRÍCOLA E FLORESTAL <i>Laylles Costa Araújo; Jônatas Barros dos Santos; Pedro Drummond Rodrigues; Maria Gabriela do Nascimento; Carla Michelle da Silva; Antônio Veimar da Silva</i>	92
Capítulo 9 GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS EM SISTEMAS AGRÍCOLAS <i>Carla Michelle da Silva; Guilherme Semprebom Meller; Ailton Caetano Nascimento Pessoa; Luan Felipe da Silva Frade; Laylles Costa Araújo; Antônio Veimar da Silva</i>	104

Capítulo 10 VALORIZAÇÃO DE RESÍDUOS ORGÂNICOS: COMPOSTAGEM E BIOGÁS <i>Bernardo Hamuyela Luciano; Leonardo Dias Nascimento; Jefferson Santos de Amorim; Neliane Marinho Queiroz Ornelas; Carla Michelle da Silva; Antônio Veimar da Silva</i>	116
---	------------

Capítulo 11 AGRICULTURA DE PRECISÃO: OTIMIZANDO A PRODUTIVIDADE E SUSTENTABILIDADE <i>Felipe Covolam Ferro; Fenelon Lourenço de Sousa Santos; Willians Ribeiro Mendes; Carla Michelle da Silva; Antônio Veimar da Silva</i>	126
---	------------

Capítulo 12 QUALIDADE DO SOLO: INDICADORES E PRÁTICAS DE MANEJO <i>Leonardo Dias Nascimento; José Vitor da Silva Nunes; Alice Vitória Rodrigues Barreto; Jônatas Barros dos Santos; Antônio Veimar da Silva; Carla Michelle da Silva</i>	137
--	------------

Capítulo 13 ZOONOSES EMERGENTES: PREVENÇÃO E CONTROLE <i>Heloisa Barboza Gregório; Estêfane de Sousa Borges; Wagner Welber Arrais-Silva; Laylles Costa Araújo; Antônio Veimar da Silva; Carla Michelle da Silva</i>	149
---	------------

Capítulo 14 BIOTECNOLOGIA APLICADA À PRODUÇÃO ANIMAL: AVANÇOS E DESAFIOS <i>Lucas Santos da Silva; Heloisa Barboza Gregório; Thayná da Cruz Paduan Silva; Laylles Costa Araújo; Estêfane de Sousa Borges; Cicero Adriano da Silva; Antônio Veimar da Silva; Carla Michelle da Silva</i>	162
---	------------

ORGANIZADORES	174
----------------------	------------

CURRÍCULO DOS AUTORES	176
------------------------------	------------

Capítulo 1

INCLUSÃO E DIVERSIDADE NA EDUCAÇÃO AGRÍCOLA: DESAFIOS E PERSPECTIVAS

Wallaf Silva Lopes

Carlos José Silva de Freitas

Mário Luiz Amorim da Silva

Laylles Costa Araújo

Rose Alves de Oliveira

Carla Michelle da Silva

Antônio Veimar da Silva

1. Introdução

A inclusão e a diversidade têm se tornado cada vez mais temas centrais na discussão sobre educação. Diversos estudos apontam para a importância de se considerar a diversidade de backgrounds, experiências e perspectivas dos estudantes no processo educacional (BRAZOROTTO et al., 2023). Essa abordagem visa garantir que todos os alunos tenham acesso a oportunidades equitativas de aprendizagem e desenvolvimento, independentemente de suas características individuais ou condições socioeconômicas (SANTILLI et al., 2019).

No caso específico da educação agrícola, essa preocupação com a inclusão e a diversidade é fundamental, já que essa área envolve uma população estudantil bastante heterogênea, com origens rurais e urbanas, diferentes níveis de renda e escolaridade prévia (AZEVEDO; CHARLOT, 2022). Além disso, a própria natureza da agricultura enquanto atividade econômica e modo de vida requer uma abordagem que valorize a diversidade de conhecimentos, práticas e experiências.

Nesse contexto, é importante compreender os principais desafios e perspectivas relacionados à promoção da inclusão e da diversidade na educação agrícola (RIGOTTO et al., 2012). Várias pesquisas têm demonstrado que a transição para modelos de produção mais sustentáveis, como a agroecologia, requer não apenas a adoção de novas técnicas, mas também a valorização dos conhecimentos tradicionais e a participação ativa dos agricultores (AZEVEDO; NETTO, 2015). Dessa forma, a educação agrícola precisa incorporar uma abordagem mais holística e contextualizada, que reconheça a diversidade de atores e saberes envolvidos no setor (RIGOTTO et al., 2012).

Diante disso, esse artigo busca analisar os principais impactos, desafios e perspectivas relacionados à promoção da inclusão e da diversidade na educação agrícola (AZEVEDO; NETTO, 2015). Para tanto, foi realizada uma revisão da literatura sobre o tema, com base em fontes que abordam a relação entre agroecologia, extensão rural e políticas públicas (SILVA et al., 2019). Espera-se que esta análise contribua para a formulação de estratégias mais efetivas de inclusão e valorização da diversidade na formação de futuros profissionais do setor agrícola (AZEVEDO; NETTO, 2015).

2. Educação, diversidade e inclusão na educação agrícola

A educação agrícola deve refletir a diversidade da população, com a participação de estudantes de diferentes origens sociais, culturais e econômicas. Essa diversidade enriquece o processo de aprendizagem, permitindo a troca de conhecimentos e perspectivas únicas (SILVA et al., 2019). Além disso, a inclusão de grupos historicamente marginalizados, como mulheres, minorias étnicas e populações de baixa renda, é fundamental para garantir que a educação agrícola atenda às necessidades de toda a sociedade (Figura 1) (MONT'ALVÃO, 2015). Estudos têm demonstrado que a diversidade em ambientes educacionais pode melhorar o desempenho acadêmico, desenvolver habilidades de pensamento crítico e promover uma maior compreensão multicultural (AZEVEDO; NETTO, 2015).



Figura 1. Diversidade e inclusão na educação agrícola.
Fonte: Elaborado pelos autores.

Nesse sentido, é essencial que as instituições de ensino agrícola adotem políticas e práticas que incentivem a inclusão e a diversidade, desde a composição do corpo discente e docente até os currículos e metodologias de ensino (MONT'ALVÃO, 2015). Algumas estratégias incluem a oferta de bolsas e programas de apoio para estudantes de grupos sub-representados, o desenvolvimento de currículos que reflitam a diversidade de conhecimentos e experiências, e a capacitação de professores para atender às necessidades de uma população discente diversificada (SILVA et al., 2019). Além disso, as instituições podem estabelecer parcerias com comunidades locais e organizações da sociedade civil para ampliar o alcance e a relevância dos programas de educação agrícola.

Ao promover a inclusão e a diversidade, as instituições de ensino agrícola têm a oportunidade de formar profissionais mais preparados para lidar com os desafios da agricultura moderna, que requer uma compreensão holística dos sistemas socioecológicos (NUNES et al., 2020). Estudos indicam que a diversidade de perspectivas e experiências na educação agrícola pode levar a inovações e soluções mais eficazes para problemas complexos (SILVA et al., 2019).

A inclusão de grupos marginalizados, como pequenos agricultores, mulheres e povos tradicionais, é essencial para garantir que a educação agrícola atenda às demandas e realidades de toda a sociedade. Além disso, a valorização dos conhecimentos

tradicionais e práticas agroecológicas dessas populações pode enriquecer os currículos e contribuir para a transição para sistemas de produção mais sustentáveis (RIGOTTO et al., 2012).

Pesquisas têm demonstrado que a diversidade de perspectivas nos programas de educação agrícola pode resultar em soluções mais criativas para os desafios da agricultura moderna, como a conservação da biodiversidade, a adaptação às mudanças climáticas e a segurança alimentar (ISBELL et al., 2017). Portanto, a promoção da inclusão e da diversidade na educação agrícola é fundamental para formar profissionais capacitados a enfrentar os complexos desafios da agricultura e contribuir para o desenvolvimento rural sustentável (MONT'ALVÃO, 2015; SILVA et al., 2019).

Nesse contexto, é crucial que as instituições de ensino agrícola implementem políticas e práticas que garantam a participação e o acesso equitativo de estudantes de diferentes origens, com a adoção de currículos e metodologias de ensino que reflitam essa diversidade.

3. Histórico da inclusão e diversidade na educação agrícola

A educação agrícola tem uma história de exclusão e falta de diversidade, com currículos e estruturas que tradicionalmente privilegiaram os interesses de grandes produtores e empresas do setor. No entanto, nas últimas décadas, tem havido um crescente reconhecimento da importância de incorporar a inclusão e a diversidade nesse campo de ensino (AZEVEDO; CHARLOT, 2022). Grupos historicamente marginalizados (Figura 2), como pequenos agricultores familiares, povos indígenas e comunidades tradicionais, têm reivindicado maior representatividade e a valorização de seus conhecimentos e práticas (RIGOTTO et al., 2012). Essa demanda reflete uma tendência mais ampla de valorização da agricultura familiar e de sistemas agroecológicos como alternativas mais sustentáveis e equitativas aos modelos industriais de produção agrícola.



Figura 2. Grupos historicamente marginalizados.

Fonte: elaborado pelos autores.

Algumas iniciativas têm surgido nesse sentido, como a promoção de programas de formação técnica e superior voltados especificamente para agricultores familiares e comunidades tradicionais, com currículos adaptados às suas realidades e necessidades. Além disso, algumas instituições de ensino agrícola têm incorporado disciplinas e módulos sobre agroecologia, agricultura familiar e o papel dos agricultores como protagonistas na construção de sistemas alimentares sustentáveis (AZEVEDO; NETTO, 2015).

Essas transformações, no entanto, ainda são incipientes e desiguais entre as diferentes regiões e instituições de ensino agrícola. Desafios como a falta de recursos, a resistência à mudança e os interesses de setores conservadores ainda limitam uma transição mais ampla e profunda rumo a uma educação agrícola mais inclusiva e diversa. É fundamental que as políticas públicas, em colaboração com a sociedade civil e os movimentos sociais do campo, promovam de forma sistemática a inclusão e a valorização da diversidade na formação de profissionais para o setor agropecuário (AZEVEDO; NETTO, 2015).

4. Sociointerconismo da inclusão e diversidade na educação agrícola

A inclusão e a diversidade na educação agrícola não se limitam a aspectos meramente quantitativos, como a representação de diferentes grupos sociais no corpo

discente e docente. Elas envolvem também uma transformação profunda nos currículos, nas metodologias pedagógicas e nas dinâmicas institucionais, de modo a refletir e valorizar a riqueza de conhecimentos e experiências das populações rurais (AZEVEDO; NETTO, 2015). Essa perspectiva sociointerseccional reconhece que as desigualdades e exclusões na educação agrícola se entrelaçam com outros eixos de opressão, como classe, raça, gênero, etnia e geração (SILVA et al., 2019).

Nesse sentido, a promoção da inclusão e da diversidade requer não apenas a ampliação do acesso, mas também a transformação dos próprios espaços educativos, de modo a acolher e legitimar a pluralidade de saberes e visões de mundo. Isso implica, por exemplo, no desenvolvimento de currículos que integrem os conhecimentos tradicionais, as práticas agroecológicas e as perspectivas de grupos historicamente excluídos, bem como a adequação de metodologias de ensino e pesquisa que valorizem a participação ativa desses atores (AZEVEDO; NETTO, 2015).

Além disso, é fundamental que as instituições de ensino agrícola estabeleçam parcerias e sinergias com organizações da sociedade civil, movimentos sociais e comunidades locais, de modo a aproximar a formação acadêmica das realidades e demandas da agricultura familiar e da agroecologia (SILVA et al., 2019)

Dessa forma, a inclusão e a diversidade na educação agrícola podem contribuir para a promoção de um desenvolvimento rural mais sustentável e equitativo, alinhado com os princípios da justiça social e ambiental (RIGOTTO et al., 2012).

5. Impactos da inclusão e diversidade na educação agrícola

Os benefícios da inclusão e da diversidade na educação agrícola vão muito além da mera representatividade dos diferentes grupos sociais. A literatura publicada tem demonstrado que a pluralidade de perspectivas nos programas de ensino e pesquisa resulta em soluções mais rápidas e coerentes para os desafios da agricultura contemporânea.

Além disso, a maior diversidade de perfis entre estudantes e profissionais do setor agropecuário amplia a compreensão sobre a complexidade dos sistemas alimentares e os diferentes contextos socioeconômicos e ambientais da produção agrícola (AZEVEDO; NETTO, 2015). Isso se traduz em uma formação mais adaptada às necessidades reais dos

agricultores e das comunidades rurais, contribuindo para o fortalecimento da agricultura familiar e da agroecologia como alternativas viáveis e sustentáveis (SILVA et al., 2019).

Em última instância, a inclusão e a diversidade na educação agrícola têm o potencial de transformar não apenas os currículos e as práticas pedagógicas, mas também os rumos do desenvolvimento rural, promovendo maior justiça social, ambiental e econômica. Esse processo, no entanto, enfrenta diversos desafios, entre eles a resistência de setores conservadores e a necessidade de mudanças estruturais profundas nas instituições de ensino e nas políticas públicas (AZEVEDO; NETTO, 2015).

6. Desafios da inclusão e diversidade na educação agrícola

Apesar dos avanços observados em algumas regiões e instituições, a inclusão e a diversidade na educação agrícola ainda enfrentam diversos obstáculos e resistências. Muitas vezes, os currículos e as práticas de ensino permanecem alinhados a modelos hegemônicos de desenvolvimento rural, distantes das realidades e necessidades da agricultura familiar e da agroecologia.

Há, também, uma escassez de recursos e investimentos públicos voltados para a transformação da educação agrícola, em favor de uma formação mais diversificada e adaptada às demandas das populações rurais (AZEVEDO; NETTO, 2015). Além disso, a resistência de setores conservadores e a perpetuação de relações de poder assimétricas em muitas instituições de ensino dificultam a implementação de reformas curriculares e a valorização de abordagens interdisciplinares e participativas (SILVA et al., 2019).

É fundamental que as políticas públicas, em colaboração com a sociedade civil e os movimentos sociais do campo, promovam de forma sistemática a inclusão e a valorização da diversidade na formação de profissionais para o setor agropecuário (SILVA et al., 2019). Dessa forma, será possível aproximar a educação agrícola das realidades e necessidades da agricultura familiar e da agroecologia, contribuindo para um desenvolvimento rural mais sustentável e equitativo. Nesse processo, é imprescindível que as políticas públicas e as instituições de ensino estabeleçam sinergias com a sociedade civil e os movimentos sociais do campo, de modo a valorizar os saberes e as perspectivas das populações rurais (SANTOS, 2016).

Diante disso, a inclusão e a diversidade na educação agrícola não devem se limitar apenas a aspectos como a representação de diferentes grupos sociais no corpo discente e

docente, mas também envolver uma transformação profunda nos currículos, nas metodologias pedagógicas e nas dinâmicas institucionais (MONT'ALVÃO, 2015). Ao integrar os conhecimentos tradicionais, as práticas agroecológicas e as perspectivas de grupos historicamente excluídos, a formação acadêmica pode contribuir para o fortalecimento de alternativas de desenvolvimento rural mais sustentáveis e equitativas (AZEVEDO; NETTO, 2015).

7. Perspectivas da inclusão e diversidade na educação agrícola

Apesar dos desafios, há várias perspectivas para a inclusão e diversidade na educação agrícola. Uma abordagem é a implementação de currículos inclusivos que abordem as necessidades específicas de grupos minoritários. Isso pode incluir a inclusão de conteúdo culturalmente relevante, a utilização de métodos de ensino flexíveis e a formação de professores para lidar com as necessidades de aprendizado de alunos com habilidades e necessidades diferentes.

Outra perspectiva é a colaboração entre instituições de ensino agrícola e organizações comunitárias. Essa colaboração pode ajudar a desenvolver programas de educação agrícola que sejam mais relevantes e eficazes para as necessidades locais.

Além disso, o fortalecimento de políticas e programas de ação afirmativa pode aumentar a diversidade entre estudantes e professores, trazendo diferentes experiências e perspectivas para a educação agrícola (AZEVEDO; CHARLOT, 2022).

Em última análise, a inclusão e diversidade na educação agrícola requerem uma transformação sistêmica que vá além de simples medidas pontuais. Aspectos já discutidos como mudanças curriculares, metodológicas e institucionais, em conjunto com o estabelecimento de parcerias devem ser prioridade na educação camponesa.

Nesse sentido, a agroecologia é apontada como um caminho para o desenvolvimento rural sustentável, na medida em que busca a transição para modelos de agricultura mais ecológicos e alinhados com as necessidades das comunidades rurais (AZEVEDO; NETTO, 2015). De fato, a agroecologia tem o potencial de contribuir para a inclusão e a diversidade na educação agrícola, à medida que valoriza os conhecimentos tradicionais dos agricultores, promove a participação das comunidades e aborda questões sociais, culturais e ambientais de forma integrada (FAO, 2023).

Tendo em vista isso, a integração da agroecologia nos currículos e práticas de ensino agrícola pode ser uma estratégia importante para a promoção da inclusão e diversidade (AZEVEDO; NETTO, 2015). Dessa forma, a implementação de currículos inclusivos, a colaboração com organizações comunitárias e o fortalecimento de políticas de ação afirmativa são algumas das perspectivas que podem contribuir para esse processo de transformação.

8. Políticas públicas para a inclusão e diversidade na educação agrícola

As políticas públicas desempenham um papel fundamental na promoção da inclusão e diversidade na educação agrícola. Um exemplo de iniciativa interessante é a criação de programas de ação afirmativa para aumentar a representação de grupos como populações indígenas, quilombolas, assentados da reforma agrária e agricultores familiares, tanto entre estudantes quanto entre docentes (AZEVEDO; CHARLOT, 2022). Outro aspecto importante é a integração de conteúdos e abordagens relacionados à agroecologia e aos conhecimentos tradicionais nos currículos das instituições de ensino agrícola.

Nesse sentido, algumas políticas públicas têm buscado apoiar a transição agroecológica e valorizar os saberes locais, como é o caso do Programa Nacional de Assistência Técnica e Extensão Rural para a Agricultura Familiar e Reforma Agrária (Pronater) no Brasil (AZEVEDO; NETTO, 2015). Esse tipo de iniciativa contribui para estreitar os laços entre a academia e as comunidades rurais, fomentando uma educação agrícola mais sintonizada com as realidades e necessidades da população do campo (RIGOTTO et al., 2012).

Além disso, o fomento a parcerias entre instituições de ensino, organizações da sociedade civil e movimentos sociais pode ser uma estratégia eficaz para promover a inclusão e a diversidade na educação agrícola (PACIFICO, 2022). Essas colaborações permitem que diferentes atores e perspectivas sejam incorporados nos processos de ensino e aprendizagem, enriquecendo a formação de profissionais para o setor agrícola.

No entanto, é importante reconhecer que a implementação de políticas públicas voltadas para a inclusão e diversidade na educação agrícola ainda enfrenta desafios substanciais. O subfinanciamento do sistema público de ensino e a permanência de relações de poder assimétricas em muitas instituições de ensino são alguns dos

obstáculos a serem superados (AZEVEDO; CHARLOT, 2022). Portanto, é fundamental que haja um esforço conjunto entre Estado, academia e sociedade civil para garantir que a educação agrícola contemple a pluralidade de saberes e visões de mundo característicos das populações rurais.

9. Considerações finais

A inclusão e a diversidade são fundamentais para a formação de profissionais capacitados para atender às necessidades complexas da agricultura moderna. Embora os desafios sejam significativos, há várias perspectivas para a inclusão e diversidade na educação agrícola.

A implementação de currículos inclusivos, a colaboração entre instituições de ensino agrícola e organizações comunitárias e a formação de professores para lidar com as necessidades de aprendizado de alunos com habilidades e necessidades diferentes são algumas das estratégias que podem ser utilizadas para promover a inclusão e diversidade na educação agrícola.

Além disso, as políticas públicas desempenham um papel fundamental nesse processo, seja através de programas de ação afirmativa, seja por meio do apoio à transição agroecológica e à valorização dos saberes locais. Essas iniciativas são essenciais para que a educação agrícola se torne mais sintonizada com as realidades e necessidades da população do campo

Referências Bibliográficas

- AZEVEDO, C. B.; CHARLOT, B. Educação e diversidade nas percepções de professores e gestores escolares. **Revista e-Curriculum**, v. 20, n. 1, p. 40-69, 2022.
- DE AZEVEDO, L. F.; NETTO, T. A. Agroecologia: o “caminho” para o desenvolvimento rural sustentável no processo de extensão rural. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, p. 639-645, 2015.
- BRAZOROTTO, C. M.; SOARES, M. S.; MOURA ABREU, C. B. Ensino médio integrado no Instituto Federal de São Paulo: rumo à formação humana integral? towards human integral development?. **Temas & Matizes**, v. 17, n. 28, p. 1-27, 2023.
- ISBELL, F. et al. Benefits of increasing plant diversity in sustainable agroecosystems. **Journal of ecology**, v. 105, n. 4, p. 871-879, 2017.
- MONT'ALVÃO, A. Diferenciação institucional e desigualdades no ensino superior. **Revista Brasileira de Ciências Sociais**, v. 30, p. 129-143, 2015.
- NUNES, E. M.; SILVA, V. M.; SÁ, V. C. Assistência Técnica e Extensão Rural (ATER): formação e conhecimentos para a agricultura familiar do Rio Grande do Norte. **Redes. Revista do Desenvolvimento Regional**, v. 25, n. 2, p. 857-881, 2020.
- PACÍFICO, D. A. Extensão rural no Brasil: por uma análise da instrumentação da ação pública. **Mundo agrario**, v. 23, n. 52, p. 11-12, 2022.
- RIGOTTO, R. M. et al. O verde da economia no campo: desafios à pesquisa e às políticas públicas para a promoção da saúde no avanço da modernização agrícola. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 17, p. 1533-1542, 2012.
- SANTILLI, S. et al. Developing and promoting inclusion from kindergarten to university. In: **Promoting Social Inclusion: Co-Creating Environments that Foster Equity and Belonging**. Emerald Publishing Limited, 2019. p. 55-69.
- REDYSON, D.; SANTOS, M. Base nacional comum curricular: desafios e implicações para o ensino religioso. **Revista Espaço do Currículo**, v. 8, n. 3, 2015.
- SILVA, J. C. B. V.; BRANDENBURG, A.; LAMINE, C. Relação entre ecoformação e ecologização da agricultura familiar. **Raízes: Revista de Ciências Sociais e Econômicas**, v. 39, n. 2, p. 313-329, 2019.
- SILVA, K. R.; BERGAMASCO, S. M. P. P.; SOUZA-ESQUERDO, V. F. Assistência técnica e extensão rural no Vale do Ribeira paranaense. **Revista Brasileira De Desenvolvimento Regional**, v. 6, n. 2, p. 103–124, 2019.

FAO - Food and Agriculture Organization. **Social process**. 2023b. Acesso em: <https://www.fao.org/agroecology/overview/social-process/en>. Disponível em: 18 mai. 2024.

Capítulo 2

A EDUCAÇÃO AMBIENTAL NA FORMAÇÃO DE PRODUTORES SUSTENTÁVEIS

Keithy Juliane de Oliveira

Júnior Pereira de Souza

Ailton Caetano Nascimento Pessoa

Carla Michelle da Silva

Antônio Veimar da Silva

1. Introdução

A agricultura representa uma atividade essencial para a produção de alimentos e a subsistência de comunidades rurais. No entanto, muitas práticas agrícolas convencionais têm causado danos significativos ao meio ambiente, como desmatamento, poluição, perda de biodiversidade e esgotamento de recursos naturais (ALIMENTAÇÃO CONSCIENTE BRASIL, 2018). Nesse contexto, a educação ambiental surge como uma ferramenta fundamental para promover a transição para sistemas agrícolas mais sustentáveis (CASTRO et al., 2009).

A educação ambiental é um processo de aprendizagem que visa desenvolver nos indivíduos e nas comunidades uma compreensão mais profunda sobre as inter-relações entre os seres humanos, a sociedade e o meio ambiente (MAZZOCO, 2023). No caso dos produtores rurais, a educação ambiental pode contribuir para a adoção de práticas agrícolas mais sustentáveis, como a preservação de áreas florestais (ALARCON et al., 2016), o uso eficiente de recursos hídricos, a redução do uso de agrotóxicos e a promoção da agrobiodiversidade (CASTRO et al., 2009).

Diversos estudos têm demonstrado os benefícios da educação ambiental no desenvolvimento de uma agricultura mais sustentável. Nesse contexto, o presente artigo tem como objetivo analisar a importância da educação ambiental na formação de

produtores rurais com foco na sustentabilidade, a fim de contribuir para a construção de uma agricultura mais ecológica e resiliente.

Este artigo apresenta uma revisão bibliográfica sobre a importância da educação ambiental na formação de produtores rurais com foco na sustentabilidade. A pesquisa foi realizada por meio de buscas em bases de dados científicas, como Scielo, Scopus e Web of Science, utilizando palavras-chave como "educação ambiental", "produtores rurais" e "sustentabilidade agrícola".

2. Efeitos da educação ambiental na conscientização e comportamento sustentável de produtores

A educação ambiental é capaz de promover mudanças significativas no comportamento e na mentalidade dos produtores rurais, levando-os a adotar práticas agrícolas mais sustentáveis (WADE et al., 2007)

Diversos estudos demonstram que a educação ambiental aumenta a conscientização dos produtores sobre os impactos de suas atividades no meio ambiente e a importância da preservação dos recursos naturais (Figura 1). Ao compreenderem melhor as consequências de práticas como o uso excessivo de agrotóxicos e a degradação do solo, os produtores passam a valorizar a adoção de técnicas mais sustentáveis (MARIYONO et al., 2018).



Figura 1. Conscientização de produtores através da educação ambiental.
Fonte: Elaborado pelos autores.

Além disso, a educação ambiental fortalece a capacidade dos produtores de tomar decisões informadas sobre o manejo de suas propriedades. Ao adquirirem um melhor entendimento sobre os benefícios de práticas como a conservação do solo, o manejo integrado de pragas e a implantação de sistemas agroflorestais, os produtores tornam-se mais confiantes e proativos na implementação dessas estratégias (ALARCON et al., 2016).

Um estudo realizado no Corredor Ecológico Chapecó, em Santa Catarina, revelou que os produtores rurais que participaram de atividades de educação ambiental passaram a valorizar mais os serviços ambientais fornecidos pela Mata Atlântica, como a provisão de água, a regulação do clima e a manutenção da biodiversidade. Como resultado, esses produtores demonstraram maior disposição em adotar práticas de conservação da vegetação nativa e de recuperação de áreas degradadas (SMARTAGRITECH, 2023).

Da mesma forma, um estudo conduzido no estado do Ceará constatou que a educação ambiental contribuiu para a transição de propriedades rurais para sistemas de produção agroecológicos, com a adoção de técnicas como compostagem, adubação verde e controle biológico de pragas (ALARCON et al., 2016). Essas mudanças na mentalidade e no comportamento dos produtores rurais são fundamentais para a promoção da sustentabilidade na agricultura.

Portanto, a evidência científica demonstra que a educação ambiental desempenha um papel crucial na sensibilização e capacitação dos produtores rurais para a adoção de práticas agrícolas mais sustentáveis, contribuindo para a mitigação dos impactos ambientais da agricultura e a promoção de sistemas de produção mais resilientes e ecologicamente equilibrados.

3. Educação ambiental e práticas agrícolas sustentáveis

A educação ambiental também desempenha um papel fundamental na promoção de práticas agrícolas sustentáveis. Ao desenvolver a consciência ambiental e o conhecimento sobre os impactos das atividades agropecuárias, a educação ambiental capacita os produtores rurais a adotarem técnicas de manejo que minimizem os danos ao meio ambiente (DEGRUNE et al., 2019).

De acordo com Veldkamp et al. (2023) e Pretty, (2007) algumas das principais práticas agrícolas sustentáveis que podem ser fomentadas pela educação ambiental são:

1. Conservação do Solo: A educação ambiental pode incentivar a adoção de técnicas de conservação do solo, como plantio direto, rotação de culturas e uso de adubação orgânica, visando a manutenção da fertilidade e a redução da erosão.
2. Manejo Integrado de Pragas: A educação ambiental pode promover o uso de práticas de controle biológico e manejo integrado de pragas, reduzindo a dependência de agrotóxicos.
3. Sistemas Agroflorestais: A educação ambiental pode estimular a implantação de sistemas agroflorestais, integrando a produção agrícola com o cultivo de espécies arbóreas, o que contribui para a conservação da biodiversidade e o sequestro de carbono.
4. Gestão de Recursos Hídricos: A educação ambiental pode sensibilizar os produtores sobre a importância da conservação e uso racional da água, incentivando práticas como a captação de água da chuva e a adoção de técnicas de irrigação eficientes.
5. Redução de Resíduos: A educação ambiental pode promover a compostagem e o reaproveitamento de resíduos orgânicos, diminuindo a geração de lixo e contribuindo para a ciclagem de nutrientes.

Além disso, a educação ambiental pode contribuir para o fortalecimento da autonomia e da capacidade de tomada de decisão dos produtores rurais. Estudos têm demonstrado que, ao compreenderem melhor os impactos de suas práticas e os benefícios da adoção de sistemas agrícolas sustentáveis, os produtores tornam-se mais capazes de planejar e implementar estratégias de manejo alinhadas com a preservação ambiental (ALARCON et al., 2016).

Dessa forma, a educação ambiental desempenha um papel fundamental na transição para uma agricultura mais sustentável, capacitando os produtores rurais a adotarem práticas agrícolas que conciliem a produção de alimentos com a conservação dos recursos naturais.

4. Integração da educação ambiental nos currículos de formação de produtores rurais

A fim de promover a adoção de práticas agrícolas sustentáveis, é essencial que a educação ambiental seja integrada de forma efetiva aos currículos de formação de

produtores rurais. Essa integração pode ocorrer em diferentes níveis, desde cursos técnicos e de extensão rural até programas de graduação e pós-graduação em áreas relacionadas à agropecuária.

De acordo com Veldkamp et al. (2023) e Wade et al. (2007), nos currículos de formação, a educação ambiental deve abordar tópicos como:

- Conservação e manejo de recursos naturais (água, solo, biodiversidade);
- Agroecologia e sistemas de produção sustentáveis;
- Biodiversidade e serviços ecossistêmicos;
- Gestão de resíduos e reciclagem;
- Legislação ambiental e políticas públicas
- Impactos ambientais da agricultura e alternativas de manejo
- Técnicas de agricultura orgânica e de baixo impacto;
- Mudanças climáticas e adaptação da agricultura.

Essas abordagens devem ser integradas de forma transversal, permeando diferentes disciplinas e áreas do conhecimento, a fim de capacitar os produtores rurais a adotarem uma visão sistêmica e holística sobre a sustentabilidade na agricultura (DEGRUNE et al., 2019).

Além disso, a educação ambiental deve envolver atividades práticas, como visitas a propriedades rurais que adotam práticas sustentáveis, e o desenvolvimento de projetos de pesquisa e extensão voltados para a resolução de problemas socioambientais (ALTIERI, 2002).

5. Estratégias de Treinamento e Capacitação para a Educação Ambiental de Produtores

Para que a educação ambiental seja efetiva na promoção de práticas agrícolas sustentáveis, é necessário adotar estratégias de treinamento e capacitação adequadas ao perfil e às necessidades dos produtores rurais.

Segundo Zeweld et al. (2020), Wade et al. (2007), Rockström et al. (2016) e Tiraieyari (2013) algumas estratégias eficazes incluem:

- Metodologias participativas e dialógicas: abordagens que envolvem ativamente os produtores no processo de aprendizagem, valorizando seus conhecimentos e experiências prévias.

- Demonstrações práticas e visitas a propriedades: atividades que permitem aos produtores visualizar e experienciar diretamente as técnicas e práticas sustentáveis.
- Uso de mídias e linguagem acessível: materiais didáticos e de comunicação que utilizam uma linguagem simples e próxima à realidade dos produtores, com o apoio de recursos audiovisuais e tecnologias digitais.
- Fortalecimento de redes e grupos de produtores: a criação de espaços de troca de conhecimentos, experiências e apoio mútuo entre os produtores, potencializando a adoção de práticas sustentáveis.
- Acompanhamento e assistência técnica contínua: o suporte e acompanhamento técnico aos produtores durante a implementação das práticas sustentáveis, a fim de sanar dúvidas e superar desafios.

Ao adotar essas estratégias, a educação ambiental se torna mais efetiva na transformação da mentalidade e do comportamento dos produtores rurais, contribuindo para a transição para sistemas de produção mais sustentáveis.

6. Desafios e Barreiras na Implementação da Educação Ambiental na Formação de Produtores

Apesar dos benefícios da educação ambiental na promoção da sustentabilidade na agricultura, existem diversos desafios e barreiras que precisam ser superados para sua efetiva implementação.

Um dos principais desafios é a resistência à mudança por parte de alguns produtores rurais, especialmente aqueles com maior adesão a práticas convencionais e dependência de insumos químicos. Essa resistência pode estar associada a fatores como a falta de confiança nos novos métodos, receio de queda na produtividade e custos adicionais de implementação (CARLISLE et al., 2019).

Outro desafio é a insuficiência de recursos financeiros e assistência técnica aos produtores para a adoção de práticas sustentáveis. Muitas vezes, os produtores não têm acesso a linhas de crédito, programas de subsídio ou apoio extensionista que viabilizem os investimentos necessários.

Além disso, a descontinuidade de políticas públicas voltadas para a educação ambiental e o desenvolvimento sustentável na agricultura também representa uma barreira significativa.

Portanto, para superar esses desafios, são necessárias ações coordenadas envolvendo o poder público, instituições de pesquisa e extensão rural, organizações da sociedade civil e o setor privado, a fim de prover o devido suporte técnico, financeiro e institucional aos produtores rurais.

7. Políticas públicas para a formação de produtores sustentáveis

As políticas públicas desempenham um papel crucial no fortalecimento da educação ambiental voltada para a formação de produtores rurais sustentáveis.

Algumas iniciativas de políticas públicas que podem contribuir nesse sentido incluem:

- Programas de Assistência Técnica e Extensão Rural (ATER) que incorporem a dimensão ambiental em suas atividades de capacitação e acompanhamento dos produtores (MARIYONO et al., 2018).
- Investimento em pesquisa e desenvolvimento de práticas agrícolas sustentáveis, com a devida transferência desses conhecimentos para os produtores rurais (MARIYONO et al., 2018).
- Criação de linhas de financiamento e subsídios específicos para a adoção de tecnologias e práticas sustentáveis na agricultura, facilitando o acesso e a viabilização econômica dos investimentos necessários (BALAFOUTIS et al., 2017).
- Estímulo à organização de produtores em cooperativas e associações, fortalecendo a capacidade deles de implementar ações coletivas voltadas à sustentabilidade (ALIMENTAÇÃO CONSCIENTE BRASIL, 2018).
- Implementação de programas de pagamento por serviços ambientais, reconhecendo e remunerando os produtores pelos benefícios gerados à sociedade pela adoção de práticas sustentáveis (ALARCON et al., 2016).

Além disso, é fundamental que as políticas públicas garantam a continuidade e o fortalecimento de programas de educação ambiental voltados para a agricultura, evitando a descontinuidade que tem sido observada em alguns casos.

8. Considerações finais

Este artigo evidenciou a importância da educação ambiental na promoção de práticas agrícolas sustentáveis. Ao desenvolver a consciência ambiental e o conhecimento

dos produtores rurais, a educação ambiental se torna uma ferramenta estratégica para a adoção de técnicas de manejo que minimizem os impactos negativos da atividade agropecuária sobre o meio ambiente.

Algumas das principais práticas sustentáveis fomentadas pela educação ambiental incluem a conservação do solo, o manejo integrado de pragas, os sistemas agroflorestais, a gestão de recursos hídricos e a redução de resíduos.

Além disso, a educação ambiental também contribui para a autonomia dos produtores rurais, capacitando-os a tomar decisões mais alinhadas com a preservação ambiental.

Apesar dos desafios e barreiras existentes, é essencial a implementação de ações coordenadas entre poder público, instituições de pesquisa e extensão rural, organizações da sociedade civil e setor privado para promover a educação ambiental no meio rural. Desta forma, será possível avançar na transição para sistemas de produção agrícola mais sustentáveis, conciliando a produção de alimentos com a conservação dos recursos naturais.

Referências Bibliográficas

- ALARCON, G. G.; FANTINI, A. C.; SALVADOR, C. H. Local benefits of the atlantic forest: evidences from rural communities in Southern Brazil. **Ambiente & Sociedade**, v. 19, p. 87-112, 2016.
- ALIMENTAÇÃO CONSCIENTE BRASIL. **Promovendo um mundo saudável e sustentável**. 2018. Disponível em: <https://alimentacaoconsciente.org/>. Acesso em: 9 fev. 2024.
- ALTIERI, M. A. Agroecology: the science of natural resource management for poor farmers in marginal environments. **Agriculture, ecosystems & environment**, v. 93, n. 1-3, p. 1-24, 2002.
- BALAFOUTIS, A. T., *et al.* Precision Agriculture Technologies Positively Contributing to GHG Emissions Mitigation, Farm Productivity and Economics. **Multidisciplinary Digital Publishing Institute**, v. 9, n. 8, p. 1339-1339, 2017.
- CARLISLE, L. *et al.* Transitioning to sustainable agriculture requires growing and sustaining an ecologically skilled workforce. **Frontiers in Sustainable Food Systems**, v. 3, p. 96, 2019.
- CASTRO, A. *et al.* Os sistemas agroflorestais como alternativa de sustentabilidade em ecossistemas de várzea no Amazonas. **National Institute of Amazonian Research**, v. 39, n. 2, p. 279-288, 2009.
- DEGRUNE, F. *et al.* The Pedological Context Modulates the Response of Soil Microbial Communities to Agroecological Management. **Frontiers Media**, v. 7, 2019.
- Mariyono, J. *et al.* Quantity and monetary value of agrochemical pollution from intensive farming in Indonesia. **Emerald Publishing Limited**, v. 29, n. 4, p. 759-779, 2018.
- MAZZOCO, B. **Investigação científica é essencial em todas as etapas de ensino**. 2023. Disponível em: <https://novaescola.org.br/conteudo/21673/investigacao-cientifica-e-essencial-em-todas-as-etapas-de-ensino>. Acesso em: 10 jun. 2024.
- Pretty, J. Agricultural sustainability: concepts, principles and evidence. **Royal Society**, v. 363, n. 1491, p. 447-465, 2007.
- Rockström, J., *et al.* Sustainable intensification of agriculture for human prosperity and global sustainability. **Springer Science+Business Media**, v. 46, n. 1, p. 4-17, 2016.

SMARTAGRITECH. **Agri Technology: A Revolution in Agriculture Industry**. 2023. Disponível em: <https://sites.google.com/view/cropin-smartagritech/blog/agri-technology-a-revolution-in-agriculture-industry>. Acesso em: 9 jun. 2024.

TIRAIEYARI, N. *et al.* Knowledge and perceptions of extension workers on sustainable agricultural practices. **American Journal of Environmental Sciences**, v. 9, n. 1, p. 45, 2013.

VELDKAMP, E. *et al.* Multifunctionality of temperate alley-cropping agroforestry outperforms open cropland and grassland. **Communications Earth & Environment**, v. 4, n. 1, p. 20, 2023.

WADE, M. R.; GURR, G. M.; WRATTEN, S. D. Ecological restoration of farmland: progress and prospects. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 363, n. 1492, p. 831-847, 2008.

ZEWELD, W. *et al.* Sustainable agricultural practices, environmental risk mitigation and livelihood improvements: Empirical evidence from Northern Ethiopia. **Land use policy**, v. 95, p. 103799, 2020.

Capítulo 3

AGROECOLOGIA: PRINCÍPIOS E PRÁTICAS PARA UMA AGRICULTURA SUSTENTÁVEL

Magno Antonio Flegler Buge

Bruno Antônio Lemos de Freitas

Leonardo Dias Nascimento

Carla Santos Acruz

Carla Michelle da Silva

Antônio Veimar da Silva

1. Introdução

A agroecologia surge como uma abordagem holística e interdisciplinar para o manejo de ecossistemas agrícolas, visando promover a produtividade, a sustentabilidade e a resiliência desses sistemas (ALTIERI, 2002). Ela se baseia em princípios ecológicos e integra conceitos de diversas áreas, como ecologia, agronomia, sociologia e economia (WEZEL et al., 2020).

Essa ciência vem ganhando cada vez mais atenção na literatura científica e no debate sobre a transformação de sistemas alimentares, pois apresenta soluções para diversos desafios relacionados à agricultura, como a adaptação às mudanças climáticas, a mitigação de impactos ambientais e a promoção da segurança alimentar e oferece caminhos para enfrentar desafios como a degradação ambiental, a insegurança alimentar e as desigualdades socioeconômicas (DITTMER et al., 2023).

Neste artigo, foi realizada uma revisão abrangente da literatura sobre os princípios e elementos-chave da agroecologia, bem como suas implicações para a transição de sistemas alimentares em direção à sustentabilidade.

2. Definição e conceitos fundamentais da agroecologia

A agroecologia pode ser definida como a aplicação de conceitos e princípios ecológicos no desenho e manejo de agroecossistemas sustentáveis. Ela transcende a visão da agricultura convencional, que se concentra principalmente na maximização da produção, e adota uma perspectiva mais ampla, incorporando aspectos ecológicos, sociais e econômicos (WEZEL et al., 2020).

De acordo com Gliessman (2018), a agroecologia é "a integração de pesquisa, educação, ação e mudança que traz sustentabilidade a todas as partes do sistema alimentar: ecológico, econômico e social". Essa definição enfatiza a natureza multidimensional da agroecologia, abrangendo não apenas a dimensão produtiva, mas também as dimensões ambientais, sociais e econômicas (DITTMER et al., 2023).

A literatura sobre agroecologia destaca a existência de três manifestações principais: como ciência, como conjunto de práticas e como movimento social. Como ciência, a agroecologia envolve o estudo dos agroecossistemas e a aplicação de princípios ecológicos para o desenho e manejo desses sistemas. Como conjunto de práticas, a agroecologia se refere a técnicas agrícolas que promovem a biodiversidade, a reciclagem de nutrientes e a regulação natural de pragas e doenças. Já como movimento social, a agroecologia está intimamente ligada a lutas em defesa da soberania alimentar, da justiça social e da equidade no sistema alimentar (WEZEL et al., 2020).

Recentemente, uma abordagem global envolvendo múltiplas partes interessadas (incluindo agricultores, pesquisadores e formuladores de políticas) estabeleceu um conjunto de 10 elementos-chave da agroecologia, que incluem: reciclagem, redução de insumos, saúde do solo, saúde animal, biodiversidade, sinergia, valores culturais e sociais, cocriarão de conhecimento, economia circular, governança responsável e solidariedade. Esses elementos servem como uma estrutura conceitual para orientar a transição agroecológica (WEZEL et al., 2020) e fazem parte dos princípios da Agroecologia.

3. Princípios da Agroecologia

A agroecologia se baseia em princípios fundamentais que orientam o desenho e manejo de agroecossistemas sustentáveis. A partir de uma revisão da literatura, destaca-se os seguintes princípios principais da agroecologia (WEZEL et al., 2020):

- Reciclagem: Promover a reciclagem de nutrientes e biomassa, minimizando o uso de insumos externos.
- Redução de insumos: Reduzir ao máximo a dependência de insumos externos, como fertilizantes e pesticidas sintéticos.
- Saúde do solo: Manter e melhorar a saúde e a fertilidade do solo, através de práticas como adubação orgânica e cultivo mínimo.
- Saúde animal: Promover a saúde e o bem-estar dos animais, evitando o uso profilático de medicamentos.
- Biodiversidade: Aumentar a diversidade de espécies, tanto acima quanto abaixo do solo, para fortalecer os processos ecológicos.
- Sinergia: Buscar sinergias entre os diferentes componentes do agroecossistema, promovendo interações benéficas.
- Diversificação econômica: Diversificar as fontes de renda e oportunidades econômicas, reduzindo a dependência de um único produto ou mercado.
- Cocriação e compartilhamento de conhecimento: Envolver os agricultores e outras partes interessadas no processo de geração e disseminação de conhecimento.
- Valores culturais e tradicionais: Valorizar e incorporar os saberes tradicionais e a identidade cultural das comunidades locais.
- Contexto territorial: Considerar as especificidades do território e do contexto local no desenho e implementação de práticas agroecológicas.

Esses princípios atuam de forma integrada, buscando a otimização dos processos ecológicos e a promoção da sustentabilidade em seus diversos aspectos, além de ajudar na elaboração de estratégias para a produção agroecológica.

4. Estratégias de produção agroecológica

As estratégias de produção agroecológica buscam criar e gerenciar agroecossistemas diversificados e resilientes, que incorporam os princípios da agroecologia. Essas estratégias visam maximizar a sinergia entre os diferentes componentes do agroecossistema, reduzir a dependência de insumos externos e promover a resiliência do sistema produtivo.

Uma das principais estratégias é a diversificação de culturas e criações. Isso envolve aumentar a diversidade de espécies vegetais e animais no agroecossistema,

promovendo a complementaridade e a resiliência. Além disso, a integração de sistemas agrícolas e pecuários é outra estratégia importante. Essa integração aproveita as sinergias e os ciclos de nutrientes, tornando o sistema mais eficiente e sustentável.

O manejo do solo é outro aspecto crucial. Técnicas como rotação de culturas, cultivo mínimo e adubação orgânica são utilizadas para manter e melhorar a saúde do solo. Isso ajuda a prevenir a degradação do solo e a manter a fertilidade natural.

Outra estratégia é o uso de insumos locais e renováveis. Em vez de depender de insumos externos, os produtores agroecológicos buscam substituir esses insumos por recursos renováveis disponíveis localmente, como adubos orgânicos e bioinsumos. Isso ajuda a reduzir a dependência de insumos externos e a minimizar o impacto ambiental.

A conservação da biodiversidade é outra prioridade. Essa estratégia envolve implementar ações para proteger e aumentar a diversidade de espécies, incluindo a manutenção de áreas de vegetação nativa. Isso ajuda a preservar a riqueza genética e a manter a saúde do ecossistema.

Além disso, a valorização dos conhecimentos e práticas tradicionais é fundamental. Esses saberes e técnicas desenvolvidos pelas comunidades locais ao longo do tempo são incorporados ao sistema produtivo, garantindo a preservação da cultura e a melhoria da sustentabilidade.

Em resumo, as estratégias de produção agroecológica visam criar agroecossistemas diversificados e resilientes, reduzir a dependência de insumos externos e promover a resiliência do sistema produtivo (Figura 1). Essas estratégias incluem a diversificação de culturas e criações, a integração de sistemas agrícolas e pecuários, o manejo do solo, o uso de insumos locais e renováveis, a conservação da biodiversidade e a valorização dos conhecimentos e práticas tradicionais e todas elas são apresentadas por Aquino e Assis (2012) em seu livro de Agroecologia.



Figura 1. Produção agroecológica, com redução de insumos industrializados.
Fonte: Elaborado pelos autores.

5. Benefícios e potencial da agroecologia

A agroecologia tem demonstrado uma série de benefícios potenciais, incluindo:

- **Aumento da produtividade:** Estudos têm mostrado que sistemas agroecológicos podem alcançar níveis de produção comparáveis ou até superiores aos sistemas convencionais, especialmente em condições de baixo uso de insumos (LACANNE; LUNDGREN, 2018).
- **Maior resiliência aos impactos Ambientais:** Sistemas agroecológicos tendem a ser mais resilientes a eventos climáticos extremos, pragas e doenças, devido à maior diversidade biológica e à ênfase na saúde do solo.
- **Melhoria da qualidade ambiental:** A agroecologia contribui para a redução da poluição, a conservação da biodiversidade e a mitigação das mudanças climáticas, por meio da menor dependência de insumos externos e do aumento da captura de carbono no solo (AGROECOLOGY INFO POOL, 2021).
- **Promoção da soberania e segurança alimentar:** Ao valorizar os conhecimentos locais e as cadeias curtas de produção e distribuição, a agroecologia fortalece a autonomia e a capacidade das comunidades de produzir seus próprios alimentos (FAO, 2023a)

- Geração de renda e oportunidades econômicas: A diversificação de produtos e a agregação de valor em cadeias curtas podem aumentar a renda dos agricultores e criar novos mercados e oportunidades de emprego (DEGRUNE et al., 2019).

Portanto, a agroecologia se apresenta como uma abordagem promissora para o desenho de sistemas alimentares mais sustentáveis, resilientes e equitativos, com benefícios em múltiplas dimensões (AGROECOLOGY INFO POOL, 2021)

6. Impacto da agroecologia na sustentabilidade ambiental e social

A agroecologia tem demonstrado resultados significativos em relação à sustentabilidade ambiental e social.

Em termos ambientais, sistemas agroecológicos tendem a apresentar maior conservação da biodiversidade, tanto acima quanto abaixo do solo (DITTMER et al., 2023)

Isso se deve à maior diversidade de culturas e à ênfase em práticas que aumentam a heterogeneidade do habitat, como a manutenção de áreas de vegetação nativa. Essa diversidade biológica, por sua vez, promove a prestação de serviços ecossistêmicos, como o controle natural de pragas e doenças, a polinização e a ciclagem de nutrientes (DEGRUNE et al., 2019).

Além disso, a agroecologia contribui para a mitigação das mudanças climáticas, uma vez que as práticas adotadas, como a integração de culturas e a adubação orgânica, resultam em menor emissão de gases de efeito estufa e maior sequestro de carbono no solo (FAO, 2023a).

Em termos sociais, a agroecologia valoriza e incorpora os conhecimentos e práticas tradicionais das comunidades locais, fortalecendo a identidade cultural e a autonomia dos agricultores (AGROECOLOGY INFO POOL, 2021). Ao criar oportunidades econômicas diversificadas, a agroecologia também contribui para a redução da pobreza rural e a fixação da população no campo (FAO, 2023a).

Tendo em vista isso, a agroecologia apresenta um enorme potencial para promover a transição para sistemas alimentares mais sustentáveis, equitativos e resilientes, com benefícios tanto para o meio ambiente quanto para as comunidades rurais.

7. Desenvolvimento de comunidades rurais por meio da agroecologia

A agroecologia pode desempenhar um papel fundamental no desenvolvimento sustentável de comunidades rurais, contribuindo para a melhoria da qualidade de vida e a geração de oportunidades econômicas.

Ao valorizar os conhecimentos e práticas tradicionais das comunidades locais, a agroecologia fortalece a identidade cultural e a autonomia dos agricultores. Isso permite que os agricultores se (FAO, 2023b) tornem protagonistas no processo de transição para sistemas alimentares mais sustentáveis, aplicando suas habilidades e criatividade na adaptação e inovação de práticas agroecológicas.

Além disso, a diversificação de culturas e atividades econômicas promovida pela agroecologia amplia as fontes de renda e emprego, reduzindo a pobreza rural e criando perspectivas atrativas, especialmente para os jovens, que muitas vezes migram para os centros urbanos em busca de melhores oportunidades (AGROECOLOGY INFO POOL, 2021).

Ao mesmo tempo, a agroecologia contribui para a melhoria da segurança alimentar e nutricional das comunidades rurais, uma vez que prioriza a produção de alimentos saudáveis e diversificados, preservando as tradições alimentares locais (FAO, 2023a).

Portanto, a adoção de práticas agroecológicas pode ser um importante impulsionador do desenvolvimento rural sustentável, fortalecendo a resiliência socioeconômica e ambiental das comunidades.

8. Legislação e políticas públicas para a promoção da agroecologia

O desenvolvimento da agroecologia requer o apoio de políticas públicas e marcos legais que fomentem e facilitem sua adoção em larga escala.

Nesse sentido, alguns países têm avançado na construção de políticas públicas e instrumentos legais voltados para a promoção da agroecologia, como:

- Leis e Programas Nacionais de Agroecologia: Alguns países, como Brasil, França e Índia, possuem leis e programas específicos para o desenvolvimento da agroecologia, envolvendo incentivos, assistência técnica e apoio à pesquisa e inovação (CARLILE; GARNETT, 2021).

- Sistemas de Compras Públicas com Critérios Agroecológicos: Algumas iniciativas governamentais têm priorizado a aquisição de alimentos provenientes de sistemas agroecológicos para programas de alimentação escolar e abastecimento de instituições públicas (BACCARIN et al., 2017). Isso cria mercados estáveis e favorece a transição de agricultores para a agroecologia.
- Programas de Extensão Rural e Assistência Técnica Agroecológica: Investimentos em serviços de extensão rural e assistência técnica voltados para a transição agroecológica têm sido essenciais para apoiar os agricultores na adoção de práticas sustentáveis (SILVA et al., 2019).
- Apoio à Pesquisa, Ensino e Inovação em Agroecologia: O fortalecimento da pesquisa, do ensino e da inovação em agroecologia é fundamental para gerar e disseminar conhecimentos, tecnologias e soluções adaptadas aos diferentes contextos locais (ASSIS, 2006).

Esses e outros instrumentos de política pública têm demonstrado ser fundamentais para alavancar a transição agroecológica em diferentes regiões do mundo (DEGRUNE et al., 2019; CARLILE; GARNETT, 2021).

9. Desafios e Barreiras à Adoção da Agroecologia

A adoção da agroecologia enfrenta uma série de desafios e barreiras, apesar dos benefícios demonstrados. Uma das principais barreiras é a falta de políticas públicas de apoio. Muitas vezes, as políticas governamentais ainda priorizam os sistemas agrícolas convencionais, o que dificulta o acesso a financiamento, assistência técnica e mercados para os agricultores agroecológicos.

Outro desafio é a limitação no acesso a insumos e recursos. Os agricultores agroecológicos enfrentam desafios para obter sementes, mudas, ferramentas e outros insumos necessários para a conversão e o manejo de seus sistemas.

Além disso, as dificuldades na comercialização e acesso a mercados são um grande obstáculo. Muitas vezes, os produtos agroecológicos enfrentam barreiras para serem reconhecidos e valorizados pelos consumidores e pelas cadeias de varejo convencionais.

A resistência cultural e a falta de conhecimento também são desafios importantes. Há uma inércia cultural em relação aos paradigmas da agricultura convencional, e muitos

agricultores e consumidores ainda têm pouco conhecimento sobre os benefícios e as práticas da agroecologia.

Para superar esses desafios, é fundamental a implementação de políticas públicas, incentivos e programas de pesquisa e extensão que apoiem os agricultores nessa transição. Além disso, é necessário adaptar as práticas agroecológicas aos diferentes tipos de solo, clima, culturas e sistemas de produção, o que requer um processo de experimentação e aprendizado constante.

A agroecologia é uma abordagem que pode trazer benefícios em múltiplas áreas, desde a produção e a qualidade ambiental até a soberania e segurança alimentar e a geração de renda e oportunidades econômicas. No entanto, para que isso possa ocorrer, é necessário superar os desafios e barreiras que a agroecologia enfrenta.

Portanto, é fundamental que os governos, as organizações não governamentais e as empresas trabalhem juntos para implementar políticas públicas, incentivos e programas de pesquisa e extensão que apoiem a transição para a agroecologia.

Abaixo segue a tabela 1 que resume os principais desafios/barreiras na adoção da Agroecologia.

Tabela 1. Principais desafios/barreiras encontrados na implementação da Agroecologia

Desafio/Barreira	Consequência
Falta de conhecimento e capacitação	Impede que os agricultores adotem práticas mais sustentáveis e eficazes.
Resistência de alguns agricultores	Alguns agricultores podem resistir à mudança para a agroecologia devido à falta de confiança nos resultados ou à falta de apoio da sociedade civil.
Falta de assistência técnica e extensão rural	Impede que os agricultores recebam apoio e orientação para adotar práticas agroecológicas.
Escassez de pesquisa aplicada e sistêmica	Impede que os agricultores tenham acesso a tecnologias e práticas mais eficazes para a agroecologia.
Carência de profissionais habilitados para trabalhar	Impede que os agricultores recebam apoio e orientação adequados.

Desafio/Barreira	Consequência
com a complexidade da agroecologia	
Ausência de políticas públicas de indução à transição agroecológica	Impede que os governos apoiem a transição para a agroecologia.
Deficiência de recursos financeiros para apoio à agroecologia	Impede que os agricultores e os governos tenham acesso a recursos necessários para promover a agroecologia.
Falta de apoio da sociedade civil para a agroecologia	Impede que os agricultores e os governos tenham apoio e suporte para promover a agroecologia.

10. Considerações finais

A agroecologia apresenta um enorme potencial para promover a transição para sistemas alimentares mais sustentáveis, equitativos e resilientes, com benefícios tanto para o meio ambiente quanto para as comunidades rurais.

Ao valorizar os conhecimentos tradicionais, diversificar as atividades produtivas e fortalecer a autonomia dos agricultores, a agroecologia pode ser um importante impulsionador do desenvolvimento rural sustentável.

No entanto, para que essa abordagem se consolide, é fundamental o apoio de políticas públicas e marcos legais que facilitem a adoção de práticas agroecológicas em larga escala, superando os desafios e barreiras existentes.

Nesse sentido, a construção de um arcabouço normativo e institucional adequado, aliada a investimentos em pesquisa, extensão rural e acesso a mercados, pode ser determinante para o fortalecimento da agroecologia e a transformação dos sistemas alimentares em todo o mundo.

Referências Bibliográficas

- FAO - Food and Agriculture Organization. **Agroecology and the Sustainable Development Goals**. 2023a. Acesso em: <https://www.fao.org/agroecology/overview/agroecology-and-the-sustainable-development-goals/en>. Disponível em: 18 mai. 2024.
- ALENCAR, G. V. *et al.* Percepção ambiental e uso do solo por agricultores de sistemas orgânicos e convencionais na Chapada da Ibiapaba, Ceará. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 51, p. 217-236, 2013.
- ALTIERI, Miguel A. Agroecology: the science of natural resource management for poor farmers in marginal environments. **Agriculture, ecosystems & environment**, v. 93, n. 1-3, p. 1-24, 2002.
- ASSIS, R. L. Desenvolvimento rural sustentável no Brasil: perspectivas a partir da integração de ações públicas e privadas com base na agroecologia. **Economia Aplicada**, v. 10, p. 75-89, 2006.
- BACCARIN, J. G. Indicadores de avaliação das compras da agricultura familiar para alimentação escolar no Paraná, Santa Catarina e São Paulo. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 55, p. 103-122, 2017.
- CARLILE, R.; GARNETT, T. What is agroecology. **TABLE Explainer Series**. TABLE, University of Oxford, Swedish University of Agricultural Sciences and Wageningen University & Research, 2021.
- AQUINO, A. M.; ASSIS, R. L. **Agroecologia: princípios e técnicas para uma agricultura orgânica sustentável**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Seropédica, RJ: Embrapa Agrobiologia, 2012.
- DEGRUNE, F. *et al.* The pedological context modulates the response of soil microbial communities to agroecological management. **Frontiers in Ecology and Evolution**, v. 7, p. 261, 2019.
- DITTMER, K. M. *et al.* Agroecology can promote climate change adaptation outcomes without compromising yield in smallholder systems. **Environmental Management**, v. 72, n. 2, p. 333-342, 2023.
- AGROECOLOGY INFO POOL. **Frequently Asked Questions**. 2021. Disponível em: <https://www.agroecology-pool.org/faq/>. Acesso em: 03 jun. 2024.

GLIESSMAN, S. Defining agroecology. **Agroecology and Sustainable Food Systems**, v. 42, n. 6, p. 599-600, 2018.

LACANNE, C. E.; LUNDGREN, J. G. Regenerative agriculture: merging farming and natural resource conservation profitably. **PeerJ**, v. 6, p. e4428, 2018.

SILVA, K. R.; BERGAMASCO, S. M. P. P.; SOUZA-ESQUERDO, V. F. Assistência técnica e extensão rural no Vale do Ribeira paranaense. **Revista Brasileira de Desenvolvimento Regional**, v. 6, n. 2, p. 103-124, 2018.

FAO - Food and Agriculture Organization. **Social process**. 2023b. Acesso em: <https://www.fao.org/agroecology/overview/social-process/en>. Disponível em: 18 mai. 2024.

WEZEL, A. *et al.* Agroecological principles and elements and their implications for transitioning to sustainable food systems. A review. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 40, p. 1-13, 2020.

Capítulo 4

DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL EM ÁREAS URBANAS: ESTRATÉGIAS E PRÁTICAS

Keithy Juliane de Oliveira

Ailton Caetano Nascimento Pessoa

Claudia Doce Silva Coelho de Souza

André Maciel da Silva

Antônio Veimar da Silva

Carla Michelle da Silva

1. Introdução

O desenvolvimento sustentável é um conceito que busca equilibrar o crescimento econômico, social e ambiental. As cidades são áreas de grande densidade populacional e econômica, e, portanto, são fundamentais para o desenvolvimento sustentável. No entanto, as cidades também são responsáveis por uma grande parcela da emissão de gases de efeito estufa e da poluição, o que pode ter consequências graves para o meio ambiente e a saúde pública.

As áreas urbanas são responsáveis por uma parcela significativa do consumo global de recursos naturais e da emissão de gases de efeito estufa. De acordo com dados da ONU, as cidades consomem 78% da energia mundial e são responsáveis por mais de 60% das emissões globais de CO₂. Portanto, é essencial que as áreas urbanas adotem estratégias e práticas sustentáveis para mitigar esses impactos e promover um desenvolvimento mais equilibrado (SHAHIDEHPOUR et al., 2018).

O conceito de desenvolvimento sustentável em áreas urbanas envolve uma abordagem integrada que busca equilibrar as dimensões econômica, social e ambiental. Isso requer a implementação de políticas públicas, tecnologias e soluções inovadoras que

visem melhorar a qualidade de vida da população, reduzir a pegada ecológica da cidade e promover a preservação dos recursos naturais (BARROSO; FERREIRA, 2020).

Nesse contexto, o planejamento urbano desempenha um papel fundamental. O desenho das cidades, a distribuição dos usos do solo, a mobilidade e o acesso a serviços públicos são fatores que influenciam diretamente a sustentabilidade urbana. Portanto, é essencial que os gestores públicos e a sociedade civil trabalhem em conjunto para desenvolver planos diretores e políticas urbanas alinhadas com os princípios do desenvolvimento sustentável (CASTANHEIRA et al., 2014).

Além disso, a participação e o engajamento da comunidade local são cruciais para o sucesso das iniciativas de sustentabilidade urbana. Quando a população se sente parte do processo de transformação da cidade, ela tende a adotar comportamentos mais sustentáveis e a apoiar as ações implementadas pelo poder público. Portanto, é importante que haja canais de diálogo e mecanismos de participação social no planejamento e na gestão das cidades.

Por fim, é fundamental que as áreas urbanas busquem soluções inovadoras e adaptadas ao seu contexto local para promover o desenvolvimento sustentável. Não existe uma fórmula única que se aplique a todas as cidades, pois cada uma possui suas próprias características, desafios e potencialidades. Portanto, é essencial que as estratégias e práticas de sustentabilidade urbana sejam flexíveis, adaptáveis e capazes de responder às necessidades e aspirações da população local.

Tendo em vista isso, esse artigo tem como objetivo analisar as principais estratégias e práticas de desenvolvimento sustentável em áreas urbanas, destacando os desafios e as oportunidades envolvidos nesse processo. Para elaboração desse manuscrito, foi realizado um levantamento bibliográfico em bases dados científicas, como Scielo, Scopus e Web of Science, utilizando palavras-chave como "desenvolvimento urbano sustentável", "planejamento urbano sustentável" e "políticas públicas para sustentabilidade urbana".

2. Estratégias para o desenvolvimento sustentável em áreas urbanas

Existem várias estratégias que podem ser implementadas para promover o desenvolvimento sustentável em áreas urbanas. Algumas dessas estratégias incluem:

- Planejamento urbano sustentável: O planejamento urbano sustentável é fundamental para garantir que as cidades sejam projetadas e construídas de forma a minimizar o impacto ambiental. Isso pode ser feito através do uso de tecnologias verdes, como energia solar e eólica, e da implementação de infraestruturas que promovam a mobilidade sustentável. Um exemplo de planejamento urbano sustentável é o desenvolvimento de bairros com uso misto, onde residências, comércios e serviços estejam próximos, reduzindo a necessidade de deslocamentos longos e incentivando o uso de transportes alternativos (CICLOVIVO, 2023).
- Uso eficiente de recursos: O uso eficiente de recursos é crucial para o desenvolvimento sustentável. Isso pode ser feito através da implementação de práticas de gestão de resíduos, como a reciclagem e a compostagem, e da promoção do uso de transporte público e de bicicletas (ALMEIDA GUIMARÃES; JÚNIOR, 2017).
- Desenvolvimento de infraestruturas verdes: As infraestruturas verdes, como parques e jardins, são fundamentais para a preservação do meio ambiente e para a promoção da qualidade de vida das populações. Essas infraestruturas também podem ser usadas para absorver a chuva e reduzir a poluição. Alguns exemplos de infraestruturas verdes incluem a criação de corredores verdes e azuis, que conectam as áreas verdes da cidade e facilitam a movimentação da fauna, além da implantação de telhados e fachadas verdes, que contribuem para o conforto térmico das edificações (CASTANHEIRA et al., 2014).
- Promoção da mobilidade sustentável (Figura 1): A mobilidade sustentável é fundamental para o desenvolvimento sustentável. Isso pode ser feito através da implementação de infraestruturas que promovam o uso de transporte público e de bicicletas, e da promoção do uso de veículos elétricos. Algumas cidades têm implementado sistemas integrados de transporte público, com a integração de ônibus, metrô e trens, além de infraestruturas exclusivas para bicicletas e pedestres (MAROPO et al., 2019).



Figura 1. Exemplo de mobilidade sustentável.
Fonte: elaborado pelos autores.

- Desenvolvimento de comunidades sustentáveis: O desenvolvimento de comunidades sustentáveis é fundamental para o desenvolvimento sustentável. Isso pode ser feito através da implementação de práticas de gestão de resíduos, como a reciclagem e a compostagem, e da promoção do uso de transporte público e de bicicletas. Além disso, o desenvolvimento de comunidades sustentáveis também envolve a promoção de uma economia local e a criação de empregos verdes (REHM et al., 2021).
- Educação ambiental: A educação ambiental é fundamental para a promoção do desenvolvimento sustentável. Isso pode ser feito através da implementação de programas de educação ambiental nas escolas e na comunidade, além da promoção de campanhas de conscientização sobre a importância do desenvolvimento sustentável. Um exemplo de programa de educação ambiental é o Projeto Jovem Cidadão, realizado pelo Governo do Estado do Amazonas, que visa conscientizar os jovens sobre a importância da preservação do meio ambiente (NASCIMENTO et al., 2014). Esse tipo de iniciativa é essencial para a formação de uma nova geração de cidadãos mais conscientes e engajados na busca por um futuro mais sustentável.

Esses são apenas alguns exemplos de estratégias que podem ser implementadas para promover o desenvolvimento sustentável em áreas urbanas. É importante ressaltar que o desenvolvimento sustentável deve ser uma prioridade para todas as esferas do governo, da sociedade civil e do setor privado, pois só assim será possível alcançar um futuro mais justo e equilibrado (BABICH et al., 2023).

3. Práticas para o desenvolvimento sustentável em áreas urbanas

Além das estratégias mencionadas anteriormente, existem diversas práticas que também podem ser adotadas para promover o desenvolvimento sustentável em áreas urbanas.

Uma prática importante é a implementação de programas de gestão de resíduos. Os programas de gestão de resíduos são fundamentais para o desenvolvimento sustentável. Isso pode ser feito através da implementação de práticas de reciclagem e compostagem. A gestão adequada de resíduos sólidos reduz a poluição e o desperdício, além de gerar renda e empregos para a comunidade (SOUZA et al., 2012).

Outra prática importante é a promoção do uso de transporte público e de Bicicletas. O uso de transporte público e de bicicletas é fundamental para o desenvolvimento sustentável. Isso pode ser feito através da implementação de infraestruturas que promovam o uso de transporte público e de bicicletas. Um exemplo de iniciativa nesse sentido é a criação de corredores verdes e azuis, que beneficiam tanto a mobilidade sustentável quanto a biodiversidade (CICLOVIVO, 2023).

Além disso, a criação de infraestruturas, como parques e jardins, são fundamentais para a preservação do meio ambiente e para a promoção da qualidade de vida das populações. Estudos mostram que áreas com maior presença de vegetação tendem a apresentar temperaturas mais amenas, menor poluição do ar e maior absorção da água da chuva, benefícios que contribuem para a resiliência climática das cidades (SILVA et al., 2019).

De acordo com a literatura, o adensamento de florestas urbanas, seja por iniciativas governamentais ou ativistas, pode potencializar esses serviços ecossistêmicos (SILVA et al., 2019). O plantio mais adensado, com conhecimento dos benefícios, é uma prática que pode ser incentivada (CASTANHEIRA et al., 2014).

Uma outra prática relevante é a utilização de tecnologias verdes, como energia solar e eólica (Figura 2), que são fundamentais para o desenvolvimento sustentável. Isso pode ser feito através da implementação de sistemas de geração de energia renovável (DIGNITE STUDIOS, 2024).



Figura 2. Fontes de energia solar e eólica.
Fonte: elaborado pelos autores

Por fim, o desenvolvimento de comunidades sustentáveis também é essencial. Isso envolve a implementação de práticas de gestão de resíduos, a promoção do uso de transporte público e de bicicletas, e a criação de empregos verdes. Todas essas práticas contribuem para a construção de cidades mais sustentáveis e resilientes (SILVA et al., 2019). Em suma, o desenvolvimento sustentável em áreas urbanas requer uma abordagem abrangente que combine estratégias e práticas complementares (CICLOVIVO, 2023).

Assim, é fundamental a adoção de práticas sustentáveis em diversos aspectos da vida urbana, desde a gestão de resíduos até a promoção de infraestruturas verdes. Apenas com o engajamento de todos os setores da sociedade será possível alcançar um desenvolvimento urbano mais sustentável e resiliente (CASTANHEIRA et al., 2014).

4. Políticas públicas sustentáveis em áreas urbanas

As políticas públicas e a governança urbana possuem um papel fundamental para o desenvolvimento sustentável das cidades. Segundo estudos, a articulação entre os planos diretores e a gestão pública pode fortalecer os sistemas de gestão e colaborar para um planejamento mais adequado das cidades. Nesse sentido, é essencial que os governos locais adotem políticas urbanas integradas, que abordem de forma sistêmica as dimensões econômica, social e ambiental (LIMA; KRÜGER, 2004).

As políticas públicas devem estar alinhadas com os objetivos de desenvolvimento sustentável, garantindo, por exemplo, o acesso equitativo a serviços públicos, a promoção da mobilidade sustentável e a preservação do meio ambiente. Um exemplo relevante é o Programa Cidades Sustentáveis implementado em Porto Alegre, que busca articular diferentes dimensões da sustentabilidade urbana (BARBACOVİ et al., 2021).

Outro aspecto importante é o fortalecimento da governança local para a implementação efetiva dessas políticas. O engajamento da sociedade civil, do setor privado e de diferentes esferas do poder público é essencial para garantir a sustentabilidade das ações em longo prazo. Portanto, o desenvolvimento de políticas públicas integradas e a construção de uma governança multinível são fundamentais para o alcance de cidades mais sustentáveis (BARBACOVİ et al., 2021).

Alguns municípios, como Teresina, têm buscado alinhar seus instrumentos de planejamento urbano, como os planos diretores, com ações de preservação ambiental e de desenvolvimento econômico sustentável. Essa articulação entre diretrizes e orçamento municipal é um passo importante para garantir a implementação efetiva de práticas sustentáveis. Contudo, ainda há desafios a serem superados, como a necessidade de maior integração entre as diferentes políticas setoriais e a maior participação da sociedade civil no processo de tomada de decisão (NASCIMENTO; GOMES, 2018).

Para que as políticas públicas de desenvolvimento sustentável sejam efetivas, é fundamental que elas considerem as especificidades locais e sejam implementadas de forma colaborativa entre os diversos atores (LIMA; KRÜGER, 2004). Nesse sentido, experiências como o Programa Cidades Sustentáveis em Porto Alegre demonstram a importância de uma abordagem sistêmica e participativa para a construção de cidades mais resilientes e sustentáveis (BARBACOVİ et al., 2021).

Além disso, a literatura aponta que a implementação de tecnologias verdes, como a energia solar e eólica, também é essencial para o desenvolvimento sustentável das cidades (NASCIMENTO; GOMES, 2018). Estudos mostram que a adoção de infraestruturas verdes, como parques e jardins, pode contribuir para a melhoria da qualidade de vida e da resiliência climática das cidades (BARBACOVİ et al., 2021). Outro aspecto relevante é o fortalecimento da economia local, como proposto pelas iniciativas das Slow Cities, que visam valorizar a identidade e o patrimônio histórico das comunidades.

Assim, o desenvolvimento sustentável em áreas urbanas requer uma abordagem sistêmica e participativa, que combine políticas públicas integradas, governança multinível, tecnologias verdes e práticas de valorização das comunidades locais.

5. Considerações finais

O desenvolvimento sustentável é um conceito fundamental para o futuro das cidades. As estratégias e práticas mencionadas nesse artigo podem ser implementadas para promover o desenvolvimento sustentável em áreas urbanas, garantindo o bem-estar das populações e a preservação do meio ambiente. É fundamental que as autoridades e os cidadãos trabalhem juntos para implementar essas estratégias e práticas, garantindo um futuro sustentável para as cidades.

Referências Bibliográficas

- ALMEIDA GUIMARÃES, V.; JUNIOR, I. C. L. Performance assessment and evaluation method for passenger transportation: a step toward sustainability. **Journal of Cleaner Production**, v. 142, p. 297-307, 2017.
- BABICH, A.; ALKHANOV, N.; BAIKHANOV, A. Green Infrastructure as a Factor in Ensuring Sustainable Development. In: **BIO Web of Conferences**. EDP Sciences, 2023. p. 07001.
- BARBACOVI, Naira Elizabete; PEREIRA, Raquel da Silva; MACHADO JÚNIOR, Celso. Programa Cidades Sustentáveis em Porto Alegre, Estado do Rio Grande do Sul, Brasil. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 8, n. 18, p. 273-289, 2021.
- BARROSO, L.; FERREIRA, V. L. **A sustentabilidade urbana entra em cena**. In: XII Seminario Internacional de Investigación en Urbanismo, São Paulo-Lisboa, 2020. Faculdade de Arquitetura da Universidade de Lisboa, 2020.
- CASTANHEIRA, G. S.; BRAGANÇA, L.; MATEUS, R. Definindo melhores práticas em projetos de Regeneração Urbana Sustentável. **Ambiente Construído**, v. 14, p. 7-25, 2014.
- CICLOVIVO. **Biofilia e infraestrutura verde são estratégias que podem amenizar alagamentos**. 2023. Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/996921/biofilia-e-infraestrutura-verde-sao-estrategias-que-podem-amenizar-alagamentos>. Acesso em: 09 jun. 2024.
- DIGNITE STUDIOS. **The Role of Technology in Sustainable Development and Environmental Conservation**. 2024. Disponível em: <https://datafloq.com/read/the-role-of-technology-in-sustainable-development-and-environmental-conservation/>. Acesso em: 03 mai. 2024.
- LIMA, P R D.; KRÜGER, E. L. Políticas públicas e desenvolvimento urbano sustentável. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, n. 8, p. 9-21, 2004.
- MAROPO, V. L. B. *et al.* Planejamento urbano sustentável: um estudo para implantação de infraestrutura verde no Bairro Bancários, João Pessoa-PB, Brasil. **urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v. 11, p. e20180005, 2019.
- NASCIMENTO, J. M.; MARTINS, T. P.; ALMEIDA, J. R. Educação Ambiental: o caminho para a sustentabilidade. **Revista Sustinere**, v. 2, n. 1, p. 2-17, 2014.

NASCIMENTO, S. M. M. G.; GOMES, J. M. A. Planejamento e orçamento municipal de Teresina para o crescimento econômico e meio ambiente no período de 2014 a 2016. **urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v. 10, p. 695-707, 2018.

REHM, S. V.; MCLOUGHLIN, S.; MACCANI, G. Coping with the Dynamics of Urban Sustainability: Positioning Urban Experimentation Platforms as Tools for Policy Making. **The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences**, v. 46, p. 91-96, 2021.

SHAHIDEHPOUR, M.; LI, Z.; GANJI, M. Smart cities for a sustainable urbanization: Illuminating the need for establishing smart urban infrastructures. **IEEE Electrification Magazine**, v. 6, n. 2, p. 16-33, 2018

SILVA, E. M. F. D. *et al.* Um novo ecossistema: florestas urbanas construídas pelo Estado e pelos ativistas. **Estudos Avançados**, v.33, n.97, p.81-102, 2019.

SOUZA, M. T. S.; PAULA, M. B.; SOUZA-PINTO, H. O papel das cooperativas de reciclagem nos canais reversos pós-consumo. **Revista de Administração de empresas**, v. 52, p. 246-262, 2012.

Capítulo 5

GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANO E TÉCNICAS DE TRATAMENTO

Ailton Caetano Nascimento Pessoa

Kadja Lemos Silva

Fenelon Lourenço de Sousa Santos

Tatiana da Costa Jansen

Jefferson Santos de Amorim

Antônio Veimar da Silva

Carla Michelle da Silva

1. Introdução

Os Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) são denominados como os tipos de resíduos que surgem das residências, da limpeza urbana e de outros serviços destinados à limpeza dessas áreas. No entanto, um grande número desses resíduos é descartado de forma inadequada em aterros sanitários e lixões.

Os aterros sanitários são uma técnica utilizada para depositar os RSU no solo, devendo utilizar a menor área possível para reduzi-los a menor quantidade cabível, e posteriormente cobri-los com uma camada de terra. Já as áreas de aterro controlado são áreas com um controle operacional e ambiental mais rigoroso para garantir o adequado descarte dos RSU.

Por outro lado, os lixões são áreas sem qualquer controle sobre a destinação, descarte, qualidade e quantidade dos resíduos, o que colabora para a contaminação do solo, do ar e das águas, por meio da liberação de gases, líquidos e compostos lixiviadores e contaminantes produzidos a partir da deterioração dos RSU. Isso não apenas deprecia o ambiente visualmente, mas também piora a qualidade de vida dos moradores que vivem na localidade ao entorno, ocasionando problemas de saúde pública e aumentando os

gastos públicos com prevenção e tratamento das doenças oriundas do contato com os resíduos e seus produtos tóxicos (GOMES et al., 2020).

Segundo dados divulgados pela ABRELPE em 2020, o aumento de 12,4 milhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos entre os anos de 2010 e 2019 é preocupante. Além disso, a quantidade de resíduos que segue para áreas inadequadas também cresceu, passando de 25 milhões de toneladas por ano para pouco mais de 29 milhões de toneladas.

Em face da necessidade de regulamentação da deposição dos RSU, foi criada a Lei nº 12.305 de 2010, conhecida como Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), que dispõe sobre o gerenciamento dos resíduos sólidos, com exceção dos dejetos radioativos, às responsabilidades dos seus geradores e do poder público, e aos instrumentos econômicos aplicáveis à sua gestão.

A PNRS instituiu uma logística por trás da gestão dos RSU, iniciando-se pela possibilidade de não haver geração de resíduos; elaboração de métodos para a redução, reutilização, reciclagem e tratamento; e dispõe ainda sobre as formas ambientalmente adequadas para os rejeitos que não possuem nenhuma utilidade possível (LOPES; LOPES, 2018).

Além disso, a Política Nacional de Saneamento Básico, criada através da Lei nº 11.445 de 2007, integra a gestão dos resíduos sólidos aos planos municipais de saneamento básico por meio de articulações políticas de desenvolvimento urbano, de habitação, de combate à pobreza, proteção ambiental, promoção à saúde, e outras ações voltadas para a melhoria da qualidade de vida da população onde o saneamento básico for fator determinante.

Os serviços de saneamento básico incluem o abastecimento de água, coleta e tratamento de esgotos, manejo de águas pluviais e o gerenciamento de resíduos sólidos. O presente trabalho se concentrará no gerenciamento de resíduos sólidos, uma vez que, apenas no ano de 2016, foram criados e destinados aos lixões cerca de dois bilhões de toneladas de resíduos mundialmente, totalizando uma quantidade acima do esperado pelas políticas públicas destinadas à gestão desses resíduos.

Destaca-se que é necessário melhorias nas técnicas de manejo e tratamento dos RSU, devendo ainda ser garantido as suas aplicações em consonância com as realidades dos municípios brasileiros, a fim de reduzir os impactos causados pelos resíduos despejados.

O presente trabalho tem por finalidade revisar, considerando a literatura sobre o assunto, as técnicas de tratamento dos resíduos sólidos urbanos utilizadas e suas características socioambientais.

2. Resíduos sólidos - RSU

Com o aumento da população mundial, a quantidade de lixo aumentou significativamente, levando à criação e inovação de mecanismos para gerenciar os resíduos sólidos urbanos. Nesse contexto, o Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS) foi criado mediante a Lei nº 12.305 de 2010 e amplamente utilizado.

O PMGIRS estabelece modelos de gerenciamento que levam em consideração a realidade de cada município, contando com a participação da sociedade local que utiliza os serviços públicos de limpeza. Isso propicia instrumentos de gestão integrada dos resíduos sólidos no município.

No entanto, parte dos municípios do país ainda utiliza técnicas de manejo dos resíduos sólidos inadequadas à realidade disposta pela legislação. A Política Nacional de Resíduos Sólidos utiliza diferentes tipos de tratamento para os tipos de resíduos gerados, considerando tratamentos alternativos que geram benefícios como a reciclagem, a geração de novos empregos e a diminuição do impacto ambiental (ALVES et al., 2016).

É fundamental que ocorra um diminuto despejo dos resíduos sólidos em aterros ou áreas afins, o que justifica a importância do investimento do governo e de empresas privadas em técnicas de separação entre os tipos de materiais.

Quanto à parte orgânica dos resíduos sólidos, esses possuem tratamento específico de reaproveitamento através de métodos biológicos, que permitem a produção de energia renovável e de compostos orgânicos, nomeados respectivamente como digestão anaeróbica (DA) e compostagem.

O tratamento térmico também é utilizado como manejo de RSU, embora seja controverso, é regulamentado pelos sistemas de gerenciamento do RSU. Além disso, é fundamental ressaltar que o saneamento básico é definido como um conjunto de ações que promovem e garantem à sociedade condições básicas de saúde, bem-estar e segurança, considerado um direito de todo brasileiro. Essas ações incluem sistemas de coleta e tratamento do esgoto; abastecimento e tratamento de água potável; coleta e

disposição adequadas dos RSU; e controle dos níveis de poluição do ar e das águas (CRISPIM et al., 2014).

A Política Nacional de Saneamento Básico e Leis Orgânicas de Saúde estabelecem essas ações como medidas de prevenção na seara da saúde pública, visando promover a economia financeira e otimizar os gastos para a cura e tratamento de doenças (FERREIRA et al., 2016).

No entanto, mesmo após a implantação dessas políticas públicas, persiste uma deficiência relativa à garantia destes serviços à sociedade, afetando as comunidades mais carentes. Dados apontam que 93% da população que vive nos centros urbanos tem acesso à água tratada, enquanto apenas 60,2% usufruem dos serviços de coleta de esgoto. Desses, apenas 46% do esgoto coletado passa por processos de tratamento (PEREIRA et al., 2023).

É fundamental que sejam implementadas soluções eficazes para garantir o acesso a esses serviços básicos a todos os brasileiros, especialmente às comunidades mais vulneráveis.

3. Política nacional de resíduos sólidos – PNRS

A PNRS, regulamentada pelo decreto nº 7.404 de 23 de dezembro de 2010, dispõe sobre os princípios, objetivos, instrumentos e diretrizes do gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos. Ela aborda a definição de gestão integrada dos resíduos sólidos, que descreve como um conjunto de ações que visam solucionar as problemáticas acerca dessa temática no país, levando em consideração as dimensões econômicas, socioambientais, culturais e políticas (OLIVEIRA; GALVÃO, 2016).

É necessária a uniformização dos setores já citados no presente trabalho, por meio de mais políticas que amenizem os impactos oriundos da inadequada gestão dos RSU. A PNRS estipula a inutilização dos lixões ou outros locais utilizados para descarte indevido dos resíduos sólidos, incentivando a prática de reciclagem, reutilização e implementação de novas tecnologias sustentáveis. Além disso, a lei cria o Plano de Resíduos Sólidos, abordando novas alternativas de gestão para os inúmeros tipos de resíduos (ZAGO; BARROS, 2019).

Infelizmente, mesmo com a implementação da PNRS, diversos municípios são ineficientes na aplicação dos processos que envolvem o manejo e tratamento dos resíduos sólidos. Essa inoperância se apresenta em impactos ambientais que agridem a sociedade,

como a poluição do solo através da produção do chorume que afeta os lençóis freáticos, a poluição do ar por meio da liberação de partículas poluidoras, e a piora da qualidade de vida da comunidade local, tornando-se um entrave para a saúde pública e, conseqüentemente, elevando os gastos do governo (SILVA ALVES et al., 2009).

É imprescindível que haja uma maior efetividade na aplicação da PNRS pelos municípios, de modo a minimizar esses impactos negativos e promover uma gestão integrada e sustentável dos resíduos sólidos urbanos. Isso requer investimentos em infraestrutura, capacitação de equipes, educação ambiental da população e articulação entre os diferentes setores envolvidos.

4. Tratamento biológico mecânico e dos resíduos sólidos urbanos

O tratamento mecânico dos resíduos sólidos urbanos (RSU) baseia-se no procedimento de separação dos diversos tipos de materiais dispostos nos resíduos. Esse procedimento não envolve reação química entre os RSU, mas sim a separação dos tipos de matéria para o manejo adequado. Os materiais orgânicos seguem para o devido tratamento biológico, com a ação de microrganismos digestores de matéria orgânica (ZAGO; BARROS, 2019).

A digestão anaeróbica (DA) é o processo realizado pelas bactérias, na ausência de oxigênio, em biodigestores. Essas bactérias têm como principal função a produção de dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4) e digestato, que é o produto final da digestão anaeróbica e possui elevado potencial fertilizante (Gueri et al., 2017).

Durante o processo de DA, ocorre a hidrólise da fração orgânica dos resíduos sólidos, e após, as moléculas de glicose, aminoácidos e ácidos graxos convertem-se em dióxidos de carbono, amônia, hidrogênio, álcoois e outros ácidos orgânicos. Esses compostos seguem para a etapa final de metanogênese, que produz o biogás, composto principalmente por metano e dióxido de carbono, além de outros gases em menores proporções (SOARES; LOPES, 2019).

O biogás é a alternativa com maior potencial para a geração de energia renovável e, conseqüentemente, a redução da emissão de CO_2 e CH_4 , gases que contribuem para o aquecimento global. Essa redução na emissão desses gases gera créditos de carbono para o Brasil, que podem ser comercializados, gerando renda extra e representando uma

parcela da verba destinada aos aterros sanitários, atuando como incentivo para o tratamento mecânico e biológico dos RSU (SILVA et al., 2019).

Apesar disso, o Brasil ainda apresenta uma adesão diminuta ao aproveitamento dos créditos de carbono e do potencial energético dos produtos derivados dos resíduos sólidos, o que contribui para o estancamento do crescimento econômico do país nesse setor. É necessário que haja um maior investimento e incentivo a essas práticas sustentáveis de tratamento dos RSU, de modo a aproveitar todo o seu potencial econômico e ambiental.

5. Compostagem

A compostagem é um procedimento que envolve microrganismos aeróbicos, com a função de decompor a matéria orgânica presente nos resíduos sólidos. Uma das principais vantagens da compostagem é o custo-benefício, pois é um processo de baixo valor de implantação e operação. Além disso, é um método natural e acelerado (MELO; DUARTE, 2018).

O processo de compostagem é natural porque ocorre sozinho e de forma manual dentro de um prazo de três a quatro meses, necessitando apenas da utilização de máquinas em alguns casos. É acelerado porque o processo aeróbico utiliza instrumentos que injetam oxigênio dentro das composteiras. Ao fim da compostagem, obtém-se um composto rico em nutrientes que pode ser usado no cultivo agrícola, como fertilizantes (GONÇALVES et al., 2017).

De acordo com Melo e Duarte (2018) o método de compostagem proporciona um destino sustentável aos resíduos, evitando o acúmulo nos solos e melhorando a qualidade. Isso é um dos mais úteis ao ecossistema, pois promove a redução do volume dos materiais despejados em lixões e aterros. Além disso, a compostagem gera renda, fortalecendo a economia local.

Dessa forma, a compostagem é um método eficaz para gerenciar os resíduos sólidos, pois não apenas reduz o volume dos materiais despejados em lixões e aterros, mas também promove a geração de renda e a melhoria da qualidade do solo.

6. Coleta seletiva

A Lei nº 12.305/2010 define a coleta seletiva como o processo de junção dos resíduos sólidos recicláveis que foram separados conforme sua composição e natureza através do tratamento mecânico. Essa técnica é de extrema importância para a gestão adequada dos resíduos sólidos urbanos (RSU), pois permite que o lixo seja separado diretamente por quem o gerou. No entanto, para que essa técnica seja eficaz, é fundamental a promoção da educação socioambiental e a redução mínima da produção de lixo.

A coleta seletiva possibilita uma maior geração de empregabilidade e, conseqüentemente, uma maior renda para as famílias, o que impacta positivamente na qualidade de vida da população. Essa técnica pode ser classificada em diferentes métodos e modelos de operação, onde o município pode se enquadrar de acordo com a sua realidade e necessidade (MONTE; LINS, 2014).

Existem duas metodologias operacionais: a segregação total na fonte, realizada dentro dos lares brasileiros pelos próprios moradores, e a separação em locais de triagem, que requer galpões disponibilizados pelo governo ou entidades.

Já os modelos de gerenciamento se dividem em três: coleta seletiva porta a porta, coleta seletiva em Postos de Entrega e coleta seletiva por trabalhadores autônomos em vias públicas, estabelecimentos comerciais, indústrias e outros locais, podendo ter ou não a contribuição do poder público e outras organizações (BERNARDO; LIMA, 2017).

A técnica de tratamento dos resíduos sólidos tem várias vantagens que impactam positivamente na melhoria da qualidade do ambiente. Dentre essas vantagens, destacam-se a economia de matérias primas, de energia com o processo de reaproveitamento dos materiais recicláveis e a redução da deposição de resíduos em lixões e aterros.

No entanto, infelizmente, no Brasil, a técnica de coleta seletiva é pouco explorada devido a alguns fatores, como o elevado custo com a logística da coleta e com os materiais necessários para a sua realização, além da variação econômica no mercado de compra de materiais recicláveis, precariedade do funcionamento dos processos envolvidos nesse tipo de tratamento dos resíduos, falta de incentivos fiscais voltados para as cooperativas, sucateiros, recicladores e pesquisadores, além da falta de treinamento para a mão de obra e de educação ambiental para a sociedade (MELLO; GRACIO, 2019).

7. Tratamento térmico

O tratamento térmico é um método comum utilizado na gestão de resíduos sólidos urbanos (RSU), pois pode reduzir significativamente a massa e o volume dos resíduos entre 70% a 90% nos aterros e lixões. Esse processo ocorre em estruturas fechadas, onde há oxidação térmica dos carbonos presentes nos materiais selecionados, em temperaturas entre 600 e 1.100 °C, na presença de oxigênio (MELLO; GRACIO, 2019).

O produto resultante dessa técnica é geralmente transformado em energia renovável. No entanto, é importante destacar que a incineração pode acarretar impactos ambientais negativos, como a produção de gases nocivos à saúde da população e do meio ambiente, como o óxido de nitrogênio, dióxido de nitrogênio, monóxido de carbono, dentre outros (MORSELLI et al., 2008).

No entanto, o tratamento térmico torna-se viável se levado em consideração a rentabilidade gerada, pois apresenta um elevado potencial de geração energética. Isso ocorre porque a conversão do poder calorífico dos materiais em energia auxilia na produção de vapor e aquecimento da água utilizada nas turbinas geradoras de energia elétrica renovável (FERREIRA et al., 2014).

8. Potencial de geração de energia renovável através da utilização do biogás e da incineração dos resíduos sólidos urbanos

À luz da Política Nacional de Resíduos Sólidos e da Política Nacional de Saneamento Básico, foi instituído o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA) a partir da Lei nº 10.483 de 2002, que amplifica os incentivos para a geração de energia renovável a partir das alternativas que utilizam os resíduos sólidos.

A utilização dessas fontes alternativas contribui para melhorias nas operações nos aterros e na gestão dos resíduos sólidos, gerando créditos de carbono que são vendidos a entidades públicas e privadas. Além disso, as energias alternativas ajudam na redução de gases tóxicos que prejudicam a qualidade do ar e da atmosfera, como o metano (SILVA et al., 2019).

No entanto, a participação da energia renovável oriunda dos resíduos sólidos é ainda muito baixa, compreendendo cerca de menos de 0,07% da participação nas matrizes geradoras de energia renovável. Além da combustão, o tratamento térmico dos

resíduos sólidos apresenta outras três formas: a pirólise, a gaseificação e o plasma (SOARES et al., 2017).

A pirólise ocorre no interior de reatores e na ausência de oxigênio, convertendo a matéria orgânica em diferentes subprodutos. O processo é dividido em duas etapas: a zona de secagem, onde a matéria perde a umidade; e a zona pirolítica, na qual acontece volatilização, oxidação e fusão, resultando na produção de gases compostos por nitrogênio (CRUZ et al., 2020).

A zona pirolítica funciona em uma faixa de calor entre 300 e 1.600 °C. Já a gaseificação funciona como um processo de transformação da matéria orgânica, sólida ou líquida, em gás através da oxidação promovida pelo calor em conjunto com um agente de gaseificação (oxigênio, ar ou vapor quente) (PACHECO et al., 2020).

Por último, o processo denominado “plasma” é a oxidação dos resíduos através de um arco elétrico que provoca a ionização do plasma através de temperaturas que variam de 5.000 a 15.000 °C (GOBATO et al., 2015).

Esses processos de queima dos resíduos garantem a diminuição dos impactos ambientais causados pela deposição inadequada e exacerbada de lixo e pela produção de metano. No entanto, ainda há muito no que se investir e aperfeiçoar no que diz respeito às políticas públicas voltadas para o manejo e tratamento dos resíduos sólidos no Brasil.

9. Metodologia

O presente trabalho realizou uma revisão bibliográfica de 14 artigos sobre gerenciamento de resíduos sólidos urbanos, utilizando critérios como definições sobre o tema, objetivos, metodologia, principais resultados e recomendações futuras. Dos artigos analisados, apenas 10 realmente abordaram o tema de gerenciamento de resíduos sólidos urbanos e as técnicas empregadas.

O trabalho utiliza um método qualitativo e explicativo, baseado em um Estudo de Caso que identifica a problemática existente no descarte de resíduos sólidos e propõe uma condição de melhoramento em seu método de execução. Segundo Yin, (1994) “o Estudo de Caso é uma investigação empírica que investiga um fenômeno no seu ambiente natural, quando as fronteiras entre o fenômeno e o contexto não são bem definidas”.

Um estudo de caso pode ser caracterizado como um estudo de uma entidade bem definida, como um programa, uma instituição, um sistema educativo, uma pessoa, ou uma

unidade social. Visa conhecer em profundidade o como e o porquê de uma determinada situação que se supõe ser única em muitos aspectos, procurando descobrir o que há nela de mais essencial e característico (FONSECA, 2002).

O estudo de caso é utilizado porque através dele pode-se conhecer mais detalhadamente o objeto estudado. Minayo (1996) define método qualitativo como aquele capaz de incorporar a questão do significado e da intencionalidade como inerentes aos atos, às relações, e às estruturas sociais, sendo essas últimas tomadas tanto no seu advento quanto na sua transformação, como construções humanas significativas.

O método explicativo tem o objetivo de registrar fatos, analisá-los, interpretá-los e identificar suas causas. Essa prática visa ampliar generalizações, definir leis mais amplas, estruturar e definir modelos teóricos, relacionar hipóteses em uma visão mais unitária do universo ou âmbito produtivo em geral e gerar hipóteses ou ideias por força de dedução lógica (LAKATOS; MARCONI, 2011).

É importante para o entendimento do trabalho ter um método como o explicativo, devido ao seu poder de identificar os fatores que contribuem para a ocorrência dos fenômenos ou variáveis que afetam o processo, que no caso deste estudo de caso são os problemas que serão analisados e explicar o porquê da importância na utilização das técnicas de tratamento apontadas.

Como foi apresentado no início do trabalho, a utilização das técnicas de tratamento é importante para que a sociedade não sofra grandes impactos. O estudo de caso decorreu através da coleta de dados realizada no cotidiano do trabalho, através de análise de dados nacionais, ocorrendo assim o levantamento de opinião a respeito do assunto proposto e, além disso, a experiência do autor, por estar atuando nesta área há algum tempo, auxiliou na percepção da necessidade da utilização das técnicas apontadas, que irão ser explicadas mediante a continuação do assunto.

10. Análise dos resultados

A análise bibliométrica permitiu gerar conhecimento sobre artigos, autores, periódicos e palavras-chave com publicação qualificada sobre o conceito de gerenciamento de resíduos sólidos urbanos e as técnicas de tratamento. Identificou-se que o periódico mais relevante sobre o assunto é da ABRELPE. Não houve um autor que se destacou, uma vez que foram consultados vários periódicos. A palavra-chave mais

repetida foi "Resíduos Sólidos", utilizada pelo autor deste artigo para a investigação na base.

O artigo com 21 citações foi "Mecanismos de Desenvolvimento Limpo". Na análise sistêmica, observou-se que vários autores têm a preocupação com o gerenciamento e o destarte dos resíduos sólidos urbanos, bem como com as técnicas de tratamento mais utilizadas. No entanto, ainda há muito a se pensar e fazer para melhorar esse gerenciamento.

Assim, a pergunta de pesquisa - "Como objetivo geral construir, no pesquisador, o conhecimento sobre a produção científica acerca do tema: a relação da logística reversa e o fluxo de informação" - foi respondida ao longo do trabalho através do método bibliométrico e sistêmico.

As limitações desta pesquisa foram: i) a delimitação do campo amostral, pois foram utilizadas poucas bases de dados; ii) a utilização de trabalhos e da legislação; e iii) a utilização apenas de periódicos, artigos e livros.

Como recomendações para pesquisas futuras, sugere-se: i) a utilização de mais bancos de dados do portal de entidades especializadas no assunto; ii) a consideração de bancos de dados internacionais; e iii) a utilização de outros trabalhos, mais amplos, como teses, dissertações, livros e congressos científicos.

Tendo em vista isso, este trabalho contribui para uma maior compreensão da produção científica sobre a relação da logística reversa e o fluxo de informação, especialmente no que tange ao gerenciamento de resíduos sólidos urbanos e as técnicas de tratamento. O gerenciamento precário dos resíduos sólidos nas cidades tem grande impacto na saúde e no meio ambiente local e global, devido à poluição física dos solos, das águas e das emissões de gases poluentes gerados pela liberação de gases nocivos (REIS et al., 2015). Além dos expressivos gastos econômicos pelo aumento dos custos no manuseio desses resíduos que não foram tratados de forma apropriada desde o início. Se as cidades não gerirem propriamente estes materiais, este será um dos maiores fatores de poluição dos solos e do ar, chegando mesmo a ser o principal gerador de inundações, devido à falta de coleta e disposição inadequada nos solos e nas águas (REIS et al., 2015).

8. Considerações finais

A temática da geração de resíduos sólidos urbanos e o manejo ainda é um tema que requer mais discussão no País, especialmente entre os setores do poder público. As políticas instauradas para resolver os problemas relacionados à destinação inadequada dos resíduos são deficitárias e ineficientes, o que resulta em consequências significativas para a população e para o meio ambiente.

A má administração do gerenciamento, tanto dos resíduos sólidos urbanos quanto do saneamento básico no Brasil, é um problema crônico que afeta negativamente a qualidade de vida da população e o meio ambiente. Dessa forma, é fundamental estudar e explorar novas técnicas de tratamento dos resíduos para amenizar os prejuízos causados pela disposição inadequada de grandes quantidades de lixo nos aterros e áreas similares.

Dentre essas técnicas, destacam-se a compostagem, o tratamento biológico, a coleta seletiva e o tratamento térmico, que podem contribuir para a geração de empregos e renda, além de promover o desenvolvimento mais sustentável para as cidades através do reaproveitamento dos produtos gerados a partir dos resíduos sólidos urbanos.

Essas técnicas podem ajudar a reduzir a quantidade de resíduos que são enviados para os aterros e áreas similares, minimizando assim os impactos ambientais negativos. Além disso, elas podem também gerar renda e empregos, contribuindo para o desenvolvimento econômico e social das cidades.

Referência Bibliográfica

ABRELPE. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2018/2019. 2020.** Disponível em: https://www.migalhas.com.br/arquivos/2020/1/492DD855EA0272_PanoramaAbr elpe_- 2018_2019.pdf. Acesso em: 02 jun. 2022.

ALVES, L. A. *et al.* Resíduos eletroeletrônicos: considerações sobre a logística reversa e sobre a Política Nacional de Resíduos Sólidos. **Boletim de Geografia**, v. 34, n. 3, p. 16-29, 2016.

BERNARDO, M.; LIMA, R. S. Planejamento e implantação de um programa de coleta seletiva: utilização de um sistema de informação geográfica na elaboração das rotas. **urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v. 9, p. 385-395, 2017.

BRASIL. **Lei nº 11.445, de 05 de janeiro de 2007.** Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico. Diário Oficial da União. Brasil - DF, 2007. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato20072010/2007/lei/l11445.htm. Acesso em: 04 jun. 2022.

BRASIL. **Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010.** Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Diário Oficial da União. Brasília - DF, 2010. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm. Acesso em: 04 jun. 2022.

CRISPIM, D. L. *et al.* Impactos ambientais decorrentes do uso e ocupação desordenada do espaço urbano: um estudo de caso da cidade de Baixio/CE. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, [S. l.], v. 9, n. 4, p. 44-49, 2014.

CRUZ, R. *et al.* Otimização do processo de lixiviação alcalina de cinzas de casca de arroz para obtenção de silicato de sódio. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 9, p. 846-858, 2020.

FERREIRA, A. C. *et al.* Numerical study of regenerator configuration in the design of a stirling engine. *In: ASME International Mechanical Engineering Congress and Exposition*. American Society of Mechanical Engineers, 2014. p. V06AT07A021.

FERREIRA, P. S. F. *et al.* Avaliação preliminar dos efeitos da ineficiência dos serviços de saneamento na saúde pública brasileira. **Revista Internacional de Ciências**, v. 6, n. 2, p. 214-229, 2016.

FONSECA, J. J. S. **Metodologia da pesquisa científica.** Fortaleza: UEC, 2002.

- GOBATO, R.; GOBATO, D. F.; GOBATO, A. LOT-G3: Plasma Lamp, Ozonator and CW Transmitter. **arXiv preprint arXiv:1505.05221**, 2015.
- GOMES, P. N. *et al.* Uma aplicação do índice de qualidade do aterro (IQR) na área de disposição dos resíduos sólidos urbanos do município de Corrente-PI. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 9, n. 1, p. 445-459, 2020.
- GONÇALVES, C. S. Análise da compostagem de lodo de tratamento de efluentes da indústria de pescado com diferentes materiais estruturantes, p. 1326-1335. In: IX Simpósio Brasileiro de Engenharia Ambiental, XV Encontro Nacional de Estudantes de Engenharia Ambiental e III Fórum Latino Americano de Engenharia e Sustentabilidade. **Anais...** São Paulo: Blucher, 2017.
- GUERI, M. V. D.; SOUZA, S. N. M.; KUCZMAN, O. Parâmetros operacionais do processo de digestão anaeróbia de resíduos alimentares: uma revisão. **BIOFIX Scientific Journal**, v. 3, n. 1, p. 17-25, 2018.
- LOPES, G. A. B.; LOPES, R. L. A gestão dos resíduos sólidos urbanos do município de Parnamirim-RN. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 7, n. 2, p. 22-43, 2018.
- MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos da metodologia científica**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2009.
- MELO, C. X.; DUARTE, S. T. Análise da compostagem como técnica sustentável no gerenciamento dos resíduos sólidos. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 5, n. 10, p. 691-710, 2018.
- MELLO, F. S.; Gracio, H. R. A implantação da política pública para os resíduos sólidos urbanos recicláveis: o Coleta Palmas. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 6, n. 14, p. 931-943, 2019.
- MINAYO, M. C. S. **O Desafio do Conhecimento**: pesquisa qualitativa em saúde. São Paulo/Rio de Janeiro: Hucitec/Abrasco, 1996.
- DO MONTE, P. A.; LINS, J. G. M. G. Determinantes da formalidade ocupacional segundo a abordagem da segmentação do mercado de trabalho. **Revista de Economia**, v. 40, n. 3, 2014.
- MORSELLI, L. *et al.* Environmental impacts of waste incineration in a regional system (Emilia Romagna, Italy) evaluated from a life cycle perspective. **Journal of Hazardous Materials**, v. 159, n. 2-3, p. 505-511, 2008.

OLIVEIRA, T. B.; GALVÃO JUNIOR, A. C. Planejamento municipal na gestão dos resíduos sólidos urbanos e na organização da coleta seletiva. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 21, p. 55-64, 2016.

PACHECO, G. J. *et al.* Estudo de caso: investigação de tecnologia para o aproveitamento energético a partir do lixo: usina gaseificadora modular (UGM). **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 9, p. 599-615, 2020.

PEREIRA, L. D.; TREVISAN, A. B.; SEZERINO, P. H. Arquétipo de governança para sistema de esgotamento sanitário adequado. **Revista DAE**, v. 71, n. 241, p. 112-120, 2023

REIS, M. F.; CONTI, D.; CORRÊA, R. M. Solid waste management: Challenges and opportunities for the city of São Paulo. **Journal on Innovation and Sustainability RISUS**, v. 6, n. 3, p. 77-96, 2015.

SILVA ALVES, K. M.; ALVES, A. E. L.; SILVA, F. M. Poluição do ar e saúde nos principais centros comerciais da cidade de Natal/RN. **Holos**, v. 4, p. 81-95, 2009.

SILVA, E. R.; TONELI, J. T. C. L.; PALACIOS-BERECHÉ, R. Estimativa do potencial de recuperação energética de resíduos sólidos urbanos usando modelos matemáticos de biodigestão anaeróbia e incineração. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 24, p. 347-357, 2019.

SOARES, F. R.; MIYAMARU, E. S.; MARTINS, G. Desempenho ambiental da destinação e do tratamento de resíduos sólidos urbanos com reaproveitamento energético por meio da avaliação do ciclo de vida na Central de Tratamento de Resíduos-Caieiras. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 22, p. 993-1003, 2017.

SOARES, R. V.; LOPES, J. M. Resíduos sólidos urbanos: viabilidade técnica do processo produtivo do biometano. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 6, n. 12, p. 209-216, 2019.

ZAGO, V. C. P.; BARROS, R. T. V. Gestão dos resíduos sólidos orgânicos urbanos no Brasil: do ordenamento jurídico à realidade. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 24, p. 219-228, 2019.

Capítulo 6

GEOTECNOLOGIAS E CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE: ESTRATÉGIAS DE MONITORAMENTO E PRESERVAÇÃO

Thiago Fernandes da Silva

Felipe Covolam Ferro

Carla Santos Acruz

Maria Gabriela do Nascimento

Carla Michelle da Silva

Antônio Veimar da Silva

1. Introdução

As geotecnologias, tais como sistemas de informação geográfica (SIG) e sensoriamento remoto, têm se destacado como ferramentas essenciais no planejamento e gestão ambiental (LEITE; AMORIM, 2021). Tais tecnologias fornecem informações valiosas sobre a dinâmica e as transformações dos ecossistemas, permitindo um monitoramento mais eficiente da biodiversidade e dos recursos naturais. A utilização de geotecnologias, como sistemas de informação geográfica (SIG) e sensoriamento remoto, otimiza a diagnose e o monitoramento ambiental, possibilitando a identificação de áreas prioritárias para a conservação (DIAS et al., 2020).

Isso é relevante já que a biodiversidade é um recurso natural essencial para o bem-estar humano e o equilíbrio ecológico. No entanto, a perda de habitats naturais, a fragmentação de ecossistemas e a sobre-exploração de recursos naturais ameaçam a sobrevivência de muitas espécies. Nesse contexto, as geotecnologias têm se mostrado ferramentas valiosas para a compreensão da dinâmica dos ecossistemas e o estabelecimento de estratégias de conservação da biodiversidade (LEITE; AMORIM, 2021).

Diversos estudos têm demonstrado a aplicabilidade das geotecnologias na análise de vulnerabilidades ambientais e sociais (SILVA; COSTA, 2023), na determinação de áreas prioritárias para a conservação e na implementação de corredores de biodiversidade (DIAS et al., 2020; OLIVEIRA et al., 2015). Tais tecnologias permitem a coleta, análise e integração de dados espaciais, contribuindo para uma gestão mais eficiente dos recursos naturais.

Tendo em vista isso, esse artigo tem como objetivo analisar o papel das geotecnologias na conservação da biodiversidade, abordando suas principais aplicações e estratégias. Para elaboração desse manuscrito, foi realizado um levantamento bibliográfico em bases de dados científicas, como Scielo, Scopus e Web of Science, utilizando palavras-chave como "geotecnologias", "biodiversidade", "conservação" e "monitoramento"

2. Conservação da biodiversidade

A biodiversidade é um recurso natural essencial para o bem-estar humano e o equilíbrio ecológico. Ela é composta por uma variedade de espécies, ecossistemas e habitats que interagem entre si e com o ambiente natural (DUDU et al., 2015). A perda de biodiversidade pode ter consequências graves para a humanidade, incluindo a perda de espécies úteis, a redução da produtividade agrícola e a diminuição da capacidade de adaptação ao clima (ADEBAYO, 2019).

Nesse sentido, a conservação da biodiversidade é fundamental para a manutenção dos serviços ecossistêmicos, como a polinização, a regulação do clima e a proteção contra desastres naturais (DAINESE et al., 2019). Além disso, a biodiversidade também é crucial para a manutenção da saúde dos ecossistemas, pois permite que as espécies se adaptem e evoluam em resposta às mudanças ambientais (MAES et al., 2014).

A redução da biodiversidade é um problema global que afeta todos os ecossistemas. A fragmentação de habitats, a sobre-exploração de recursos naturais e a mudança climática são algumas das principais causas da perda de biodiversidade (HOOPER et al., 2012). Diante disso, sua conservação exige a proteção e restauração de habitats naturais, a redução da pressão sobre os ecossistemas e a gestão sustentável dos recursos naturais (GONÇALVES-SOUZA et al., 2020).

Essa conservação é importante para a segurança alimentar e saúde humana, pois as plantas e animais que compõem a biodiversidade são fontes de alimentos, medicamentos e outros produtos essenciais para a humanidade. A falta dessa conservação pode levar à perda de espécies úteis e à redução da produtividade agrícola, afetando diretamente a segurança alimentar (DUDU et al., 2015).

A biodiversidade também é indispensável para a estabilidade climática, pois ecossistemas naturais ajudam a regulação do clima, absorvendo e armazenando carbono, e protegendo contra desastres naturais (DINIZ; DINIZ, 2018). Caso não haja cuidado com a conservação, a redução da biodiversidade pode levar a desequilíbrios nos ciclos naturais, com consequências negativas para o clima global (DUDU et al., 2015; ALHO, 2012).

Em resumo, a conservação da biodiversidade é fundamental para o bem-estar humano e o equilíbrio ecológico. Ela é imprescindível para a manutenção dos serviços ecossistêmicos, a segurança alimentar, a estabilidade climática e a saúde humana. Diante disso, é necessário que sejam tomadas medidas eficazes para proteger e restaurar os habitats naturais, reduzir a pressão sobre os ecossistemas e gerenciar os recursos naturais de forma sustentável.

3. Conceito e importância das geotecnologias

As geotecnologias são um conjunto de tecnologias que se baseiam na aplicação de conhecimentos geológicos, geofísicos e de sensoriamento remoto para a análise e gestão de recursos naturais (Figura 1) (ZANARDO et al., 2016). Elas permitem a coleta, processamento e análise de informações espaciais com alta precisão, possibilitando a identificação de áreas prioritárias para a conservação. Essas tecnologias têm sido utilizadas em uma ampla gama de aplicações, desde a prospecção de recursos naturais até a gestão de riscos ambientais (BARBOSA; FONSECA, 2017).



Figura 1. Exemplos de geotecnologias.
Fonte: elaborado pelos autores.

As geotecnologias também desempenham um papel fundamental na conservação da biodiversidade. Elas permitem a monitoração de mudanças nos ecossistemas e a detecção de áreas críticas para a conservação. Também podem ser utilizadas para desenvolver planos de conservação eficazes e monitorar a eficácia desses planos (DIAS et al., 2020).

Elas ainda apresentam um papel importante na gestão de riscos ambientais, pois permitem a detecção precoce de desastres naturais e a monitoração de mudanças nos ecossistemas, o que ajuda a reduzir os danos e a perda de vidas. Podem também ser utilizadas para desenvolver planos de gestão de riscos que sejam eficazes e sustentáveis (MOURA; SILVA, 2008).

A importância das geotecnologias reside em sua capacidade de fornecer informações precisas e atualizadas sobre o ambiente natural. Isso permite que os gestores de recursos naturais tomem decisões informadas e eficazes para a gestão sustentável dos recursos (LEITE; AMORIM, 2021). Além disso, permitem a detecção precoce de desastres naturais, o que ajuda a reduzir os danos e a perda de vidas (SILVA; COSTA, 2023)

Em resumo, as geotecnologias são um conjunto de tecnologias que se baseiam na aplicação de conhecimentos geológicos, geofísicos e de sensoriamento remoto para a análise e gestão de recursos naturais. Essas tecnologias têm sido utilizadas em uma ampla gama de aplicações e desempenham um papel fundamental na conservação e monitoramento da biodiversidade.

4. Geotecnologias para monitoramento da biodiversidade

As geotecnologias oferecem uma série de ferramentas que podem ser utilizadas para o monitoramento da biodiversidade. O uso de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) e sensoriamento remoto permite a coleta, armazenamento, análise e visualização de dados espaciais sobre a biodiversidade. Esses dados podem incluir informações sobre a distribuição de espécies, a integridade dos ecossistemas, a presença de espécies indicadoras e a ocorrência de ameaças à biodiversidade (SILVA; COSTA, 2023).

Por exemplo, o sensoriamento remoto pode ser utilizado para mapear a cobertura e o uso do solo, identificar fragmentação de habitats e monitorar mudanças na vegetação (DIAS et al., 2020). Enquanto os SIGs permitem integrar e analisar esses dados espaciais, possibilitando a identificação de áreas prioritárias para a conservação e o planejamento de ações de manejo (LEITE; AMORIM, 2021).

Essas ferramentas também podem ser usadas para monitorar ameaças à biodiversidade, como a conversão de habitats naturais, a proliferação de espécies invasoras e os impactos das mudanças climáticas (DIAS et al., 2020). A combinação de dados de sensoriamento remoto e SIGs permite a criação de modelos preditivos que ajudam a antecipar e mitigar esses riscos.

Além disso, as geotecnologias possibilitam o engajamento da comunidade local no monitoramento da biodiversidade, por meio de coleta de dados in situ e mapeamento colaborativo (SILVA; COSTA, 2023). Isso incentiva as populações locais a participar ativamente da conservação, aumentando a relevância e o impacto dos esforços de monitoramento (LEITE; AMORIM, 2021).

Em suma, as geotecnologias oferecem uma ampla gama de ferramentas que podem ser aplicadas de forma integrada para o monitoramento abrangente e eficaz da biodiversidade. Ao combinar dados de diversas fontes, como imagens de satélite, sensores in situ e registros de campo, é possível obter informações precisas e atualizadas sobre o estado da biodiversidade, subsidiando a tomada de decisões e a implementação de ações de conservação.

5. Geotecnologias para preservação da biodiversidade

Além do monitoramento, as geotecnologias também desempenham um papel crucial na preservação da biodiversidade. Elas permitem a identificação de áreas

prioritárias para conservação, com base em análises de vulnerabilidade ambiental e social.

Usando técnicas de geoprocessamento, é possível integrar dados sobre a distribuição de espécies, a integridade de ecossistemas, a presença de ameaças e a vulnerabilidade de populações humanas. Essa análise integrada permite priorizar regiões com alta biodiversidade e baixa resiliência, onde os esforços de conservação serão mais eficazes (LEITE; AMORIM, 2021).

As geotecnologias também apoiam o planejamento e a implementação de Unidades de Conservação, áreas protegidas legalmente destinadas à preservação da natureza. Através de Sistemas de Informações Geográficas, é possível delimitar e mapear essas áreas, bem como monitorar sua integridade e avaliar os impactos das ações de manejo (KERRY et al., 2022). Além disso, as ferramentas geotecnológicas auxiliam na definição de corredores ecológicos, que conectam fragmentos de habitats e facilitam o fluxo gênico entre populações isoladas (SILVA; COSTA, 2023).

Estudos demonstram que a utilização das geotecnologias na análise de vulnerabilidades ambientais e sociais é fundamental para o desenvolvimento de políticas públicas eficazes. Ao identificar áreas críticas e propor ações de conservação e restauração, as geotecnologias contribuem para a preservação da biodiversidade.

Nesse contexto, as ferramentas geoespaciais, como os Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) e o sensoriamento remoto, têm sido amplamente utilizadas na gestão de Unidades de Conservação e no planejamento de estratégias de conservação da biodiversidade (DIAS et al., 2020). Ao reunir as informações de múltiplas fontes, as geotecnologias permitem uma compreensão mais real da dinâmica dos ecossistemas, subsidiando a tomada de decisões informadas (OLIVEIRA et al., 2015).

6. Benefícios e desafios da utilização de geotecnologias na conservação da biodiversidade

O uso das geotecnologias na conservação da biodiversidade oferece diversos benefícios, como a geração de informações precisas e atualizadas sobre a situação da biodiversidade, a identificação de áreas que precisam de maior cuidado, o monitoramento de ameaças e a avaliação da eficácia de ações de manejo (SILVA; COSTA, 2023). Esses

recursos permitem que os gestores de recursos naturais tomem decisões mais informadas e eficazes, aumentando as chances de sucesso das estratégias de conservação.

Entretanto, a aplicação das geotecnologias também enfrenta alguns desafios, como a necessidade de capacitação técnica, a disponibilidade de dados atualizados e a integração de informações provenientes de diferentes fontes. Além disso, é crucial que os produtos gerados pelas geotecnologias sejam acessíveis e compreensíveis para os diversos atores envolvidos na conservação, incluindo gestores públicos, comunidades locais e o público em geral (SILVA; COSTA, 2023).

Nesse sentido, iniciativas de ciência cidadã e interação da comunidade são fundamentais, pois permitem que a coleta e o monitoramento de dados sobre biodiversidade sejam realizados de forma participativa, fortalecendo o vínculo entre a sociedade e a conservação ambiental. Ao integrar o conhecimento científico e o conhecimento tradicional, as geotecnologias podem se tornar ferramentas ainda mais poderosas para a preservação da biodiversidade (LEITE; AMORIM, 2021).

Portanto, a aplicação efetiva das geotecnologias na conservação da biodiversidade requer uma abordagem interdisciplinar, que envolva o uso integrado de diferentes ferramentas, a capacitação de profissionais, a democratização do acesso aos dados e a participação da sociedade (DIAS et al., 2020). Somente dessa forma, será possível garantir que a riqueza da biodiversidade seja preservada para as gerações futuras.

7. Considerações finais

Em resumo, a conservação da biodiversidade é um desafio global que requer a integração de tecnologias e estratégias eficazes. As geotecnologias, que incluem técnicas de sensoriamento remoto, geofísica e geologia, têm sido utilizadas com sucesso na monitoração e preservação da biodiversidade. Essas tecnologias permitem a coleta de dados precisos sobre os ecossistemas, ajudando a identificar áreas críticas para a conservação e a monitorar mudanças nos habitats naturais.

A importância da conservação da biodiversidade é fundamental para o bem-estar humano e o equilíbrio ecológico. Ela é indispensável para a manutenção dos serviços ecossistêmicos, a segurança alimentar, a estabilidade climática e a saúde humana. A perda de biodiversidade pode levar à perda de espécies úteis, a redução da produtividade agrícola e a diminuição da capacidade de adaptação ao clima.

Assim, a conservação da biodiversidade é um desafio que requer a cooperação entre governos, organizações não governamentais e indivíduos. É necessário que sejam tomadas medidas eficazes para proteger e restaurar os habitats naturais, reduzir a pressão sobre os ecossistemas e gerenciar os recursos naturais de forma sustentável. As geotecnologias podem ser uma ferramenta poderosa para a conservação da biodiversidade, mas é fundamental que sejam utilizadas de forma responsável e integradas com políticas e estratégias de conservação.

Referências Bibliográficas

- ADEBAYO, O. Loss of biodiversity: the burgeoning threat to human health. **Annals of Ibadan postgraduate medicine**, v. 17, n. 1, p. 5-7, 2019.
- ALHO, C. JR. Importância da biodiversidade para a saúde humana: uma perspectiva ecológica. **Estudos avançados**, v. 26, p. 151-166, 2012.
- BARBOSA, G. D.; FONSECA, M. H. Sistemas de Informação Geográfica (SIG) como ferramenta de apoio para a gestão de projetos ambientais. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 4, n. 7, p. 127-135, 2017.
- DAINESE, M. et al. A global synthesis reveals biodiversity-mediated benefits for crop production. **Science advances**, v. 5, n. 10, p. eaax0121, 2019.
- DIAS, N. O.; MARTINS, F. C. M.; BARROS, K. D. O. Geotecnologia aplicada à diagnose ambiental: Reserva Biológica de Pinheiro Grosso, Barbacena – MG. **EDUFU**, n. 32, p. 126-140, 2020.
- DINIZ, M. B.; DINIZ, M. J. T. Exploração dos recursos da biodiversidade da Amazônia Legal: uma avaliação com base na abordagem do Sistema Nacional/Regional de Inovação. **Redes. Revista do Desenvolvimento Regional**, v. 23, n. 2, p. 210-237, 2018.
- DUDU, A.; GEORGESCU, S. E.; COSTACHE, M. Evaluation of genetic diversity in fish using molecular markers. **Molecular approaches to genetic diversity**, p. 165-193, 2015.
- GONÇALVES-SOUZA, D.; VERBURG, P. H.; DOBROVOLSKI, R. Habitat loss, extinction predictability and conservation efforts in the terrestrial ecoregions. **Biological Conservation**, v. 246, p. 108579, 2020.
- HOOPEL, D. U. et al. A global synthesis reveals biodiversity loss as a major driver of ecosystem change. **Nature**, v. 486, n. 7401, p. 105-108, 2012.
- KERRY, R. G. et al. An overview of remote monitoring methods in biodiversity conservation. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 29, n. 53, p. 80179-80221, 2022.
- LEITE, E. D. S.; AMORIM, R. J. R. Geotechnologies and Artificial Intelligence as a Tool of Riparian Forest Management. **AI Publications**, v. 8, n. 6, p. 392-400, 2021.
- MAES, J. et al. More green infrastructure is required to maintain ecosystem services under current trends in land-use change in Europe. **Landscape ecology**, v. 30, p. 517-534, 2015.
- MOURA, R.; SILVA, L. A. D. A. E. Desastres naturais ou negligência humana? **Revista Geografar**, v.3, n.1, p.58-72, 2008.

OLIVEIRA, A. P. G. et al. Uso de geotecnologias para o estabelecimento de áreas para corredores de biodiversidade. **Revista árvore**, v. 39, p. 595-602, 2015.

SILVA, J. L. B.; COSTA, F. R. Aplicabilidade das geotecnologias na análise de vulnerabilidades ambientais e sociais. **Revista da Casa da Geografia de Sobral (RCGS)**, v. 24, n. 2, p. 389-407, 2022.

ZANARDO, F. H. et al. Geotechnology application for data acquisition for agricultural and environmental management of the municipality of Vitória Brazil-SP. **Engenharia Agrícola**, v. 36, p. 684-695, 2016.

Capítulo 7

IMPACTOS DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS NA PRODUÇÃO DE ALIMENTOS

Rose Alves de Oliveira

Bruno Antônio Lemos de Freitas

Andreza Lima Cunha

Aline Daniele da Cunha Lima

Alex Santos de Deus

Patrícia Cândido da Silva

Carla Michelle da Silva

Antônio Veimar da Silva

1. Introdução

A produção de alimentos é um dos setores mais importantes da economia global, no entanto, as mudanças climáticas estão afetando de maneira significativa a sua sustentabilidade. As alterações nos padrões de temperatura e precipitação estão afetando a produtividade, a biodiversidade, a gestão de riscos agrícolas e a disponibilidade de recursos naturais essenciais para a agricultura (MAGALHÃES et al., 2021). Esses impactos podem levar a uma redução na disponibilidade de alimentos, aumentar os custos de produção e comprometer a segurança alimentar a longo prazo (FAROOQ et al., 2022).

Agricultura é um setor que está diretamente relacionado às mudanças climáticas, pois as alterações nos padrões de temperatura e precipitação afetam a produtividade agrícola e a disponibilidade de recursos naturais essenciais para a agricultura. As mudanças climáticas também podem afetar a biodiversidade agrícola, reduzindo a variedade de espécies agrícolas e aumentando a vulnerabilidade das culturas às pragas e doenças (ASSAD et al., 2019).

Nesse sentido, é importante que os agricultores, os governos e as organizações internacionais trabalhem juntos para minimizar os impactos das mudanças climáticas na

produção de alimentos. Isso pode incluir a inserção de práticas de manejo sustentáveis, investimento em pesquisa e desenvolvimento de tecnologias agrícolas resilientes às mudanças climáticas e implementação de políticas públicas para apoiar os agricultores e a distribuição de alimentos em áreas afetadas pelas mudanças climáticas (SINCLAIR et al., 2017).

Nesse capítulo, serão discutidos os impactos das mudanças climáticas na produção de alimentos, incluindo a redução na produtividade agrícola, a perda de biodiversidade agrícola, a gestão de riscos agrícolas e a disponibilidade de recursos naturais essenciais para a agricultura. Além disso, serão também abordadas as estratégias para minimizar esses impactos e garantir a produção de alimentos a longo prazo.

Diante disso, objetivou-se com esse trabalho identificar como as mudanças climáticas podem modificar o desenvolvimento agropecuário brasileiro, afetando a produção de alimentos. Nesse contexto, o presente artigo pretende fornecer uma visão geral de como as mudanças climáticas estão afetando a produção de alimentos e como pode se mitigar esses impactos. Para isso, foi realizada uma revisão da literatura sobre o tema, com base em diferentes fontes científicas, a fim de fornecer uma visão abrangente sobre a temática abordada.

2. Efeitos das mudanças climáticas na produtividade agrícola

As mudanças climáticas têm sido um tema de crescente preocupação nos últimos anos, e a agricultura não está imune a essas alterações. A produtividade agrícola é afetada de maneira significativa pelas mudanças climáticas, que alteram os padrões de temperatura e precipitação, afetando a disponibilidade de água e nutrientes para as plantas (MARTINS et al., 2019).

Uma das principais consequências das mudanças climáticas é a alteração nos padrões de temperatura. Aumentos na temperatura global podem levar a uma redução na produtividade agrícola, pois muitas culturas são sensíveis a temperaturas elevadas (JU et al., 2011). Além disso, a mudança nos padrões de temperatura pode também afetar a distribuição de pragas e doenças, tornando mais difícil a gestão desses problemas para os agricultores (GOUVÊA et al., 2009).

Outro efeito significativo das mudanças climáticas é a alteração nos padrões de precipitação. Aumentos nos níveis de precipitação podem levar a uma redução na

disponibilidade de água para as plantas, enquanto a falta de precipitação pode levar a uma seca que afete a produtividade agrícola (MAGALHÃES et al., 2021). Essa alteração nos padrões de precipitação também pode afetar a disponibilidade de nutrientes para as plantas, tornando mais difícil a gestão da fertilidade do solo (SANTOS et al., 2012).

Modificações na temperatura e precipitação podem interferir ainda na distribuição de espécies agrícolas. Muitas culturas são adaptadas a determinados padrões de temperatura e precipitação, e a alteração desses padrões pode tornar mais difícil a produção dessas culturas (KURUKULASURIYA; ROSENTHAL, 2013). Também pode afetar a biodiversidade agrícola, reduzindo a variedade de espécies agrícolas disponíveis (LIMA et al., 2022).

Para minimizar os efeitos das mudanças climáticas na produtividade agrícola, é necessário implementar estratégias de adaptação e mitigação. Isso pode incluir a escolha de culturas mais resistentes às mudanças climáticas, a implementação de práticas de conservação do solo e a gestão eficiente da água (MAGALHÃES et al., 2021).

Além disso, é fundamental que os agricultores sejam capacitados para lidar com as mudanças climáticas. Isso pode incluir a formação em técnicas de gestão de riscos agrícolas e a implementação de sistemas de monitoramento para detectar mudanças nos padrões de temperatura e precipitação (SENYOLO et al., 2018).

3. Impactos das mudanças climáticas na distribuição de pragas e doenças

As mudanças climáticas têm sido associadas a alterações significativas na distribuição de pragas e doenças que afetam as culturas agrícolas. Essas alterações podem ter consequências graves para a produção de alimentos, pois as pragas e doenças podem reduzir a produtividade agrícola e aumentar os custos de produção (BORDIN et al., 2016).

Além disso, as modificações no clima podem levar a uma mudança nos padrões de temperatura e precipitação, o que pode afetar a abundância de pragas e doenças. Por exemplo, um aumento na temperatura pode levar a uma expansão da população de pragas, enquanto uma falta de precipitação pode levar a uma redução na abundância de doenças (KOCMÁNKOVÁ et al., 2009).

As mudanças climáticas podem tornar mais difícil a gestão de pragas e doenças, pois os agricultores podem precisar adaptar suas práticas de manejo para lidar com as novas distribuições e abundâncias de pragas e doenças (SHARMA; PRABHAKAR, 2014).

Para minimizar esses efeitos negativos, é necessário implementar estratégias de adaptação e mitigação. Isso pode incluir a escolha de culturas mais resistentes às pragas e doenças, a implementação de práticas de manejo integrado de pragas e doenças e a gestão eficiente da água (ASSAD et al., 2019).

Além disso, é fundamental que os agricultores sejam capacitados para lidar com as mudanças climáticas. Isso pode incluir a formação em técnicas de gestão de riscos agrícolas e a implementação de sistemas de monitoramento para detectar mudanças nos padrões de distribuição e abundância de pragas e doenças (SENYOLO et al., 2018).

4. Efeitos das mudanças climáticas na biodiversidade agrícola

As mudanças climáticas têm sido identificadas como uma das principais ameaças à biodiversidade agrícola em todo o mundo. A biodiversidade agrícola é fundamental para a segurança alimentar e a sustentabilidade da agricultura, pois ela fornece uma ampla gama de serviços ecossistêmicos, como polinização, controle biológico de pragas e doenças, e manutenção da fertilidade do solo (MUÑOZ et al., 2022).

As mudanças climáticas podem afetar a biodiversidade agrícola de várias maneiras. Em primeiro lugar, as alterações nos padrões de temperatura e precipitação podem levar a uma redução na adequação de determinadas espécies agrícolas a seus ambientes, resultando em uma diminuição de sua abundância e até mesmo em sua extinção local (ASSAD et al., 2019; BITTENCOURT, 2009). Isso pode levar a uma perda de diversidade genética e reduzir a capacidade da agricultura de se adaptar a futuras mudanças climáticas.

Além disso, as mudanças climáticas podem afetar a interação entre espécies agrícolas e outros organismos, como polinizadores e inimigos naturais de pragas. Essas alterações nas interações ecológicas podem levar a uma redução na produtividade agrícola e na prestação de serviços ecossistêmicos essenciais (MAGALHÃES et al., 2021).

Para mitigar os efeitos das mudanças climáticas na biodiversidade agrícola, é necessário implementar estratégias de conservação e manejo sustentável da diversidade biológica. Isso pode incluir a preservação de variedades locais de culturas e raças de animais, a implementação de práticas agrícolas que favoreçam a diversidade de espécies (como a rotação de culturas e o uso de cobertura vegetal), e o investimento em pesquisa e

inovação para desenvolver culturas e práticas agrícolas mais resilientes às mudanças climáticas (MUÑOZ et al., 2022).

Além disso, é fundamental que os agricultores e as comunidades locais sejam envolvidos no processo de conservação da biodiversidade agrícola, a fim de garantir que as estratégias adotadas sejam eficazes e adequadas às realidades locais.

Dessa forma, as mudanças climáticas representam uma ameaça significativa à biodiversidade agrícola, com consequências potencialmente graves para a segurança alimentar e a sustentabilidade da agricultura. É crucial que sejam implementadas estratégias de conservação e manejo sustentável da diversidade biológica para mitigar esses efeitos e garantir a resiliência da agricultura às mudanças climáticas.

5. Impactos das mudanças climáticas na segurança alimentar

As mudanças climáticas é uma das principais ameaças à segurança alimentar global, pois afetam a produção, a distribuição e o acesso aos alimentos de diversas maneiras.

Um dos principais impactos da modificação do clima na segurança alimentar é a redução da produtividade agrícola, conforme já foi descrito em tópico anterior, ocasionando quedas significativas na produção de alimentos, especialmente em regiões já vulneráveis à insegurança alimentar (BITTENCOURT, 2009). Isso resulta em escassez de alimentos e aumento dos preços, tornando-os inacessíveis para populações mais pobres.

Além disso, também podem afetar a distribuição e o acesso aos alimentos. A alteração nos padrões de produção agrícola pode levar a mudanças nas cadeias de suprimento, dificultando o acesso a alimentos em determinadas regiões (MAGALHÃES et al., 2021). Desastres naturais relacionados às mudanças climáticas, como enchentes e secas, também podem impactar a infraestrutura de transporte e armazenamento, interrompendo o abastecimento de alimentos (HESLIN et al., 2020).

As mudanças climáticas também podem ter implicações na qualidade e no valor nutricional dos alimentos. O aumento da concentração de dióxido de carbono, por exemplo, pode reduzir os teores de proteínas e micronutrientes em alguns cultivos, comprometendo a segurança alimentar e nutricional (SOARES et al., 2019).

Para enfrentar esses desafios, é necessário adotar uma abordagem multifacetada que inclua medidas de adaptação e mitigação das mudanças climáticas. Isso envolve o

desenvolvimento de sistemas agrícolas mais resilientes, a diversificação de culturas e a adoção de práticas de manejo sustentável dos recursos naturais (ASSAD et al., 2019). Além disso, é crucial investir em infraestrutura e logística para garantir a distribuição e o acesso equitativo aos alimentos, especialmente em regiões vulneráveis (PITTELKOW et al., 2014).

Dessa forma, as mudanças climáticas representam uma ameaça significativa à segurança alimentar global, afetando a produção, a distribuição e a qualidade dos alimentos. É essencial que sejam adotadas medidas de adaptação e mitigação para aumentar a resiliência dos sistemas alimentares e garantir o acesso a alimentos saudáveis e nutritivos para todas as populações.

6. Efeitos das mudanças climáticas na gestão de riscos agrícolas

As modificações climáticas representam um desafio significativo para os sistemas agrícolas, com impactos em vários aspectos, desde a produtividade das culturas até a segurança alimentar e a biodiversidade (BRAUN, 2020). Uma das principais preocupações é como essas mudanças afetam a gestão de riscos na agricultura (ASSAD et al., 2019).

Primeiramente, as alterações nos padrões de temperatura e precipitação podem levar a um aumento na frequência e intensidade de eventos climáticos extremos, como secas, inundações e ondas de calor (MAGALHÃES et al., 2021). Esses eventos podem causar danos diretos às culturas, reduzindo a produtividade e aumentando os riscos de perdas para os agricultores (OLABANJI et al., 2020). Além disso, podem afetar a incidência e a distribuição de pragas e doenças, exigindo novas estratégias de manejo e controle por parte dos produtores.

Para lidar com esses desafios, é necessário que os sistemas agrícolas se tornem mais resilientes e adaptáveis às mudanças climáticas. Isso envolve a adoção de práticas de manejo de solo e água mais sustentáveis, o uso de variedades de culturas e raças de animais mais tolerantes a estresses ambientais, e o investimento em sistemas de alerta precoce e monitoramento climático (GUPTA, 2010).

Além disso, instrumentos de gestão de riscos, como seguros agrícolas e sistemas de previdência social, desempenham um papel crucial na mitigação dos impactos das mudanças climáticas na agricultura. Esses instrumentos podem ajudar os agricultores a

se proteger contra perdas e a se adaptar às novas condições climáticas (VERMEULEN et al., 2012)

Com isso, as mudanças climáticas representam uma ameaça significativa à gestão de riscos na agricultura, exigindo a adoção de estratégias de adaptação e mitigação abrangentes. É fundamental que os sistemas agrícolas se tornem mais resilientes e que os instrumentos de gestão de riscos sejam fortalecidos para garantir a sustentabilidade e a segurança alimentar a longo prazo (OLABANJI et al., 2020).

7. Considerações finais

As mudanças climáticas estão afetando a produção de alimentos de maneira significativa, com consequências graves para a segurança alimentar e a sustentabilidade agrícola. Essas mudanças estão afetando a produtividade agrícola, a biodiversidade agrícola, a gestão de riscos agrícolas e a disponibilidade de recursos naturais essenciais para a agricultura.

A perda de biodiversidade agrícola é um dos principais impactos das mudanças climáticas, levando a uma redução na variedade de espécies agrícolas e na resiliência das culturas. Além disso, a degradação do solo e a escassez de água também são consequências significativas das mudanças climáticas, comprometendo a produtividade agrícola a longo prazo.

Para minimizar esses impactos, é necessário adotar práticas de manejo sustentáveis, como a adoção de sistemas de produção diversificados, a implementação de técnicas de conservação do solo e da água, e a redução do uso de insumos externos. É fundamental investir em pesquisa e desenvolvimento de tecnologias agrícolas resilientes às mudanças climáticas, como cultivares adaptadas a condições climáticas adversas e sistemas de produção que minimizem a emissão de gases de efeito estufa.

Também é indispensável que os governos e as organizações internacionais trabalhem juntos para garantir a segurança alimentar e a sustentabilidade agrícola. Isso pode incluir a implementação de políticas públicas para apoiar os agricultores e a distribuição de alimentos em áreas afetadas pelas mudanças climáticas.

Referências Bibliográficas

- ASSAD, E. D. et al. **Impactos das mudanças climáticas na produção agrícola brasileira**. LCSAR – The World Bank, 2013. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1115525>. Acesso em: 10 jun. 2024.
- BITTENCOURT, M. V. L. Impactos da agricultura no meio-ambiente: Principais tendências e desafios (Parte 1). **Revista Economia & Tecnologia**, v. 5, n. 3, 2009.
- BORDIN, L. C. et al. Efeito da aplicação de fungicidas no controle de doenças foliares de arroz irrigado e sua relação com o rendimento industrial. **Summa Phytopathologica**, v. 42, p. 85-88, 2016.
- VON BRAUN, J. Climate change risks for agriculture, health, and nutrition. **Health of People, Health of Planet and Our Responsibility: Climate Change, Air Pollution and Health**, p. 135-148, 2020.
- DIXON, G. R. Climate change–impact on crop growth and food production, and plant pathogens. **Canadian Journal of Plant Pathology**, v. 34, n. 3, p. 362-379, 2012.
- FAROOQ, M. S. et al. Uncovering the research gaps to alleviate the negative impacts of climate change on food security: a review. **Frontiers in plant science**, v. 13, p. 927535, 2022.
- GOUVÊA, J. R. F. et al. Climate changes and technological advances: impacts on sugarcane productivity in tropical southern Brazil. **Scientia Agricola**, v. 66, p. 593-605, 2009.
- GUPTA, J. A history of international climate change policy. **Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change**, v. 1, n. 5, p. 636-653, 2010.
- HESLIN, A. et al. Simulating the cascading effects of an extreme agricultural production shock: global implications of a contemporary US dust bowl event. **Frontiers in Sustainable Food Systems**, v. 4, p. 26, 2020.
- CHO, S. J. et al. Economic impacts of climate change on agriculture: Adaptation and vulnerability. **Climate Change-Socioeconomic Effects; Blanco, J., Kheradmand, H., Eds**, p. 307-324, 2011.
- KOCMÁNKOVÁ, E. et al. Impact of climate change on the occurrence and activity of harmful organisms. **Plant Protection Science**, v. 45, n. Special Issue, p. Impact of climate change on the occurrence and activity of harmful organisms. *Plant Protect. Sci.*, 45: S48, 2009.

- KURUKULASURIYA, P.; ROSENTHAL, S. **Climate Change and Agriculture: A Review of Impacts and Adaptations**. Climate Change Series Paper No. 91. Washington, DC: World Bank, 2013.
- LIMA, R. F. et al. Agroclimatic zoning for the incidence of brown eye spot on coffee under climate change scenarios. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 149, n. 3, p. 1471-1496, 2022.
- MAGALHÃES, G. O. et al. Agricultura e sustentabilidade: mudanças climáticas e modificações no desenvolvimento agropecuário. **Divers@!**, v. 14, n. 1, p. 100-112, 2021.
- MARTINS, M. A.; TOMASELLA, J.; DIAS, C. G. Maize yield under a changing climate in the Brazilian Northeast: impacts and adaptation. **Agricultural water management**, v. 216, p. 339-350, 2019.
- MUÑOZ, M. S. G. et al. Impactos ambientais e socioeconômicos da produção integrada de base ecológica em unidades de produção familiar do Distrito Federal e entorno. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 60, p. e222418, 2021.
- OLABANJI, M. F.; NDARANA, T.; DAVIS, N. Impact of climate change on crop production and potential adaptive measures in the olifants catchment, South Africa. **Climate**, v. 9, n. 1, p. 6, 2020.
- PITTELKOW, C. M. et al. Productivity limits and potentials of the principles of conservation agriculture. **Nature**, v. 517, n. 7534, p. 365-368, 2015.
- SANTOS, J. Y. G.; SANTOS, C. A. G.; SILVA, R. M. Perdas de água e solo utilizando chuva simulada em diferentes coberturas superficiais e condições de umidade no semiárido paraibano. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 17, p. 217-228, 2012.
- SENYOLO, M. P. et al. How the characteristics of innovations impact their adoption: An exploration of climate-smart agricultural innovations in South Africa. **Journal of cleaner production**, v. 172, p. 3825-3840, 2018.
- SHARMA, H. C.; PRABHAKAR, C. S. Impact of climate change on pest management and food security. In: **Integrated pest management**. Academic Press, 2014. p. 23-36.
- SINCLAIR, F. et al. 2017. **Agroforestry to diversify farms and enhance resilience**. In: DINESH D. et al. (eds). 10 best bet innovations for adaptation in agriculture: A supplement to the UNFCCC NAP Technical Guidelines: 14-19. Wageningen, The Netherlands: CGIAR Research Program on Climate Change, Agriculture and Food Security (CCAFS).
- SOARES, J. C. et al. Preserving the nutritional quality of crop plants under a changing climate: importance and strategies. **Plant and Soil**, v. 443, p. 1-26, 2019.

VERMEULEN, S. J.; CAMPBELL, B. M.; INGRAM, J. SI. Climate change and food systems. **Annual review of environment and resources**, v. 37, p. 195-222, 2012.

Capítulo 8

SISTEMAS AGROFLORESTAIS: INTEGRANDO PRODUÇÃO AGRÍCOLA E FLORESTAL

Laylles Costa Araújo

Jônatas Barros dos Santos

Pedro Drummond Rodrigues

Maria Gabriela do Nascimento

Carla Michelle da Silva

Antônio Veimar da Silva

1. Introdução

Os sistemas agroflorestais (SAFs) têm ganhado destaque no Brasil como uma alternativa sustentável para a produção agrícola e florestal integrada (GEYER et al., 2004). Esses sistemas combinam o cultivo de espécies arbóreas com culturas agrícolas e/ou criação de animais, proporcionando benefícios econômicos, sociais e ambientais (NAIR, 2007). A integração de árvores, culturas e/ou animais em um mesmo espaço tem sido reconhecida como uma estratégia promissora para enfrentar desafios como segurança alimentar, preservação ambiental e mitigação das mudanças climáticas (NAIR, 2013).

Embora práticas agroflorestais tenham sido comuns durante séculos em diferentes regiões do mundo, os esforços científicos para compreender e utilizar seus atributos de sustentabilidade e benefícios de produção começaram apenas no final da década de 1970 (NAIR, 2014). Desde então, a integração e o uso de árvores e arbustos que fornecem múltiplos produtos e serviços em sistemas de uso da terra têm oferecido soluções sustentáveis para várias questões importantes de manejo da terra e questões ambientais, tanto em países em desenvolvimento quanto no mundo industrializado (NAIR, 2013).

Os sistemas agroflorestais podem trazer benefícios significativos, como a melhoria da fertilidade do solo, o aumento da diversidade biológica, a redução da erosão, a manutenção dos ciclos de água e nutrientes, e a mitigação das mudanças climáticas através do sequestro de carbono (NAIR, 2007). Além disso, esses sistemas podem proporcionar segurança alimentar e nutricional, criar oportunidades de geração de renda e emprego, e contribuir para o bem-estar das comunidades rurais (NAIR, 2014).

Tendo em vista isso, objetivou-se com esse trabalho realizar uma revisão de literatura sobre os principais aspectos dos sistemas agroflorestais, seus benefícios e desafios, assim como seu papel na promoção da sustentabilidade da produção agrícola e florestal. Para produção desse artigo foi feito um levantamento bibliográfico em bases de dados científicas.

2. Conceitos e princípios dos sistemas agroflorestais

Os sistemas agroflorestais (SAFs) são formas de uso da terra onde árvores ou arbustos são cultivados em conjunto com cultivos agrícolas ou animais, de maneira simultânea ou em uma sequência temporal, buscando maximizar os benefícios das interações ecológicas e econômicas entre os componentes (MUÑOZ et al., 2022). Essa abordagem integrada visa utilizar de forma eficiente os recursos naturais disponíveis, proporcionando diversos produtos e serviços, tais como alimentos, madeira, fibras, forragem, energia e outros benefícios, como proteção do solo, melhoria da fertilidade, regulação microclimática e do ciclo hidrológico (NAIR, 2014).

A adoção dos sistemas agroflorestais tem sido impulsionada pelo reconhecimento de seus benefícios tanto para os produtores quanto para o meio ambiente (NAIR, 2007). Ao combinar árvores e culturas agrícolas, esses sistemas podem aumentar a diversidade de produtos, melhorar a segurança alimentar e nutricional, e mitigar os impactos ambientais da agricultura intensiva (NAIR, 2013).

Diversos estudos têm demonstrado que os sistemas agroflorestais podem apresentar importantes vantagens em relação aos monocultivos, como maior produtividade, maior diversidade de produtos, maior eficiência no uso da terra, melhor conservação dos recursos naturais, e maior resiliência a choques climáticos (MUÑOZ et al., 2022).

De acordo com Nair (2013; 2007; 2014) e Muñoz et al. (2022) os princípios dos sistemas agroflorestais incluem:

- Maximizar a interação entre os diferentes componentes (árvores, cultivos agrícolas e/ou animais) de forma a produzir mais eficientemente
- Aumentar a diversidade de produtos e serviços gerados, incluindo alimentos, madeira, fibras, forragem, energia, entre outros;
- Melhorar a ciclagem de nutrientes e a fertilidade do solo;
- Promover a conservação dos recursos naturais, como água, solo e biodiversidade;
- Reduzir riscos e incertezas, aumentando a resiliência dos sistemas produtivos.

Todos esses princípios visam contribuir para a sustentabilidade dos sistemas de produção e para o bem-estar das comunidades rurais.

3. Histórico e evolução dos sistemas agroflorestais

A história e evolução dos sistemas agroflorestais (SAFs) são marcadas por uma crescente compreensão da importância da interação entre a agricultura e a floresta para a sustentabilidade ambiental e a segurança alimentar (ANDERSON et al., 1985).

A origem dos SAFs remonta às práticas agrícolas tradicionais em regiões tropicais e subtropicais, onde a floresta era uma fonte de recursos e proteção (CASTRO et al., 2009). Em muitas culturas, a floresta era vista como um patrimônio cultural e religioso, e sua preservação era essencial para a sobrevivência da comunidade. Essas práticas tradicionais incluíam a plantação de culturas em sistemas de rotação, a utilização de técnicas de conservação da terra e a integração de animais em sistemas agropecuários (ARRUDA et al., 2008).

No entanto, com o advento da Revolução Verde no final do século XX, a agricultura tornou-se mais intensiva e mecanizada, levando a uma perda significativa da biodiversidade e ao declínio da floresta (MUÑOZ et al., 2022). A expansão da agricultura industrializada e a produção de commodities como soja e milho contribuíram para a destruição de florestas e a perda de habitats naturais (RODRIGUES et al., 2008).

No início do século XXI, a conscientização sobre a importância da biodiversidade e da sustentabilidade ambiental começou a crescer, isso levou a uma reavaliação das práticas agrícolas e à busca por alternativas mais sustentáveis (MUÑOZ et al., 2022). Os SAFs começaram a ser desenvolvidos como uma abordagem agrícola que combina a

produção de alimentos com a preservação e restauração da biodiversidade (FERREIRA; SOGLIO, 2021).

Esses sistemas são caracterizados por uma estrutura complexa que inclui árvores, plantas herbáceas, animais e microrganismos (SOUZA et al., 2016). Essa estrutura permite que os sistemas sejam mais resistentes a doenças e pragas, melhorando a produtividade e a sustentabilidade, além disso, podem ajudar a sequestrar carbono, reduzir a erosão do solo e melhorar a qualidade do ar (ALMEIDA; SILVEIRA, 2019).

A evolução dos SAFs é marcada por uma crescente compreensão da importância da interação entre a agricultura e a floresta. Hoje, são utilizados em todo o mundo, desde pequenas propriedades rurais até grandes fazendas comerciais. A integração de tecnologias agrícolas e florestais, como a agricultura de precisão e a silvicultura, está ajudando a melhorar a eficiência e a sustentabilidade dos SAFs (MARTINHO; GUINÉ, 2021).

4. Planejamento e desenho de sistemas agroflorestais

Os SAFs representam uma abordagem agrícola que integra a produção de alimentos com a preservação e restauração da biodiversidade, utilizando a floresta como um componente fundamental. O desenho e a implementação desses sistemas requerem um cuidadoso planejamento, levando em conta as características socioeconômicas, ambientais e produtivas da área de interesse (GUERRA et al., 2009).

Inicialmente, é essencial realizar uma avaliação do potencial da região, com um levantamento detalhado das condições climáticas, topográficas, edáficas e de recursos hídricos (DIAS et al., 2020). Essa análise fornece informações valiosas para a seleção das espécies mais adequadas, tanto de árvores quanto de cultivos agrícolas e/ou animais, considerando suas características, adaptação ao ambiente local e compatibilidade entre si (COLLARES et al., 2018).

A definição dos arranjos espaciais e temporais também é crucial para maximizar as interações positivas e minimizar as negativas entre os diferentes componentes do sistema (RODRIGUES et al., 2008). Isso envolve a disposição e o tempo de consórcio entre os elementos, buscando otimizar a utilização dos recursos e a produtividade geral.

Além disso, a adoção de práticas de manejo integrado, como adubação, controle de pragas e doenças, poda, entre outras, é fundamental para a otimização do sistema como

um todo (CONTADOR, 1995). Essas práticas visam garantir a viabilidade e a sustentabilidade do SAF ao longo do tempo.

Outro aspecto importante a ser considerado são os fatores socioeconômicos, como as necessidades e aspirações dos produtores, bem como os mercados e cadeias de valor existentes (FERREIRA; SOGLIO, 2021). Essa abordagem holística permite que o sistema agroflorestal seja projetado de forma a atender às demandas e expectativas dos envolvidos.

Diversos estudos têm demonstrado que o desenho e o manejo cuidadoso dos sistemas agroflorestais podem levar a aumentos significativos na produtividade, na eficiência no uso da terra e na provisão de serviços ecossistêmicos (VASCONCELOS et al., 2016; SOUZA et al., 2016; KAY et al., 2019). Essa abordagem integrada representa uma alternativa sustentável e resiliente para a agricultura, contribuindo para a segurança alimentar e a preservação ambiental (BITTENCOURT, 2010).

5. Manejo e práticas agroflorestais

O manejo de sistemas agroflorestais envolve uma série de práticas que visam otimizar a produção e a sustentabilidade do sistema como um todo. Algumas das principais práticas incluem:

- Consórcio de culturas: Cultivo simultâneo de árvores, culturas agrícolas e/ou animais em uma mesma área, de forma a aproveitar as interações ecológicas e aumentar a diversidade de produtos (RODRIGUES et al., 2008).
- Sistemas silvipastoris: Integração de árvores com a produção animal, proporcionando sombra, forragem e outros benefícios aos animais, além de valiosos produtos florestais (CASTRO et al., 2008).
- Sistemas agrossilviculturais: Combinação de árvores com culturas agrícolas, explorando as sinergias entre os componentes arbóreos e agrícolas (RODRIGUES et al., 2008).
- Enriquecimento de capoeiras e florestas: Introdução de espécies arbóreas de interesse econômico em áreas de vegetação secundária ou de floresta nativa (ANDERSON et al., 1985).

- Sistemas agroflorestais em quintais: Cultivo diversificado de árvores, culturas agrícolas e criação de animais em torno das residências, proporcionando alimentos, combustível, madeira e outros produtos (FASIABEN et al., 2011).
- Sistemas agroflorestais em faixas: Plantio de árvores em faixas alternadas com culturas agrícolas, para fins de conservação do solo e da água, além da produção (RODRIGUES et al., 2008).

Todas essas práticas envolvem o planejamento cuidadoso da combinação e arranjo dos diferentes componentes, buscando maximizar as interações positivas e minimizar os conflitos.

O manejo adequado dos sistemas agroflorestais pode trazer diversos benefícios, como aumento da produtividade, melhoria da fertilidade do solo, conservação dos recursos naturais, maior resiliência a choques climáticos e diversificação de renda e produtos (SOUZA et al., 2016; SILVA et al., 2019).

6. Serviços ecossistêmicos e sustentabilidade dos SAFs

Os sistemas agroflorestais têm o potencial de fornecer uma ampla gama de serviços ecossistêmicos, contribuindo para a sustentabilidade dos agroecossistemas. Alguns dos principais serviços ecossistêmicos proporcionados pelos SAFs incluem:

- Conservação do solo e da água: As árvores exercem um papel fundamental na proteção do solo contra a erosão, na melhoria da infiltração da água e na recarga de. Estudos mostram que sistemas agroflorestais podem reduzir significativamente as taxas de erosão e aumentar a retenção de umidade no solo (KUMAR et al., 2018).
- Sequestro de carbono: Os componentes arbóreos dos SAFs desempenham um papel importante no sequestro e armazenamento de carbono, mitigando as emissões de gases de efeito estufa. Diversos estudos têm demonstrado que os sistemas agroflorestais têm maior potencial de sequestro de carbono em comparação com os monocultivos (FERREIRA; SOGLIO, 2021; RODRIGUES et al., 2008).
- Manutenção da biodiversidade: A diversidade de espécies vegetais e animais presente nos sistemas agroflorestais contribui para a conservação da

biodiversidade regional, fornecendo habitat e recursos para uma ampla gama de organismos (SOUZA et al., 2016).

- Regulação do clima local: A presença de árvores em sistemas agroflorestais pode influenciar a regulação do microclima, reduzindo a temperatura do ar, aumentando a umidade relativa e atenuando os impactos de eventos climáticos extremos (SILVA et al., 2019).

Portanto, os sistemas agroflorestais representam uma abordagem promissora para o desenvolvimento de sistemas de produção mais sustentáveis, conciliando a produção agropecuária com a conservação dos recursos naturais e a provisão de serviços ecossistêmicos.

7. Políticas públicas e adoção de sistemas agroflorestais

A adoção de sistemas agroflorestais (SAFs) em larga escala enfrenta desafios significativos, principalmente relacionados a questões políticas, institucionais e culturais. No entanto, a promoção da agrofloresta pode ser alcançada com a implementação de políticas públicas adequadas (FERREIRA; SOGLIO, 2021).

Uma estratégia importante é a oferta de incentivos econômicos, como subsídios, crédito rural e pagamento por serviços ambientais, para estimular os produtores a adotar e manter sistemas agroflorestais (SCHETTINI et al., 2020). Isso pode ser alcançado por meio de programas governamentais que apoiam a produção agroflorestal.

Outra abordagem é a assistência técnica e extensão rural. Investimentos em programas de capacitação, transferência de tecnologia e acompanhamento técnico são fundamentais para apoiar os agricultores na implantação e gestão adequada dos SAFs (RODRIGUES et al., 2008). Essa assistência técnica é essencial para garantir a sustentabilidade dos sistemas agroflorestais.

A pesquisa e inovação também desempenham um papel crucial na promoção da agrofloresta. Investimentos em pesquisa aplicada e desenvolvimento de tecnologias adaptadas aos diferentes contextos regionais podem impulsionar a adoção de sistemas agroflorestais (RODRIGUES et al., 2008).

A definição clara dos direitos de propriedade e a regularização fundiária são condições essenciais para incentivar os produtores a investir em sistemas de produção de

longo prazo, como os SAFs. Isso garante a segurança da posse da terra e permite que os produtores planejem seu futuro com mais confiança.

Além disso, a definição de marcos regulatórios e incentivos fiscais que reconheçam os benefícios ambientais dos SAFs pode estimular a sua adoção. Isso pode ser alcançado por meio de arcabouços jurídicos favoráveis e regulamentações que apoiam a produção agroflorestal (SCHNEIDER et al., 2005).

A integração de tais políticas em uma abordagem holística é fundamental para aumentar a adoção e a sustentabilidade dos sistemas agroflorestais em diferentes contextos socioeconômicos e ambientais. Isso requer a consideração de fatores como a biodiversidade, a conservação do solo e da água, a sequestração de carbono e a manutenção da biodiversidade (RODRIGUES et al., 2019).

A promoção da agrofloresta também depende da capacidade dos governos em implementar políticas públicas que apoiam a produção agroflorestal. Isso inclui a definição de estratégias claras para a promoção da agrofloresta e a alocação de recursos adequados para a implementação dessas estratégias (LAUDARES et al., 2017).

A cooperação entre os governos, os produtores e as organizações da sociedade civil são fundamentais para a promoção da agrofloresta. Isso permite que as necessidades e aspirações dos diferentes atores sejam consideradas e que as políticas públicas sejam mais eficazes (FURTADO et al., 2019).

8. Considerações finais

Os sistemas agroflorestais representam uma alternativa promissora para o desenvolvimento de sistemas de produção mais sustentáveis, integrando a produção agropecuária com a conservação dos recursos naturais e a provisão de serviços ecossistêmicos.

Essa abordagem permite conciliar a produtividade agrícola com a manutenção da biodiversidade, a recuperação de áreas degradadas, a mitigação das mudanças climáticas e a melhoria das condições de vida das famílias rurais.

No entanto, para que os sistemas agroflorestais se disseminem em larga escala, é necessário o desenho e a implementação de políticas públicas adequadas, que fomentem a adoção dessa prática por meio de incentivos econômicos, assistência técnica, pesquisa e inovação, regularização fundiária e marcos regulatórios favoráveis. Somente com o apoio

de um conjunto integrado de políticas públicas será possível aproveitar todo o potencial dos sistemas agroflorestais para promover o desenvolvimento rural sustentável no Brasil.

Referências Bibliográficas

- ALMEIDA, A. D. O.; SILVEIRA, J. V. W. D. Perspectivas da utilização de arruda (ruta graveolens) no armazenamento de grãos. In: XIII Congresso Brasileiro de Engenharia Química em Iniciação Científica. **Anais...** São Paulo: Blucher, 2019. p. 896-902.
- ANDERSON, A. B. et al. Um sistema agroflorestral na várzea do estuário amazônico (Ilha das Onças, Município de Barcarena, Estado do Pará). **Acta Amazonica**, v. 15, n. 1-2, p. 195-224, 1985.
- ARRUDA, R. et al. Hêliconias como alternativa econômica para comunidades amazônicas. **Acta Amazonica**, v. 38, n. 4, p. 611-616, 2008.
- BITTENCOURT, M. V. L. Impactos da agricultura no meio ambiente: principais tendências e desafios (Parte 2). *Revista Eletrônica Thesis*, v. 6, n. 1, p. 1-15, 2010.
- CASTRO, A. C. et al. Sistema silvipastoril na Amazônia: ferramenta para elevar o desempenho produtivo de búfalos. **Ciência Rural**, v. 38, n. 8, p. 2395-2402, 2008.
- CASTRO, A. et al. Os sistemas agroflorestrais como alternativa de sustentabilidade em ecossistemas de várzea no Amazonas. **Acta Amazônica**, v. 39, n. 2, p. 279-288, 2009.
- COLLARES, E. G. et al. Proposição de uma carta de potencial à produção rural para a região do Médio Rio Grande - MG. **Boletim de Geografia**, v. 36, n. 2, p. 1-16, 2018.
- CONTADOR, J. C. Produtividade fabril III - método para rápido aumento da produtividade fabril: redução de tempos inativos e do tempo de espera do material em processo. **Gestão & Produção**, v. 2, n. 2, p. 159-174, 1995.
- DIAS, F. G. et al. Diagnóstico geoambiental da paisagem da bacia hidrográfica do rio Acará, Amazônia Oriental. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 9, n. 3, p. 320-342, 2020.
- FASIABEN, M. C. R. et al. Impacto econômico da reserva legal sobre diferentes tipos de unidades de produção agropecuária. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 49, n. 4, p. 1051-1072, 2011.
- FERREIRA, L. D. R.; SOGLIO, F. K. D. Sistemas agroflorestrais para a agricultura familiar: formação de redes rurais no Rio Grande Do Sul. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 16, n. 2, p. 1-13, 2021.
- FURTADO, R. C.; ABREU, L. S. D.; FURTADO, A. T. Sistemas agroflorestrais: a experiência de uma cooperativa de agricultores familiares em Bragança Paulista, SP. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v. 36, n. 1, p. 1-20, 2019.

- GEYER, W. A.; DUBÉ, F.; COUTO, L. Overview of agroforestry practices in southeastern Brazil. **Transactions of the Kansas Academy of Science**, v. 107, n. 3 & 4, p. 143-147, 2004.
- GUERRA, F. A. et al. Quantificação e valoração de produtos florestais não-madeireiros. **Floresta**, v. 39, n. 2, p. 1-12, 2009.
- KAY, S. et al. Agroforestry is paying off – Economic evaluation of ecosystem services in European landscapes with and without agroforestry systems. **Ecosystem Services**, v. 36, p. 1-10, 2019.
- KUMAR, P.; THAKUR, C.; RAI, P.; ATTRI, K. Identification of Existing Agroforestry Systems and Socio-Economic Assessment in Kandaghat Block of Solan District, Himachal Pradesh. **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences**, v. 7, n. 4, p. 3815-3826, 2018.
- LAUDARES, S. S. D. A. et al. Agroforestry as a sustainable alternative for environmental regularization of rural consolidated occupations. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 55, n. 2, p. 239-254, 2017.
- MARTINHO, V. J. P. D.; GUINÉ, R. P. F. Integrated-Smart Agriculture: Contexts and Assumptions for a Broader Concept. **Agronomy**, v. 11, n. 8, p. 1-18, 2021.
- MUÑOZ, M. S. G. et al. Impactos ambientais e socioeconômicos da produção integrada de base ecológica em unidades de produção familiar do Distrito Federal e entorno. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 60, n. 1, p. 1-18, 2022.
- NAIR, P. K. R. Agroforestry: Trees in Support of Sustainable Agriculture. In: Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences. **Elsevier BV**, 2013.
- NAIR, P. K. R. Agroforestry: Practices and Systems. In: Encyclopedia of Agriculture and Food Systems. **Elsevier BV**, 2014. p. 270-282.
- NAIR, P. R. The coming of age of agroforestry. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 87, n. 9, p. 1613-1619, 2007.
- RODRIGUES, E. R. et al. O uso do sistema agroflorestal taungya na restauração de reservas legais: indicadores econômicos. **Floresta**, v. 38, n. 3, p. 517-525, 2008.
- RODRIGUES, L. M. et al. Integração Lavoura-Pecuária-Floresta: Interação entre Componentes e Sustentabilidade do Sistema. **Archivos de Zootecnia**, v. 68, n. 263, p. 1-12, 2019.

SCHETTINI, B. L. S. et al. Payments for environmental services (pes): challenges and opportunities for rural producers at Senhora de Oliveira, Minas Gerais. **Floresta**, v. 51, n. 1, p. 1-10, 2020.

SCHNEIDER, A. V.; ROCHADELLI, R.; BONILHA, R. D. M. Impacto socioeconômico decorrente da implementação da reserva florestal legal: um estudo de caso. **Floresta**, v. 35, n. 3, p. 1-12, 2005.

SILVA, E. M. F. D. et al. Um novo ecossistema: florestas urbanas construídas pelo Estado e pelos ativistas. **Estudos Avançados**, v. 33, n. 97, p. 237-256, 2019.

SOUZA, M. C. S. D. et al. Funcionalidade ecológica de sistemas agroflorestais biodiversos: uso da serapilheira como indicador da recuperação de áreas de preservação permanente. **Floresta**, v. 46, n. 1, p. 75-82, 2016.

VASCONCELOS, A. Í. T. et al. As dimensões da sustentabilidade dos Sistemas Agroflorestais – SAFs: um estudo no Projeto de Reflorestamento Consorciado e Adensado – RECA, Ponta do Abunã – RO. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 36, p. 1-16, 2016.

Capítulo 9

GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS EM SISTEMAS AGRÍCOLAS

Carla Michelle da Silva

Guilherme Semprebom Meller

Ailton Caetano Nascimento Pessoa

Luan Felipe da Silva Frade

Laylles Costa Araújo

Antônio Veimar da Silva

1. Introdução

A gestão eficiente dos recursos hídricos é fundamental para a sustentabilidade da agricultura. A água é um recurso essencial para o crescimento e desenvolvimento das plantas, e sua disponibilidade é crucial para garantir a produtividade agrícola e a segurança alimentar. No entanto, a escassez de água é um problema crescente em muitas regiões do mundo, tornando a gestão sustentável dos recursos hídricos um desafio importante para os agricultores.

A agricultura é um dos setores que mais consome água, especialmente para a irrigação das culturas. Nesse contexto, a adoção de tecnologias de irrigação eficiente, como a irrigação por gotejamento, pode contribuir significativamente para a redução do consumo de água e o aumento da eficiência do uso desse recurso. Além disso, a implementação de práticas agrícolas sustentáveis, como a cobertura do solo e a conservação da água, também são estratégias importantes para a gestão eficiente dos recursos hídricos em sistemas agrícolas.

Além da sua importância para a produção de alimentos, a gestão de recursos hídricos também é fundamental para a proteção do meio ambiente. A água é um recurso essencial para a manutenção dos ecossistemas e da biodiversidade, e sua gestão inadequada pode levar a problemas como a poluição e a degradação do solo. Portanto, a

adoção de uma abordagem integrada e sustentável para a gestão de recursos hídricos é crucial para garantir a sustentabilidade da agricultura e a preservação do meio ambiente.

Nesse contexto, o papel das políticas públicas é fundamental. Os governos devem implementar políticas e programas que incentivem e apoiem os agricultores na adoção de práticas sustentáveis de gestão de recursos hídricos, como a concessão de subsídios e incentivos fiscais, a regulamentação do uso da água e a promoção de ações de educação e conscientização.

Ao aliar a adoção de tecnologias e práticas agrícolas sustentáveis com o apoio de políticas públicas eficazes, é possível alcançar uma gestão de recursos hídricos mais eficiente e sustentável em sistemas agrícolas. Isso é essencial para garantir a disponibilidade de água para as culturas, proteger o meio ambiente e assegurar a segurança alimentar a longo prazo.

Diante disso, objetivou-se nesse trabalho analisar as estratégias de gestão sustentável de recursos hídricos em sistemas agrícolas, considerando os avanços tecnológicos, as práticas agrícolas e as políticas públicas relevantes. Para isso, foram utilizadas informações de artigos científicos que abordam diferentes aspectos da gestão de recursos hídricos no contexto agrícola. A pesquisa foi realizada em diferentes bases de dados, com o intuito de reunir uma ampla gama de informações relevantes para a temática.

2. A importância da água para agricultura

A água é um recurso fundamental para a agricultura, pois é essencial para o crescimento e desenvolvimento das plantas. A disponibilidade de água é crucial para garantir a produtividade agrícola e a sustentabilidade da agricultura. Sem água, as culturas não podem crescer e desenvolver-se adequadamente, o que afeta negativamente a produtividade e a renda dos agricultores (ARAÚJO et al., 2020).

A água é utilizada em diferentes etapas do processo agrícola, incluindo a irrigação, a limpeza das plantas e a manutenção do solo. A irrigação é um método comum para fornecer água às plantas, especialmente em regiões com clima seco ou com populações em crescimento (GARCA-GARIZBAL et al., 2012). No entanto, a irrigação também é um dos principais consumidores de água, o que pode causar problemas de escassez de água em regiões com recursos hídricos limitados (LIMA et al., 2008).

Além disso, a água é fundamental para a manutenção da qualidade do solo e da saúde das plantas. A água ajuda a controlar a temperatura do solo, reduzir a erosão e manter a fertilidade do solo. Isso é especialmente importante em regiões com solos ácidos ou com problemas de fertilidade (BARBOSA et al., 2017).

A escassez de água é um problema crescente em muitas regiões do mundo, tornando a gestão eficiente dos recursos hídricos um desafio importante para os agricultores. A gestão sustentável dos recursos hídricos é fundamental para garantir a sustentabilidade da agricultura e evitar a perda de produtividade e renda (SRAÏRI, 2018).

3. Análise da escassez de água em sistemas agrícolas

Uma das principais causas da escassez de água é o aumento da demanda por este recurso devido ao crescimento populacional e ao desenvolvimento econômico.

Além disso, a agricultura é responsável por uma grande parcela do consumo de água doce, chegando a 70% do total global (GARCA-GARIZBAL et al., 2012). A água é utilizada principalmente para a irrigação, que permite aumentar os rendimentos agrícolas e garantir uma maior estabilidade no fornecimento de alimentos, especialmente em regiões onde o desenvolvimento das culturas é limitado pelas chuvas. Entretanto, a eficiência do uso da água na agricultura ainda é muito baixa, com perdas que podem chegar a mais de 50% (AWAIS et al., 2020).

Essa água que não é aproveitada pelas plantas acaba sendo devolvida aos sistemas hídricos na forma de drenagem e escoamento da irrigação, podendo causar diversos impactos ambientais, como poluição por fertilizantes e pesticidas, assoreamento de corpos d'água e salinização do solo (GARCA-GARIZBAL et al., 2012).

A escassez de água pode afetar diretamente a produtividade das culturas, levando a reduções significativas nos rendimentos, especialmente em anos com condições climáticas desfavoráveis (Bittencourt, 2010).

Portanto, a gestão eficiente dos recursos hídricos é fundamental para garantir a sustentabilidade da agricultura e evitar perdas de produção e renda para os agricultores.

4. Estratégias de conservação da água em sistemas agrícolas

A conservação da água é um desafio importante para os agricultores, especialmente em regiões com clima seco ou com populações em crescimento. A água é um recurso limitado e sua gestão eficiente é fundamental para garantir a sustentabilidade da agricultura. Neste contexto, as estratégias de conservação da água em sistemas agrícolas são essenciais para reduzir a perda de água e garantir a disponibilidade de água para as culturas (GARCA-GARIZBAL et al., 2012).

Uma das estratégias mais eficazes para conservar a água é a cobertura do solo, pois ela ajuda a reduzir a evaporação da água e a erosão do solo, o que é fundamental para manter a fertilidade do solo e evitar a perda de nutrientes (SPERANDIO et al., 2012). Além disso, a cobertura do solo também ajuda a controlar a temperatura do solo, reduzindo a necessidade de irrigação (GASPARIM et al., 2005).

Outra estratégia importante é a redução da evaporação da água, que é um processo natural que ocorre quando a água se evapora do solo ou das plantas. No entanto, a evaporação pode ser reduzida através da utilização de tecnologias como a irrigação por gotejamento, que permite que a água seja distribuída de forma mais precisa e reduz a perda de água (CICCO, 2015).

Estudos mostram que a irrigação localizada, como a irrigação por gotejamento, pode aumentar a produtividade da cana-de-açúcar entre 19,2 e 56,4%, com economia de água de 30 a 60% (DEON et al., 2010).

A utilização de tecnologias de irrigação eficiente também é fundamental para a conservação da água. Elas permitem que a água seja distribuída de forma mais precisa e reduz a perda de água. Isso é especialmente importante em regiões com clima seco, onde a água é um recurso limitado (ARAÚJO et al., 2020).

Além disso, a gestão sustentável dos recursos hídricos não pode ser esquecida quando se fala sobre conservação da água. Isso inclui a monitoração da água utilizada e a implementação de políticas públicas que regulamentem o uso da água em sistemas agrícolas. A gestão sustentável dos recursos hídricos é crucial para garantir a disponibilidade de água para as culturas e evitar a perda de produtividade e renda (BITTENCOURT, 2009).

Por fim, a conservação da água é importante para a proteção do meio ambiente, pois é um recurso essencial para a vida, e imprescindível para garantir a sustentabilidade

do meio ambiente. A conservação da água também ajuda a reduzir a poluição e a degradação do solo, o que é fundamental para a proteção da vida selvagem e do homem (RUVÉR et al., 2021).

5. Impactos da escassez de água na produtividade agrícola

A escassez de água é um problema crescente em muitas regiões do mundo, afetando diretamente a produtividade agrícola. A disponibilidade de água é fundamental para o crescimento e desenvolvimento das plantas, e sua falta pode ter consequências devastadoras para a agricultura (NOSCHANG; SCHELEDER, 2018).

Um dos principais impactos da escassez de água na produtividade agrícola é a redução do rendimento das culturas. Sem água suficiente, as plantas não conseguem absorver os nutrientes necessários para o seu desenvolvimento, o que resulta em uma menor produção de frutos, grãos ou outros produtos agrícolas. Isso pode levar a perdas significativas de renda para os agricultores (DUARTE et al., 2018).

Além disso, a escassez de água também pode afetar a qualidade dos produtos agrícolas. Quando as plantas não recebem a quantidade de água necessária, elas podem desenvolver problemas de saúde, como doenças e pragas, o que pode comprometer a qualidade e a aparência dos alimentos produzidos (SILVA et al., 2010).

Outro impacto importante da escassez de água é a degradação do solo. A falta de água pode levar à erosão do solo, à salinização e à perda de nutrientes, tornando-o menos fértil e menos produtivo. Isso pode exigir investimentos adicionais em fertilizantes e outros insumos agrícolas, aumentando os custos de produção (BITTENCOURT, 2010).

A escassez de água também pode afetar a diversidade de culturas cultivadas. Quando a água é escassa, os agricultores tendem a se concentrar em culturas mais resistentes à seca, o que pode levar a uma redução na variedade de alimentos produzidos e comercializados (NOSCHANG; SCHELEDER, 2018).

Além disso, a escassez de água pode ter impactos sociais e econômicos mais amplos. A redução da produtividade agrícola pode levar a uma menor oferta de alimentos, o que pode resultar em aumento de preços e insegurança alimentar, especialmente em regiões mais vulneráveis (FARIAS et al., 2020).

6. Gestão de recursos hídricos em sistemas agrícolas sustentáveis

A gestão de recursos hídricos é fundamental para a sustentabilidade da agricultura. A água é um recurso limitado e sua gestão eficiente é crucial para garantir a disponibilidade de água para as culturas, proteger o meio ambiente e garantir a segurança alimentar (NOSCHANG; SCHELEDER, 2018).

Uma abordagem sustentável para a gestão de recursos hídricos em sistemas agrícolas é a implementação de práticas agrícolas que minimizem o uso de água. Isso inclui a utilização de técnicas de irrigação eficiente, a seleção de culturas mais resistentes à seca e a implementação de sistemas de conservação do solo (CIRILO, 2008).

Outra estratégia importante é a gestão integrada dos recursos hídricos. Isso abrange a coordenação entre os diferentes setores que utilizam a água, como a agricultura, a indústria e a população, para garantir que a água seja utilizada de forma eficiente e sustentável (SILVA et al., 2018).

A gestão sustentável dos recursos hídricos também inclui a proteção dos recursos hídricos naturais, como rios, lagos e aquíferos. Isso pode ser feito através da implementação de políticas públicas que regulamentem o uso da água e protejam os recursos hídricos naturais (MAURÍCIO et al., 2022).

Além disso, também inclui a educação e a conscientização dos agricultores sobre a importância da gestão eficiente dos recursos hídricos. Que pode ser realizado através de programas de treinamento e capacitação que ensinem os agricultores como utilizar a água de forma eficiente e sustentável (MEDEIROS; LUCENA, 2023).

Esse gerenciamento é fundamental para a proteção do meio ambiente, pois a água é um recurso essencial para a vida, e sua gestão eficiente é crucial para garantir a sustentabilidade do meio ambiente.

Assim, a gestão de recursos hídricos em sistemas agrícolas sustentáveis é fundamental para garantir a disponibilidade de água para as culturas, proteger o meio ambiente e garantir a segurança alimentar. A implementação de práticas agrícolas que minimizem o uso de água, a gestão integrada dos recursos hídricos, a proteção dos recursos hídricos naturais, a educação e a conscientização dos agricultores e a gestão sustentável dos recursos hídricos são algumas das estratégias mais eficazes para garantir a sustentabilidade da agricultura.

7. Tecnologias de irrigação eficiente em sistemas agrícolas

A irrigação é um método comum para fornecer água às plantas, mas é também um dos principais consumidores de água. As tecnologias de irrigação eficiente permitem que a água seja distribuída de forma mais precisa e reduzam a perda de água (GÓES et al., 2019).

Uma das tecnologias mais eficazes é a irrigação por gotejamento. Essa técnica permite que a água seja distribuída de forma mais precisa, reduzindo a perda de água e aumentando a eficiência da irrigação (CIRILO, 2008).

Outra tecnologia importante é a micro-irrigação, na qual permite que a água seja distribuída de forma mais precisa, reduzindo a perda de água e aumentando a eficiência da irrigação (BEZERRA; LEVIEN, 2014).

As tecnologias de irrigação eficiente também incluem a utilização de sistemas de irrigação automatizados, onde faz com que a água seja distribuída de forma mais precisa e reduzam a perda de água (GÓES et al., 2019).

Existem ainda, sensores de umidade do solo e sistemas de irrigação automatizados que ajudam a melhorar a eficiência da irrigação, reduzindo o desperdício de água (MEDEIROS; LUCENA, 2023).

Outro sistema de irrigação é o por gravidade, que faz com que a água seja distribuída de forma mais precisa e reduzam a perda de água (OLIVEIRA et al., 2020).

Outras tecnologias, como a coleta e o armazenamento de água da chuva, também contribuem para a sustentabilidade da agricultura e a eficiência do uso da água (CIRILO, 2008).

A adoção desses sistemas traz diversos benefícios, como a redução do consumo de água, a melhoria da produtividade agrícola e a redução dos custos de produção (MAURÍCIO et al., 2022).

8. Políticas públicas para a gestão de recursos hídricos em sistemas agrícolas

A gestão eficiente dos recursos hídricos é fundamental para garantir a disponibilidade de água para as culturas, proteger o meio ambiente e garantir a segurança alimentar.

Uma das políticas públicas mais importantes é a elaboração de programas de apoio a agricultores que utilizam práticas sustentáveis. Isso inclui a oferta de subsídios e apoios

financeiros para agricultores que utilizam tecnologias de irrigação eficiente e práticas agrícolas sustentáveis (FILHO, 2019).

Outra política pública importante é a implementação de leis que regulamentem o uso da água em sistemas agrícolas, através dela é promovida a criação de leis que estabeleçam limites para o uso da água e que incentivem a utilização de tecnologias de irrigação eficiente (FURTADO et al., 2019).

As políticas públicas também favorecem a criação de programas de educação e conscientização sobre a importância da gestão eficiente dos recursos hídricos, que é realizado através de programas de treinamento e capacitação que ensinem os agricultores como utilizar a água de forma eficiente e sustentável (CHAVES, 2004).

Ainda incluem a implementação de programas de monitoramento e avaliação da gestão de recursos hídricos. Isso permite que os governos avaliem a eficácia das políticas públicas e ajustem as estratégias de gestão de recursos hídricos de forma mais eficiente (NOSCHANG; SCHELEDER, 2018).

As políticas públicas também promovem a abertura de programas de proteção dos recursos hídricos naturais, que contemplam a promoção de áreas protegidas e a elaboração de políticas que protejam os recursos hídricos naturais (SILVA et al., 2016).

Essas políticas públicas são fundamentais para garantir a sustentabilidade da agricultura e a disponibilidade de água para as culturas. A implementação dessas políticas públicas é essencial para garantir a gestão eficiente e sustentável dos recursos hídricos em sistemas agrícolas.

9. Considerações finais

A gestão sustentável dos recursos hídricos em sistemas agrícolas é fundamental para garantir a disponibilidade de água, proteger o meio ambiente e garantir a segurança alimentar.

A implementação de tecnologias de irrigação eficiente, como a irrigação por gotejamento e a micro-irrigação, bem como a adoção de práticas agrícolas sustentáveis, pode contribuir significativamente para a redução do consumo de água.

As políticas públicas, como programas de apoio a agricultores, regulamentação do uso da água, programas de educação e conscientização, e proteção dos recursos hídricos

naturais, são fundamentais para promover a gestão sustentável dos recursos hídricos em sistemas agrícolas.

Portanto, a integração entre tecnologias de irrigação eficiente, práticas agrícolas sustentáveis e políticas públicas efetivas é essencial para garantir a sustentabilidade da agricultura e a disponibilidade de água para as gerações futuras.

Referências Bibliográficas

- ARAUJO, A. F. B. et al. Irrigação suplementar do algodoeiro com água residuária tratada: análises biométricas e produção de biomassa. **Irriga**, v. 25, n. 4, p. 683-688, 2020.
- AWAIS, M. et al. Detection of plant water stress using UAV thermal images for precision farming application. **Applied Ecology & Environmental Research**, v. 18, n. 3, 2020.
- BARBOSA, J. S. et al. Atributos físico-hídricos de um Cambissolo Húmico sob sistema agroflorestal no planalto catarinense. **Floresta e Ambiente**, v. 24, p. e20160251, 2017.
- BEZERRA, A. H. F.; LEVIEN, S. L. A. Simulação de um ciclo da cultura da melancia utilizando o software swet. **Revista Caatinga**, v. 27, n. 1, p. 9-16, 2014.
- BITTENCOURT, M. V. L. Impactos da agricultura no meio-ambiente: Principais tendências e desafios (Parte 1). **Revista Economia & Tecnologia**, v. 5, n. 3, 2009.
- BITTENCOURT, M. V. L. Impactos da agricultura no meio-ambiente: Principais tendências e desafios (Parte 1). **Revista Economia & Tecnologia**, v. 5, n. 3, 2009.
- CHAVES, H. M. L. et al. Quantificação dos benefícios ambientais e compensações financeiras do “Programa do Produtor de Água” (ANA): I. Teoria. **R. Bras. Rec. Hídricos**, v. 9, n. 3, p. 5-14, 2004.
- CICCO, V. **Determinação da evapotranspiração pelos métodos dos balanços hídrico e de cloreto e a quantificação da interceptação das chuvas na Mata Atlântica: São Paulo, SP e Cunha, SP**. 2019. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.
- CIRILO, J. A. Políticas públicas de recursos hídricos para o semi-árido. **Estudos avançados**, v. 22, p. 61-82, 2008.
- DEON, M. D. et al. Produtividade e qualidade da cana-de-açúcar irrigada com efluente de estação de tratamento de esgoto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, p. 1149-1156, 2010.
- DUARTE, J. G. P. et al. Secas e impactos na agropecuária no município de Campina Grande-PB. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 33, p. 289-297, 2018.
- FARIAS, C. J.; HEINRICH, R. C.; VON BORSTEL ROESLER, M. R. A invisibilidade da água na produção dos alimentos: interfaces entre economia e desenvolvimento sustentável. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 9, n. 1, p. 513-523, 2020.
- GÓES, B. C. et al. Technological Development and Policies in the Scenario of Irrigated Agriculture in Brazil. **International Journal of Advanced Engineering Research and Science (IJAERS)**, v. 6, n. 3, p. 292-295, 2019

- FURTADO, R. C.; ABREU, L. S.; FURTADO, A. T. Sistemas agroflorestais: a experiência de uma cooperativa de agricultores familiares em Bragança Paulista, SP. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v. 35, n. 3, p. 427-451, 2019.
- GARCÍA-GARIZÁBAL, I.; ABRAHAO, R.; CAUSAPÉ, J. Watershed monitoring for the assessment of irrigation water use and irrigation contamination. **Irrigation and Water Management, Pollution and Alternative Strategies**, p. 21-38, 2012
- GASPARIM, E. et al. Temperatura no perfil do solo utilizando duas densidades de cobertura e solo nu. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v. 27, n. 1, p. 107-114, 2005.
- LIMA, C. AG.; CURI, W. F.; CURI, R. C. Reativação do Perímetro Irrigado de Gravatá: Uma abordagem otimizante sobre agricultura irrigada e sustentabilidade hídrica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 12, p. 157-165, 2008.
- MAURÍCIO, R. A. et al. Água residuária gerada em tratamento de água de piscina e possibilidade de reúso agrícola. **Revista DAE**, v. 70, n. 235, p. 61-76, 2022
- MEDEIROS, K. T. B.; LUCENA, M. M. A. Gestão dos recursos hídricos: uma revisão sob a perspectiva dos objetivos do desenvolvimento sustentável. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 12, n. 1, p. e12549-e12549, 2023.
- NOSCHANG, P. G.; SCHELEDER, A. F. P. A (in) sustentabilidade hídrica global e o direito humano à água. **Sequência (Florianópolis)**, p. 119-138, 2018.
- OLIVEIRA, M. H. R. et al. Produtividade da cana-de-açúcar sob irrigação localizada: uma revisão sistemática. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 7, p. e104973966-e104973966, 2020.
- RUVER, C. A.; ARNHORLD, N. G.; ZARDIN, G. Análise econômica do aproveitamento de água pluvial em uma escola técnica de rede federal. **Tecno-lógica**, 25, n. 1, p. 1-19, 2021.
- SILVA, D. F. et al. Influência de distintas lâminas de irrigação no desenvolvimento e na qualidade visual da grama-batatais. **Acta Scientiarum. Technology**, v. 32, n. 1, p. 43-48, 2010.
- SILVA, E. C. R.; ALVES, F. B.; SILVA, I. I. S. Agricultura irrigada no contexto amazônico: uma abordagem sistemática do uso da água em uma horticultura no município de Altamira-PA. **Revista Internacional de Ciências**, v. 6, n. 1, p. 29-43, 2016.
- SILVA, S. S. F. et al. Reúso de água e construção de cenários futuros: perspectivas e desafios para regiões semiáridas. **Polêm! ca**, v. 18, n. 2, p. 072-086, 2018.

SPERANDIO, H. V. et al. Avaliação da erosão hídrica pela alteração na superfície do solo em diferentes coberturas vegetais de uma sub-bacia hidrográfica no Município de Alegre, ES. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 33, n. 4, p. 1411-1418, 2012.

SRAÏRI, M. T. Water uses in sustainable agriculture practices: reconsidering the priorities in water scarce areas. **Adv Plants Agric Res**, v. 8, n. 4, p. 333-334, 2018.

Capítulo 10

VALORIZAÇÃO DE RESÍDUOS ORGÂNICOS: COMPOSTAGEM E BIOGÁS

Bernardo Hamuyela Luciano

Leonardo Dias Nascimento

Jefferson Santos de Amorim

Neliane Marinho Queiroz Ornelas

Carla Michelle da Silva

Antônio Veimar da Silva

1. Introdução

A gestão adequada de resíduos orgânicos é um desafio global que requer atenção urgente. Esses resíduos, provenientes de fontes como restos de alimentos, fezes e outros materiais biodegradáveis, representam uma parcela significativa dos resíduos sólidos urbanos e agrícolas. Quando não tratados de forma apropriada, os resíduos orgânicos podem causar sérios problemas ambientais e de saúde pública.

A valorização desses resíduos, por meio de processos como a compostagem e a produção de biogás, surge como uma alternativa promissora para mitigar esses impactos negativos. A compostagem, por exemplo, permite transformar os resíduos orgânicos em um valioso adubo natural, enquanto a biogáseração converte esses materiais em um combustível renovável, o biogás.

Essas tecnologias sustentáveis não apenas reduzem a quantidade de resíduos enviados aos aterros sanitários, mas também contribuem para a diminuição da dependência de combustíveis fósseis e a melhoria da fertilidade do solo. No entanto, a implementação efetiva dessas soluções enfrenta diversos desafios, como a falta de infraestrutura adequada e a resistência social.

Nesse contexto, a elaboração de políticas e legislações eficazes é fundamental para promover a gestão sustentável dos resíduos orgânicos. Governos e organizações

internacionais têm desenvolvido diretrizes e regulamentações que visam incentivar a adoção de práticas de valorização desses resíduos, como a compostagem e a produção de biogás.

Além disso, a conscientização e a participação da sociedade civil são cruciais para o sucesso dessas iniciativas. A mudança de hábitos e a adoção de práticas sustentáveis pelos cidadãos podem contribuir significativamente para a redução do impacto ambiental e de saúde pública causado pelos resíduos orgânicos.

Portanto, este estudo se propõe a analisar a valorização de resíduos orgânicos, com ênfase nos processos de compostagem e biogáseração, bem como nas políticas e legislações que regem essa temática. Essa abordagem visa fornecer subsídios para o desenvolvimento de soluções eficazes e sustentáveis para a gestão desses resíduos, contribuindo para a mitigação dos desafios ambientais e de saúde pública associados.

Para elaboração desse artigo foi feito um levantamento bibliográfico em fontes confiáveis, como artigos científicos e relatórios governamentais, que abordam a temática da valorização de resíduos orgânicos, compostagem e biogáseração. A revisão da literatura permitiu a identificação de informações relevantes para a compreensão do cenário atual e das tendências futuras nessa área.

2. Definição e classificação de resíduos orgânicos

Os resíduos orgânicos são materiais que provenientes de origem biológica, como restos de alimentos, fezes, cascas de frutas e vegetais, e outros materiais que contêm carbono e hidrogênio (ROSA et al., 2019). Esses resíduos são uma parte significativa dos resíduos sólidos urbanos e agrícolas, e sua gestão inadequada pode causar problemas ambientais e de saúde pública (SOUZA et al., 2018).

A classificação dos resíduos orgânicos é importante para entender como lidar com eles de forma eficaz. Podem ser divididos em dois grupos principais: resíduos orgânicos frescos e resíduos orgânicos putrefatos. Os frescos incluem materiais como restos de alimentos e fezes, que ainda contêm nutrientes e podem ser usados como fertilizantes. Já os putrefatos são materiais que estão em decomposição avançada e podem causar problemas de saúde e ambientais (ZAGO; BARROS, 2019).

Outra classificação importante é a distinção entre resíduos orgânicos perigosos e não perigosos. Os resíduos orgânicos perigosos incluem materiais como medicamentos,

produtos químicos e substâncias tóxicas, que podem causar danos à saúde e ao meio ambiente. Já os não perigosos apresentam materiais como restos de alimentos e fezes, que podem ser tratados de forma segura e eficaz (BISI et al., 2013).

A definição e classificação de resíduos orgânicos são fundamentais para a elaboração de políticas e práticas de gestão eficazes. Isso permite que os gestores de resíduos identifiquem os materiais que precisam ser tratados de forma especial e desenvolvam estratégias para reduzir a quantidade de resíduos que chegam aos aterros sanitários (MENEZES et al., 2019).

Além disso, a classificação também é importante para a avaliação do impacto ambiental e de saúde pública, pois permite que os gestores de resíduos monitorem os efeitos da gestão inadequada dos resíduos e desenvolvam estratégias para mitigar esses efeitos (MELLO; GRACIO, 2019).

Dessa forma, a definição e classificação de resíduos orgânicos são fundamentais para a gestão eficaz desses materiais. Isso permite que os gestores de resíduos identifiquem os materiais que precisam ser tratados de forma especial, desenvolvam estratégias para reduzir a quantidade de resíduos que chegam aos aterros sanitários e avaliem o impacto ambiental e de saúde pública (REIS et al., 2015).

A compreensão desses elementos é vital para a implementação de soluções sustentáveis e eficazes para a gestão desses materiais, ajudando a reduzir a quantidade de resíduos que chegam aos aterros sanitários, minimizando o impacto ambiental e de saúde pública, e promovendo uma gestão mais eficaz dos resíduos orgânicos.

3. Impacto ambiental dos resíduos orgânicos

A disposição inadequada de resíduos orgânicos pode causar diversos impactos ambientais, como a degradação do solo, a erosão, a contaminação de recursos hídricos e a emissão de gases de efeito estufa.

A degradação do solo é causada pela decomposição de matéria orgânica, que pode levar à compactação e à perda de nutrientes essenciais para a manutenção da fertilidade do solo (SOUZA et al., 2018). Isso pode prejudicar a produtividade agrícola e contribuir para a erosão do solo (SOUZA et al., 2018). Além disso, a decomposição dos resíduos orgânicos pode gerar chorume, que pode contaminar os recursos hídricos subterrâneos e superficiais, comprometendo a qualidade da água.

A emissão de gases de efeito estufa, como o metano e o dióxido de carbono, é outro importante impacto ambiental da disposição inadequada de resíduos orgânicos. Esses gases contribuem para o aquecimento global e as mudanças climáticas (ZAGO; BARROS, 2019).

Portanto, a gestão adequada dos resíduos orgânicos é fundamental para a preservação do meio ambiente e a mitigação dos impactos ambientais. A valorização dos resíduos orgânicos, através da compostagem e da produção de biogás, é uma alternativa sustentável e eficaz para a redução desses impactos.

4. Compostagem: processo e benefícios

A compostagem é um processo biológico de decomposição aeróbica de matéria orgânica, realizado por diversos microrganismos, que resulta na produção de um material estável, rico em nutrientes, conhecido como composto orgânico (ZAGO; BARROS, 2019).

O processo de compostagem envolve a decomposição de materiais orgânicos, como restos de alimentos, podas de vegetais e esterco, em condições controladas de temperatura, umidade e oxigênio (PEREIRA et al., 2013).

A compostagem apresenta diversos benefícios ambientais, como a redução da quantidade de resíduos orgânicos que são descartados em aterros sanitários e lixões, a diminuição da emissão de gases de efeito estufa, a melhoria da qualidade do solo e a redução do uso de fertilizantes químicos (ZAGO; BARROS, 2019).

Além disso, o composto orgânico resultante da compostagem pode ser utilizado como um fertilizante natural, melhorando a fertilidade do solo, aumentando a retenção de água e a capacidade de troca de cátions, o que beneficia o crescimento das plantas (LIMA et al., 2011).

A compostagem também pode gerar benefícios econômicos, como a redução dos custos de disposição de resíduos e a geração de renda com a venda do composto orgânico (PEREIRA et al., 2013). Portanto, a compostagem é uma alternativa sustentável e eficaz para a gestão de resíduos orgânicos, com diversos benefícios ambientais e econômicos.

Outros métodos de valorização de resíduos orgânicos incluem a biometanização, que é a produção de biogás a partir da digestão anaeróbica desses resíduos, e a pirólise, que é a decomposição térmica de materiais orgânicos na ausência de oxigênio (NASCIMENTO et al., 2019).

Esses processos permitem a recuperação de energia e nutrientes a partir dos resíduos orgânicos, contribuindo para a redução dos impactos ambientais e a transição para uma economia mais circular (NUNES et al., 2020).

5. Biogás: produção e aplicação

O biogás é um tipo de combustível renovável produzido a partir da decomposição anaeróbia de resíduos orgânicos, como fezes, restos de alimentos e outros materiais biodegradáveis (SOARES et al., 2017). Essa tecnologia é conhecida como biogáseração e tem sido amplamente utilizada em todo o mundo para gerar energia renovável e reduzir a dependência de combustíveis fósseis (NASCIMENTO et al., 2019).

A produção de biogás envolve o processo de anaerobiose, em que os microrganismos decompõem os resíduos orgânicos em gases, como metano e dióxido de carbono. Esses gases são então coletados e tratados para remover impurezas e melhorar sua qualidade (SOARES et al., 2017).

O biogás pode ser utilizado como combustível para gerar energia elétrica, calor e movimento, tornando-se uma opção viável para a geração de energia renovável (SOARES; LOPES, 2019). Além disso, a produção de biogás também pode ajudar a reduzir a quantidade de resíduos que chegam aos aterros sanitários, minimizando o impacto ambiental e de saúde pública (SANTOS et al., 2018).

A aplicação do biogás é ampla e variada. Ele pode ser usado para gerar energia em usinas de biogás, que podem abastecer comunidades rurais e urbanas (NASCIMENTO et al., 2019). Além disso, o biogás também pode ser utilizado em sistemas de aquecimento e refrigeração, bem como em veículos e máquinas (SANDIM et al., 2019).

A produção de biogás também tem implicações positivas para a agricultura e a pecuária. O uso de resíduos orgânicos como matéria-prima para a produção de biogás pode ajudar a reduzir a quantidade de fertilizantes químicos necessários e melhorar a fertilidade do solo (ZADINELO et al., 2013).

No entanto, a produção de biogás também apresenta desafios e obstáculos. A falta de infraestrutura e a resistência social são apenas dois exemplos de barreiras que podem impedir a implementação de projetos de biogáseração (SOARES; LOPES, 2019). Além disso, a produção de biogás também pode ter implicações ambientais negativas se não for feita de forma adequada (MOURA et al., 2017).

6. Legislação e políticas de gestão de resíduos orgânicos

A gestão de resíduos orgânicos é um desafio global que exige a implementação de políticas e legislações eficazes para minimizar o impacto ambiental e de saúde pública. Em todo o mundo, governos e organizações internacionais têm desenvolvido legislações e políticas para regular a gestão de resíduos orgânicos e promover práticas sustentáveis (VIRGINIO et al., 2022).

No Brasil, por exemplo, a Lei nº 12.305/2010 estabelece diretrizes para a gestão de resíduos sólidos, incluindo os resíduos orgânicos. A lei estabelece que os resíduos orgânicos devem ser tratados de forma adequada e que os municípios devem implementar programas de coleta seletiva e compostagem (SOUZA et al., 2018).

A União Europeia também tem desenvolvido políticas e legislações para a gestão de resíduos orgânicos. A Diretiva 1999/31/CE estabelece padrões para a gestão de resíduos sólidos, incluindo a compostagem e a incineração (FERREIRA et al., 2013). Ela ainda estabeleceu metas para a redução de resíduos e a promoção de práticas sustentáveis (ZAGO; BARROS, 2019).

A implementação de políticas e legislações eficazes é fundamental para a gestão de resíduos orgânicos. Isso permite que os governos e organizações internacionais monitorem o progresso e avaliem o impacto ambiental e de saúde pública (FERREIRA et al., 2013).

Além disso, a participação da sociedade civil é crucial para a implementação de políticas e legislações eficazes. A conscientização da população sobre a importância da gestão adequada dos resíduos orgânicos pode ajudar a mudar os hábitos e promover práticas sustentáveis (ZAGO; BARROS, 2019).

Portanto, é necessário um maior aprimoramento da legislação e políticas públicas, com ênfase na valorização dos resíduos orgânicos, a fim de promover a transição para uma economia mais circular e sustentável no Brasil.

7. Desafios e perspectivas futuras

Apesar dos avanços na gestão de resíduos sólidos orgânicos no Brasil, ainda existem diversos desafios e barreiras a serem superados.

Um dos principais desafios é a implementação efetiva da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), especialmente no que se refere à gestão de resíduos orgânicos. Embora a política estabeleça diretrizes e objetivos para a valorização desses resíduos, na prática, eles ainda são pouco considerados nas ações e programas implementados (ZAGO; BARROS, 2019).

Outro desafio é a falta de infraestrutura adequada para a coleta, tratamento e destinação final dos resíduos orgânicos. Grande parte dos municípios ainda utiliza lixões e aterros controlados inadequados para a disposição desses resíduos (VIEIRA; GARCIA, 2012).

Além disso, a baixa conscientização da população sobre a importância da segregação e do manejo adequado dos resíduos orgânicos também é um obstáculo importante.

Apesar desses desafios, existem perspectivas promissoras para a gestão sustentável de resíduos orgânicos no Brasil. A valorização desses resíduos por meio da compostagem, produção de biogás e outros processos de reciclagem pode trazer benefícios ambientais, econômicos e sociais significativos (VIRGINIO et al., 2022).

Nesse sentido, é fundamental que o poder público, a iniciativa privada e a sociedade civil trabalhem de forma conjunta para implementar políticas, programas e tecnologias que viabilizem a recuperação e o aproveitamento dos resíduos orgânicos. Isso envolve investimentos em infraestrutura, incentivos fiscais, campanhas de educação ambiental e a promoção de modelos de negócio circulares (SOUZA et al., 2012).

Dessa forma, será possível reduzir os impactos ambientais causados pela disposição inadequada de resíduos orgânicos, além de gerar oportunidades de emprego e renda e contribuir para o desenvolvimento de uma economia mais sustentável no país (VIRGINIO et al., 2022).

8. Considerações finais

A valorização de resíduos orgânicos é um desafio global que exige a implementação de políticas e legislações eficazes para minimizar o impacto ambiental e de saúde pública. A gestão adequada dos resíduos orgânicos é fundamental para reduzir a quantidade de resíduos que chegam aos aterros sanitários, minimizar o impacto ambiental e de saúde pública, e promover práticas sustentáveis.

A compostagem e a produção de biogás são tecnologias renováveis e sustentáveis que podem ajudar a reduzir a dependência de combustíveis fósseis e minimizar o impacto ambiental e de saúde pública. No entanto, a implementação dessas tecnologias também apresenta desafios e obstáculos, como a falta de infraestrutura e a resistência social.

Assim, a conscientização da população sobre a importância da gestão adequada dos resíduos orgânicos é fundamental para mudar os hábitos e promover práticas sustentáveis. A participação da sociedade civil também é importante para a implementação de políticas e legislações eficazes e para a gestão sustentável dos resíduos orgânicos.

Referências Bibliográficas

- BISI, P. H. S.; CATANEO, P. F.; PUTTI, F. F. Gerenciamento de resíduos sólidos: destinação e reciclagem. **Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista**, v. 9, n. 5, 2013.
- FERREIRA, A. C.; ROCHA, L. C.; AMARAL FIGUEIREDO, M. Resíduos sólidos: estudo sobre a atual situação no município de São João Del-Rei/MG. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, v. 1, n. 5, 2013.
- LIMA, R. L. S. et al. Atributos químicos de substrato de composto de lixo orgânico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, p. 185-192, 2011.
- MELLO, Fábia dos Santos. **A implantação da política pública para os resíduos sólidos urbanos recicláveis: o coleta Palmas**. Dissertação (Mestrado Acadêmico) - Universidade Federal do Tocantins 2019. 125 f
- MENEZES, R. O. et al. Análise estatística da caracterização gravimétrica de resíduos sólidos domiciliares: estudo de caso do município de Juiz de Fora, Minas Gerais. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 24, p. 271-282, 2019.
- MOURA, R. S. et al. Análise da viabilidade do uso de biodigestores em propriedades rurais. **ForScience**, v. 5, n. 3, p. e00282-e00282, 2017.
- NASCIMENTO, M. C. B. et al. Estado da arte dos aterros de resíduos sólidos urbanos que aproveitam o biogás para geração de energia elétrica e biometano no Brasil. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 24, p. 143-155, 2019.
- NUNES, L. JR. et al. Thermochemical conversion of olive oil industry waste: Circular economy through energy recovery. **Recycling**, v. 5, n. 2, p. 12, 2020.
- PEREIRA, R. A. et al. Maturação de compostos orgânicos de resíduos agroindustriais. **Revista verde de agroecologia e desenvolvimento sustentável**, v. 8, n. 1, p. 38, 2013.
- REIS, M. F.; CONTI, D.; CORRÊA, R. M. Solid waste management: Challenges and opportunities for the city of Sao Paulo. **Journal on Innovation and Sustainability RISUS**, v. 6, n. 3, p. 77-96, 2015.
- ROSA, L. O. et al. Valorização dos resíduos orgânicos do setor de hortifrutigranjeiro pelo processo de compostagem doméstica. **Semioses**, v. 13, n. 2, p. 1-12, 2019.
- SANDIM, Á. A. et al. Biogas and Biomass Implementation in Rural Areas. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 62, p. e19190001, 2019.

- SANTOS, I. F. S. et al. Combined use of biogas from sanitary landfill and wastewater treatment plants for distributed energy generation in Brazil. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 136, p. 376-388, 2018.
- SOARES, C. M. T.; FEIDEN, A.; TAVARES, S. G. Fatores que influenciam o processo de digestão anaeróbia na produção de biogás. **Nativa**, v. 5, p. 522-528, 2017.
- SOARES, R. V.; LOPES, J. M. Resíduos sólidos urbanos: viabilidade técnica do processo produtivo do biometano. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 6, n. 12, p. 209-216, 2019.
- SOUZA, M. T. S.; PAULA, M. B.; SOUZA-PINTO, H. O papel das cooperativas de reciclagem nos canais reversos pós-consumo. **Revista de Administração de empresas**, v. 52, p. 246-262, 2012.
- SOUZA, P. S.; GONÇALVES, N. A. L.; CURI, R. C. Gestão dos resíduos sólidos no Município de Queimadas (Estado da Paraíba, Nordeste do Brasil) segundo a Política Nacional de Resíduos Sólidos. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 5, n. 10, p. 739-752, 2018.
- VIEIRA, A. C. P.; GARCIA, J. R. A gestão de resíduos sólidos domésticos no Brasil a par da experiência internacional. **Revista Economia**, v. 58, p. 59, 2012.
- VIRGINIO, G. J.; SOUZA PEREIRA, M.; NAVEA, J. C. ViraSer: um modelo de impacto socioambiental na cadeia da reciclagem. **Revista Tecnologia e Sociedade**, v. 18, n. 53, p. 193-209, 2022.
- ZADINELO, I. V. et al. Potencial da produção de biogás a partir de efluente pré-tratado de abatedouro de aves da região Oeste do Paraná. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, v. 2, p. 61-71, 2013.
- ZAGO, V. C. P.; BARROS, R. T. V. Gestão dos resíduos sólidos orgânicos urbanos no Brasil: do ordenamento jurídico à realidade. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 24, p. 219-228, 2019.

Capítulo 11

AGRICULTURA DE PRECISÃO: OTIMIZANDO A PRODUTIVIDADE E SUSTENTABILIDADE

Felipe Covolam Ferro

Fenelon Lourenço de Sousa Santos

Willians Ribeiro Mendes

Carla Michelle da Silva

Antônio Veimar da Silva

1. Introdução

A agricultura é uma das principais fontes de alimentos para a população mundial, e sua produtividade e sustentabilidade são fundamentais para garantir a segurança alimentar e a estabilidade econômica. No entanto, a agricultura tradicional tem sido criticada por ser ineficiente e ambientalmente desastrosa, levando a uma perda de recursos naturais e a uma redução da produtividade agrícola.

Nesse contexto, a agricultura de precisão surge como uma abordagem inovadora que permite a otimização da produtividade e sustentabilidade agrícola. Essa abordagem utiliza tecnologias avançadas, como sensores, drones e satélites, para coletar dados precisos sobre as condições do solo, do clima e das culturas, permitindo uma tomada de decisão mais informada e eficaz (BASSOI et al., 2020).

A agricultura de precisão também permite a otimização da aplicação de insumos, como fertilizantes e corretivos, reduzindo o desperdício e o impacto ambiental. Além disso, essa abordagem permite a detecção precoce de pragas e doenças, minimizando perdas e melhorando a produtividade (COSTA; GUILHOTO, 2012).

Neste artigo, será abordada a temática da agricultura de precisão, explorando seus principais conceitos, benefícios e desafios. Será discutido também as tecnologias

avançadas que estão sendo utilizadas na agricultura de precisão e como elas podem ser aplicadas para melhorar a produtividade e sustentabilidade agrícola.

Diante disso, o presente artigo tem como objetivo apresentar e discorrer sobre os atributos da agricultura de precisão e da agricultura digital, expondo as particularidades e sinergias de cada uma delas. Para isso, foi feito um levantamento bibliográfico em bases de dados científicas sobre o tema, a fim de identificar as principais tendências e desafios relacionados à agricultura de precisão. A pesquisa foi realizada em sites como SciELO, Redalyc e Google Acadêmico, utilizando as seguintes palavras-chave: "agricultura de precisão", "agricultura digital", "tecnologias agrícolas" e "sustentabilidade agrícola".

2. Sensoriamento remoto e mapeamento de campo

O sensoriamento remoto e o mapeamento de campo desempenham um papel fundamental na agricultura de precisão, permitindo a coleta de dados precisos e detalhados sobre as condições do solo, do clima e das culturas. Essa tecnologia possibilita uma compreensão mais profunda da variabilidade espacial e temporal dos fatores que influenciam a produtividade agrícola (BASSOI et al., 2020).

O uso de drones, satélites e sensores de última geração possibilita a obtenção de informações valiosas sobre a situação das lavouras. Esses equipamentos são capazes de capturar imagens de alta resolução, mapear a topografia do terreno, medir a umidade do solo e detectar a presença de pragas ou doenças nas plantas (EURIQUES et al., 2021). Essa riqueza de dados permite que os agricultores tomem decisões mais assertivas e direcionadas, otimizando a aplicação de insumos e práticas de manejo (BASSOI et al., 2020).

O mapeamento de campo é uma etapa crucial nesse processo, pois permite a visualização e a análise da variabilidade das características do solo e das culturas em uma determinada área (PEREIRA; NETO, 2014). Através de mapas detalhados, os agricultores podem identificar zonas de alta e baixa produtividade, bem como áreas com necessidades específicas de correção ou adubação, isso é fundamental para a implementação eficaz da agricultura de precisão (FILHO; CUNHA, 2015).

As tecnologias de sensoriamento remoto também possibilitam o monitoramento contínuo do desenvolvimento das culturas ao longo do ciclo produtivo. Imagens de satélite e voos de drones permitem acompanhar o crescimento das plantas, a ocorrência de

estresses hídricos ou nutricionais e a presença de pragas e doenças. Essa vigilância constante possibilita a adoção de medidas corretivas em tempo hábil, minimizando perdas e maximizando a produtividade (NUNES, 2023).

Além disso, o mapeamento de campo também é essencial para a elaboração de prescrições de aplicação de insumos de forma variável. Com base nos dados coletados, é possível criar mapas de aplicação que orientam a distribuição localizada de fertilizantes, sementes e defensivos agrícolas, de acordo com as necessidades específicas de cada área (MARTINS et al., 2020).

Essa abordagem de taxa variável permite uma utilização mais eficiente dos recursos, reduzindo o desperdício e o impacto ambiental. Ao aplicar os insumos de maneira precisa, os agricultores conseguem otimizar a produtividade e a sustentabilidade de suas lavouras, contribuindo para a preservação dos recursos naturais (COSTA; GUILHOTO, 2012).

O sensoriamento remoto e o mapeamento de campo são, portanto, pilares fundamentais da agricultura de precisão. Ao fornecer informações detalhadas e atualizadas sobre as condições do solo e das culturas, essas tecnologias capacitam os agricultores a tomar decisões mais embasadas e a implementar práticas de manejo mais eficientes, impulsionando a produtividade e a sustentabilidade da atividade agrícola (MARIOTI et al., 2013).

Por fim, é importante ressaltar que o avanço contínuo dessas tecnologias, aliado à sua adoção cada vez mais ampla pelos agricultores, tem o potencial de transformar profundamente a forma como a agricultura é praticada, rumo a uma produção mais inteligente, eficiente e ambientalmente responsável (PINOTTI; SANTOS, 2013).

3. Sistemas de posicionamento global (GPS) e sistemas de informação geográfica (SIG)

O uso de Sistemas de Posicionamento Global (GPS) e Sistemas de Informação Geográfica (SIG) é uma ferramenta essencial na agricultura de precisão. Esses sistemas permitem a localização exata de máquinas agrícolas, bem como a criação de mapas detalhados do terreno e das culturas (ANBUMOZHI; SHANTHINI, 2023).

O GPS é capaz de fornecer coordenadas precisas da localização de uma máquina agrícola, permitindo que os agricultores orientem suas operações de manejo de forma

mais eficiente. Isso é especialmente útil em áreas grandes ou complexas, onde a navegação manual pode ser difícil ou impossível (PINTO et al., 2013).

Os SIG, por sua vez, são ferramentas de análise e visualização de dados geográficos. Eles permitem a criação de mapas personalizados que combinam informações sobre o terreno, as culturas e as operações agrícolas, que podem ser utilizados para planejar e monitorar as operações agrícolas, bem como para identificar áreas de alta e baixa produtividade (BARBOSA; FONSECA, 2017).

A integração de GPS e SIG permite que os agricultores criem mapas dinâmicos que se atualizam em tempo real. Isso permite que os agricultores monitorem as operações agrícolas e ajustem suas estratégias de manejo de forma mais eficaz (ABDULLAH et al., 2011).

Além disso, os SIG também permitem a análise de grandes volumes de dados, possibilitando que os agricultores identifiquem padrões e tendências que podem influenciar a produtividade. Isso pode incluir a análise de dados sobre clima, solo, água e outras variáveis que afetam a produtividade agrícola (GOMES et al., 2020).

O uso de GPS e SIG também possibilita a criação de rotas de aplicação de insumos de forma mais eficiente. Com base nos dados coletados, os agricultores podem criar mapas de aplicação que orientam a distribuição localizada de fertilizantes, sementes e defensivos agrícolas, de acordo com as necessidades específicas de cada área (BARBOSA; FONSECA, 2017). Essas ferramentas auxiliam na aplicação mais precisa e eficiente dos recursos, reduzindo o desperdício e o impacto ambiental, uma vez que os insumos são aplicados apenas onde e na quantidade necessária.

4. Agricultura de precisão baseada em taxa variável

A agricultura de precisão fundamenta-se no conceito de aplicação de insumos de acordo com as necessidades específicas de cada área ou local dentro da lavoura, em oposição à aplicação uniforme em toda a propriedade. Essa abordagem, conhecida como taxa variável, permite um uso mais eficiente dos recursos, reduzindo custos e impactos ambientais (SILVA et al., 2019).

A aplicação de insumos em taxa variável se baseia na coleta de diversos dados sobre a variabilidade das características do solo e das plantas dentro da área de cultivo (GASPARINI et al., 2013). Esses dados são obtidos por meio de técnicas de sensoriamento

remoto, mapeamento de campo e análises laboratoriais (BASSOI et al., 2020). Com base nessas informações, são gerados mapas de prescrição que orientam a distribuição localizada de fertilizantes, corretivos, sementes e defensivos agrícolas (ROCHA et al., 2015).

Essa estratégia permite que os agricultores apliquem exatamente a quantidade necessária de cada insumo em cada ponto da lavoura, evitando desperdícios e garantindo maior eficiência no uso de recursos (GELAIN et al., 2021).

Além disso, a agricultura de precisão baseada em taxa variável também oferece benefícios em termos de produtividade. Ao ajustar a aplicação de insumos de acordo com as necessidades específicas de cada área, os agricultores conseguem potencializar o desenvolvimento das culturas e, conseqüentemente, obter melhores rendimentos (ARTUZO et al., 2018).

Diversos estudos têm demonstrado os benefícios da agricultura de precisão baseada em taxa variável. Essa abordagem tem se mostrado eficaz na melhoria da eficiência do uso de fertilizantes, defensivos e água, resultando em aumentos de produtividade e redução de custos de produção (COSTA; GUILHOTO, 2012).

A agricultura de precisão baseada em taxa variável também é mais eficaz em termos de redução de custos. Com a aplicação de insumos de forma localizada e personalizada, os agricultores reduzem a quantidade de insumos necessários, o que significa reduzir os custos de produção (SILVA et al., 2007).

Além disso, a aplicação mais precisa de insumos também reduz os impactos ambientais, uma vez que minimiza a contaminação do solo e da água por fertilizantes e pesticidas (BASSOI et al., 2020). A agricultura de precisão baseada em taxa variável é, portanto, uma estratégia fundamental para uma agricultura mais sustentável e eficiente.

5. Otimização da aplicação de insumos

A otimização da aplicação de insumos é um aspecto crucial na agricultura de precisão. A aplicação de fertilizantes, sementes, defensivos e outros insumos agrícolas é um processo complexo que exige uma compreensão profunda das necessidades específicas das culturas (REYNALDO; MACHADO, 2016).

A aplicação de insumos de forma uniforme não é a mais eficaz, pois as necessidades específicas de cada área do campo variam. A agricultura de precisão baseada em taxa

variável é uma abordagem que permite a aplicação de insumos de forma localizada e personalizada (KUMAR et al., 2017).

A otimização da aplicação de insumos também é essencial para reduzir o impacto ambiental, pois aplicação excessiva de fertilizantes e defensivos agrícolas pode poluir os recursos hídricos e danificar a biodiversidade. Dessa forma é importante que os agricultores apliquem os insumos apenas onde são necessários, reduzindo o impacto ambiental (BITTENCOURT, 2009).

Além disso, a otimização é essencial para reduzir os custos de produção, pois a aplicação excessiva de insumos pode ser cara e não é eficaz. A agricultura de precisão baseada em taxa variável permite que os agricultores apliquem os insumos apenas onde são necessários, reduzindo os custos de produção (JÚNIOR et al., 2011).

A aplicação de insumos de forma localizada e personalizada também é mais eficaz em termos de produtividade. As plantas recebem apenas o que precisam para crescer saudáveis e produtivas, o que significa que a produtividade agrícola é melhorada (COSTA; GUILHOTO, 2012).

Outro fator positivo é a melhoria da sustentabilidade da agricultura, pois ocorre aplicação dos insumos apenas onde são necessários, reduzindo o impacto ambiental e melhorando a sustentabilidade (BRITO et al., 1999).

6. Monitoramento e controle de culturas

O monitoramento e controle de culturas é uma parte fundamental da agricultura de precisão. As tecnologias de sensoriamento remoto, como imagens de satélite e aeronaves não tripuladas, permitem que os agricultores monitorem o crescimento e desenvolvimento das culturas em tempo real (PICCAROLO, 2015).

Isso possibilita uma análise mais detalhada e precisa das condições das plantas, identificando problemas como doenças, infestações de pragas, deficiências nutricionais e estresse hídrico de forma precoce. Com essas informações, os agricultores podem tomar medidas corretivas a tempo, evitando perdas significativas de produção (GELAIN et al., 2021).

Além disso, o monitoramento permite que os agricultores adaptem suas práticas de manejo com base nas necessidades específicas de cada área do campo. A aplicação de insumos, como fertilizantes e defensivos, pode ser ajustada para atender às necessidades

específicas de cada parte da lavoura, aumentando a eficiência e reduzindo o desperdício (Oliveira et al., 2020).

O controle de culturas também é facilitado pelas tecnologias da agricultura de precisão. A automação de máquinas agrícolas, como pulverizadores e distribuidoras de fertilizantes, permite aplicar os insumos com maior precisão, evitando a sobreposição e mantendo o alinhamento correto entre as faixas de aplicação (GELAIN et al., 2021).

Dessa forma, o monitoramento e controle de culturas na agricultura de precisão contribuem para uma produção mais eficiente, sustentável e com menor impacto ambiental.

7. Desenvolvimento de soluções de precisão para pequenos agricultores

Apesar dos benefícios da agricultura de precisão, sua adoção ainda enfrenta desafios, especialmente entre os pequenos e médios produtores rurais. Esses agricultores muitas vezes não têm acesso a recursos financeiros, tecnológicos e de conhecimento necessários para implementar soluções complexas e de alto custo (BOLFE et al., 2020).

No entanto, o desenvolvimento de soluções de precisão acessíveis e adaptadas às necessidades desses produtores é fundamental para promover a inclusão digital e a adoção em larga escala. Algumas estratégias importantes incluem:

Desenvolver tecnologias de baixo custo, como sensores e drones de fácil utilização, que permitam a coleta e análise de dados de forma simplificada e acessível aos pequenos agricultores (PINTO et al., 2020).

Oferecer serviços de consultoria e assistência técnica especializados, que auxiliem os agricultores na interpretação dos dados e na tomada de decisões de manejo (OLIVEIRA et al., 2020).

Promover programas de capacitação e treinamento em agricultura de precisão, para que os pequenos produtores possam adotar e se beneficiar dessas tecnologias (BASSOI et al., 2020).

Desenvolver modelos de negócio inovadores, como plataformas de agricultura como serviço (AaaS), que permitam o acesso a soluções de precisão por meio de assinaturas ou pagamentos por uso (BOLFE et al., 2020).

Essas abordagens contribuem para que a agricultura de precisão seja cada vez mais inclusiva e acessível aos pequenos e médios produtores rurais, impactando positivamente a sustentabilidade e a produtividade do setor agrícola (BASSOI et al., 2020).

8. Considerações finais

Em resumo, a agricultura de precisão é uma abordagem inovadora que permite a otimização da produtividade e sustentabilidade agrícola. Através da integração de tecnologias avançadas, como sensores, drones e satélites, é possível coletar dados precisos sobre as condições do solo, do clima e das culturas, permitindo uma tomada de decisão mais informada e eficaz.

A agricultura de precisão também permite a otimização da aplicação de insumos, como fertilizantes e corretivos, reduzindo o desperdício e o impacto ambiental. Além disso, essa abordagem permite a detecção precoce de pragas e doenças, minimizando perdas e melhorando a produtividade.

A integração dos dados de monitoramento com sistemas de informação geográfica é fundamental para a agricultura de precisão, permitindo a criação de mapas detalhados do terreno e das culturas, auxiliando na identificação de áreas com necessidades específicas de manejo.

Assim, a agricultura de precisão é uma abordagem tecnológica que tem o potencial de impulsionar a produtividade e a sustentabilidade da atividade agrícola. É essencial que os agricultores e os governos invistam em tecnologias avançadas e em programas de formação para que os agricultores possam aproveitar ao máximo as oportunidades oferecidas pela agricultura de precisão.

Além disso, é fundamental que sejam desenvolvidas políticas públicas que apoiem a agricultura de precisão, fornecendo recursos e apoio para que os agricultores possam implementar essa abordagem.

Referências Bibliográficas

- ABDULLAH, N. B. et al. Land suitability mapping for implementation of precision farming. In: **2011 National Postgraduate Conference**. IEEE, p. 1-6, 2011.
- ANBUMOZHI, A.; SHANTHINI, A. Adoption of Novel Technologies to Boost Precision Agriculture (BPA) using Internet of Things (IOT). In: **ITM Web of Conferences**. EDP Sciences, p. 05019, 2023.
- ARTUZO, F. D. et al. Costs management in maize and soybean production. **Revista Brasileira de Gestão de Negócios**, v. 20, p. 273-294, 2018.
- BARBOSA, G. D.; FONSECA, M. H. Sistemas de Informação Geográfica (SIG) como ferramenta de apoio para a gestão de projetos ambientais. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 4, n. 7, p. 127-135, 2017.
- BASSOI, L. H. et al. Agricultura de precisão e agricultura digital. **TECCOGS – Revista Digital de Tecnologias Cognitivas**, n. 20, p. 17-36, 2019.
- BITTENCOURT, M. V. L. Impactos da agricultura no meio-ambiente: Principais tendências e desafios (Parte 1). **Revista Economia & Tecnologia**, v. 5, n. 3, 2009.
- BOLFE, É. L. et al. Precision and digital agriculture: Adoption of technologies and perception of Brazilian farmers. **Agriculture**, v. 10, n. 12, p. 653, 2020.
- BRITO, L. T. L. et al. Alternativa tecnológica para aumentar a disponibilidade de água no semi-árido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 3, p. 111-115, 1999.
- COSTA, C. C.; GUILHOTO, J. J. M. Impactos potenciais da agricultura de precisão sobre a economia brasileira. **Revista de Economia e Agronegócio**, v. 10, n. 2, 2012.
- EURIQUES, J. F. et al. Estimativa da Umidade do Solo por Refletometria GNSS: uma Revisão Conceitual. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 73, n. 2, 2021.
- FILHO, R. S.; CUNHA, J. P. A. R. Agricultura de precisão: particularidades de sua adoção no sudoeste de Goiás-Brasil. **Engenharia Agrícola**, v. 35, n. 4, p. 689-698, 2015.
- GASPARINI, K. A. C. et al. Técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto aplicadas na identificação de conflitos do uso da terra em Seropédica-RJ. **Floresta e Ambiente**, v. 20, p. 296-306, 2013.
- GELAIN, E. et al. Dependência e correlação espacial dos atributos de solo em função do arranjo amostral. **Tecno-Lógica**, v. 25, n. 1, 2021.

- GOMES, A. H. S. et al. Controle estatístico aplicado a uniformidade de distribuição em unidades gotejadoras operando com água residuária. **Irriga**, v. 25, n. 4, p. 719-727, 2020.
- JÚNIOR, G. B. M.; ALVES, E.; CONTINI, E. Dimensão econômica de sistemas de integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, p. 1117-1126, 2011.
- KUMAR, S.; KARALIYA, S. K.; CHAUDHARY, S. Precision farming technologies towards enhancing productivity and sustainability of rice-wheat cropping system. **Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci**, v. 6, n. 3, p. 142-151, 2017.
- MARIOTI, J. et al. Erosão hídrica em semeadura direta de milho e soja nas direções da pendente e em contorno ao declive, comparada ao solo sem cultivo e descoberto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, p. 1361-1371, 2013.
- MARTINS, R. N. et al. Site-specific nutrient management zones in soybean field using multivariate analysis: an approach based on variable rate fertilization. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 51, n. 5, p. 687-700, 2020.
- NUNES, E. C. Employing Drones in Agriculture: An Exploration of Various Drone Types and Key Advantag. **arXiv preprint arXiv:2307.04037**, 2023.
- OLIVEIRA, A. J. et al. Potencialidades da utilização de drones na agricultura de precisão. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 9, p. 64140-64149, 2020.
- PICCAROLO, P. et al. Agricultura di precisione. In: **Nuove tecnologie per l'agricoltura**. Accademia di Agricoltura di Torino e Confagricoltura Piemonte, 2015. p. 5-21.
- PINOTTI, M. M. Z.; SANTOS, J. C. P. From the ancient times of the agriculture to the biological control in plants: a little of the history. **Ciência Rural**, v. 43, p. 1797-1803, 2013.
- PINTO, D. et al. e-SmallFarmer-A solution for small farming. In: **2020 IEEE International Workshop on Metrology for Agriculture and Forestry (MetroAgriFor)**. IEEE, 2020. p. 104-108.
- PINTO, M. S.; CAMARGO, P. O.; MONICO, J. F. G. Influência da combinação de dados GPS e GLONASS no georreferenciamento de imóveis rurais. **Boletim de Ciências Geodésicas**, v. 19, p. 135-151, 2013.
- REYNALDO, É. F.; MACHADO, T. M. Inspeção de distribuidores de fertilizantes sólidos na região centro sul do Estado do Paraná. **Revista Ceres**, v. 63, p. 893-898, 2016.
- ROCHA, F. C. et al. Weed mapping using techniques of precision agriculture. **Planta Daninha**, v. 33, p. 157-164, 2015.
- SILVA, C. B. et al. The economic feasibility of precision agriculture in Mato Grosso do Sul State, Brazil: a case study. **Precision Agriculture**, v. 8, p. 255-265, 2007.

SILVA, C. R. et al. Análise técnica e econômica da captação e uso de águas pluviais em uma edificação com diferentes tipos de coberturas. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 6, n. 14, p. 911-930, 2019.

Capítulo 12

QUALIDADE DO SOLO: INDICADORES E PRÁTICAS DE MANEJO

Leonardo Dias Nascimento

José Vitor da Silva Nunes

Alice Vitória Rodrigues Barreto

Jônatas Barros dos Santos

Antônio Veimar da Silva

Carla Michelle da Silva

1. Introdução

A qualidade do solo é um conceito fundamental na agricultura, pois afeta diretamente a produtividade e a sustentabilidade dos sistemas agrícolas. Um solo de alta qualidade é essencial para garantir a segurança alimentar, a preservação ambiental e a viabilidade econômica das atividades agrícolas.

No entanto, a qualidade do solo vem sendo ameaçada por diversos fatores, como a intensificação da agricultura, a degradação ambiental e as mudanças climáticas. Compreender os indicadores de qualidade do solo e desenvolver práticas de manejo sustentáveis são, portanto, desafios cruciais para a manutenção da saúde e da fertilidade do solo a longo prazo.

Neste contexto, uma abordagem sistêmica e integrada é essencial para avaliar a qualidade do solo e implementar soluções eficazes. Essa abordagem reconhece a interdependência entre o solo, as plantas e a biota edáfica, considerando a importância da biodiversidade e da sustentabilidade para a manutenção da qualidade do solo.

Os principais indicadores de qualidade do solo incluem a estrutura, a fertilidade, o conteúdo de carbono, a permeabilidade e o conteúdo de metais pesados. Esses

indicadores fornecem informações valiosas sobre a saúde e a produtividade do solo, permitindo a identificação de problemas e a implementação de soluções.

Para melhorar a qualidade do solo, diversas práticas de manejo sustentável podem ser adotadas, como a conservação da cobertura vegetal, a adição de compostos orgânicos, a rotação de culturas e a minimização do uso de fertilizantes químicos. Essas práticas visam fortalecer a resiliência e a resistência do solo, garantindo sua sustentabilidade a longo prazo.

Além disso, o monitoramento constante da qualidade do solo, por meio de análises e observações diretas, é fundamental para acompanhar a eficácia das práticas de manejo implementadas e realizar ajustes quando necessário.

Diante disso, este trabalho teve como objetivo revisar os principais indicadores de qualidade do solo e as práticas de manejo sustentáveis, a fim de fornecer subsídios para a melhoria da produtividade agrícola e a preservação ambiental. Para isso, foi elaborado um levantamento bibliográfico utilizando fontes confiáveis e relevantes, tais como Google Scholar e SciELO.

2. Abordagem sistêmica do solo: um enfoque na sustentabilidade

O solo é um sistema complexo, cuja qualidade depende da interação entre diversos componentes. Para compreender e aprimorar a qualidade do solo, é essencial adotar uma abordagem integrada, que considere a interdependência entre o solo, as plantas e a biota edáfica (VALARINI et al., 2011).

Nessa perspectiva, o solo não se resume a um mero substrato para o crescimento vegetal, mas sim a um sistema dinâmico, influenciado por fatores como a cobertura vegetal, a temperatura, a umidade e a diversidade de organismos presentes. A interação entre esses elementos é crucial para a estrutura, a fertilidade e a permeabilidade do solo, determinando sua qualidade (ANDRADE et al., 2013).

A biodiversidade edáfica desempenha um papel fundamental nesse contexto. As espécies presentes no solo exercem funções essenciais, como a decomposição da matéria orgânica, a fixação de nitrogênio e a regulação da temperatura e umidade do solo. Portanto, a manutenção da diversidade biológica é imprescindível para a sustentabilidade do sistema solo-planta (ROVEDDER et al., 2014).

Entretanto, a qualidade do solo também pode ser afetada por fatores externos, como a agricultura intensiva, o desmatamento e a poluição. Tais interferências podem comprometer a fertilidade do solo e sua capacidade de armazenar carbono, prejudicando a sustentabilidade do sistema (TAVARES et al., 2022).

Para garantir a sustentabilidade do solo, é necessário adotar práticas de manejo que promovam a integração e a harmonia entre os diversos componentes do sistema. Nesse sentido, a conservação da cobertura vegetal, a adição de compostos orgânicos e a minimização do uso de fertilizantes químicos são estratégias fundamentais (MACHADO, 2020).

Diante disso, a sustentabilidade do solo requer uma abordagem integrada, que reconheça a interdependência entre os elementos que compõem esse sistema complexo. Somente por meio dessa perspectiva holística será possível desenvolver práticas de manejo capazes de preservar a qualidade do solo a longo prazo.

3. Indicadores de qualidade do solo

A qualidade do solo é um conceito multifacetado que envolve a avaliação de vários indicadores. Esses indicadores são fundamentais para entender a saúde e a produtividade do solo, bem como para identificar problemas que precisam ser resolvidos (NOGUEIRA, 2018).

Uma das principais características do solo é sua estrutura. A estrutura do solo é medida pela textura, porosidade e densidade do solo. Uma estrutura adequada permite que as raízes das plantas cresçam saudáveis e que a água seja absorvida de forma eficiente. A estrutura do solo também afeta a percolação de água e a circulação de oxigênio, o que é crítico para a vida microbiana no solo (ANDRADE et al., 2020).

Outro indicador importante da qualidade do solo é sua fertilidade, que é medida pela presença de nutrientes essenciais para as plantas, como nitrogênio, fósforo e potássio (PÁDUA et al., 2015). A fertilidade do solo é afetada pela adição de fertilizantes químicos, mas também pode ser melhorada por práticas de manejo sustentáveis, como a adição de compostos orgânicos (SANTOS; SALCEDO, 2010).

Além disso, o conteúdo de carbono do solo é um indicador crucial. O conteúdo de carbono do solo é importante para a capacidade do solo de armazenar carbono e reduzir

a emissão de gases de efeito estufa. A adição de compostos orgânicos ao solo pode aumentar significativamente o conteúdo de carbono (ABDULLAHI et al., 2018).

A permeabilidade do solo é outro indicador fundamental. A permeabilidade reflete a capacidade do solo de permitir a infiltração e drenagem da água, o que é essencial para evitar a erosão e a lixiviação de nutrientes (FILHO et al., 2015). Práticas de manejo que aumentam a cobertura vegetal e a diversidade biológica podem melhorar a permeabilidade do solo (PÉREZ et al., 1998).

O conteúdo de metais pesados no solo é um indicador que pode ser danoso para as plantas e os animais. A redução do uso de fertilizantes químicos e a implementação de práticas de manejo sustentáveis podem ajudar a minimizar a presença de metais pesados (DURÃES; MELLO, 2016).

Por fim, a diversidade biológica do solo é um indicador chave da sua qualidade. A biodiversidade edáfica inclui uma ampla gama de organismos, desde microrganismos até minhocas e outros invertebrados. Essa diversidade é fundamental para a manutenção dos ciclos biogeoquímicos e da estrutura do solo (CAMARA et al., 2019; DAS; PAUL, 2022).

Nesse sentido, a qualidade do solo é avaliada com base em vários indicadores, incluindo estrutura, fertilidade, conteúdo de carbono, permeabilidade, diversidade biológica e conteúdo de metais pesados. A compreensão desses indicadores é fundamental para entender a saúde e a produtividade do solo e para implementar práticas de manejo sustentáveis (ANDRADE et al., 2013).

4. Práticas de manejo para melhorar a qualidade do solo

A qualidade do solo é um conceito fundamental na agricultura, pois afeta diretamente a produtividade e sustentabilidade dos sistemas agrícolas. Para garantir a longevidade e fertilidade do solo, é necessário implementar práticas de manejo eficazes (VALARINI et al., 2011). Neste texto, será abordado as práticas de manejo que podem ser utilizadas para melhorar a qualidade do solo.

Uma das principais práticas para melhorar a qualidade do solo é a adoção do sistema de plantio direto. O plantio direto consiste na semeadura direta sobre a palhada da cultura anterior, sem a necessidade de revolvimento do solo. Essa prática ajuda a preservar a estrutura do solo, reduzindo a compactação e aumentando a infiltração de água. Conforme evidenciado em estudos, o plantio direto melhora a agregação do solo e

aumenta a porosidade, favorecendo o desenvolvimento das plantas (TAVARES et al., 2022).

Além disso, a rotação de culturas também é uma estratégia eficaz para melhorar a qualidade do solo. A diversificação de espécies vegetais aumenta a biodiversidade e estimula a atividade biológica do solo, melhorando a ciclagem de nutrientes e a estrutura do solo. Essa prática também contribui para o aumento do conteúdo de matéria orgânica, um importante indicador da qualidade do solo (PÁDUA et al., 2015).

Outro aspecto fundamental para a melhoria da qualidade do solo é a adição de compostos orgânicos, como o esterco animal e o composto vegetal. Esses insumos orgânicos fornecem nutrientes e matéria orgânica, melhorando a fertilidade e a estrutura do solo. Conforme demonstrado em pesquisas, a aplicação de matéria orgânica aumenta a estabilidade dos agregados, a porosidade e a capacidade de retenção de água do solo (TAVARES et al., 2022).

A utilização de plantas de cobertura também é uma estratégia eficaz para melhorar a qualidade do solo. Essas plantas, quando cultivadas entre os ciclos das culturas principais, ajudam a proteger o solo contra a erosão, aumentam a biodiversidade e promovem a ciclagem de nutrientes (CARDOSO et al., 2012). Estudos têm demonstrado que o cultivo de plantas de cobertura melhora a estrutura do solo e aumenta o conteúdo de carbono orgânico (ALMEIDA et al., 2009).

Além disso, a redução do uso de fertilizantes químicos e pesticidas sintéticos também é uma prática importante para a manutenção da qualidade do solo. Esses insumos podem causar desequilíbrios na biota do solo e comprometer a sua fertilidade a longo prazo (TAVARES et al., 2022).

Por fim, o monitoramento da qualidade do solo é outra prática fundamental para identificar problemas e implementar soluções. Ele pode ser feito com base em análises de solo e em observações diretas. Isso ajuda a garantir que as práticas de manejo estejam tendo o efeito desejado e que os problemas sejam resolvidos de forma eficaz (SILVA et al., 2017).

Nesse sentido, as práticas de manejo como o plantio direto, a rotação de culturas, a adição de compostos orgânicos, o uso de plantas de cobertura e a redução de insumos químicos, em conjunto com o monitoramento do solo, são fundamentais para melhorar e manter a qualidade do solo a longo prazo (SARAIVA et al., 2020; ANDRADE et al., 2020).

Esses métodos de manejo sustentável do solo podem contribuir significativamente para a manutenção da produtividade agrícola e para a preservação deste recurso natural tão essencial (TAVARES et al., 2022).

5. Resiliência e resistência do solo

A resiliência e a resistência são conceitos chave na compreensão da qualidade e sustentabilidade do solo (ANDRADE et al., 2020).

A resiliência do solo refere-se à sua capacidade de retornar ao seu estado original após sofrer alguma perturbação, como o manejo intensivo, a erosão ou a contaminação. Solos resilientes têm a habilidade de se recuperar e manter suas funções essenciais, como a ciclagem de nutrientes e a produção vegetal, mesmo após eventos estressantes (SPERANDIO et al., 2012).

Já a resistência do solo é a sua capacidade de suportar perturbações sem sofrer alterações significativas em suas propriedades e funções. Solos resistentes conseguem manter sua estrutura, fertilidade e atividade biológica mesmo quando submetidos a práticas de manejo intensivas ou a condições ambientais adversas (GUBIANI et al., 2014).

Diversos fatores influenciam a resiliência e a resistência do solo, como o teor de matéria orgânica, a diversidade biológica, a estrutura e a porosidade. Solos com maior conteúdo de matéria orgânica, por exemplo, tendem a ser mais resilientes e resistentes, pois a matéria orgânica melhora a agregação, a retenção de água e a atividade biológica (TAVARES et al., 2022).

Essa habilidade do solo de resistir e se recuperar de perturbações é fundamental para a sustentabilidade dos sistemas agrícolas. Solos resilientes e resistentes conseguem manter a produtividade e os serviços ecossistêmicos mesmo quando submetidos a práticas de manejo intensivas ou a condições ambientais adversas, como secas, inundações ou erosão (ANDRADE et al., 2020; MACHADO, 2020).

Portanto, a compreensão e o manejo das propriedades que conferem resiliência e resistência ao solo são essenciais para a implementação de sistemas agrícolas sustentáveis a longo prazo (MACHADO, 2020).

6. Novo método de avaliação do solo

Uma recente abordagem quantitativa tem sido utilizada para a predição espacial de atributos do solo e a geração de zonas de manejo agrícola. Essa abordagem envolve a aplicação de técnicas de geoestatística e sensoriamento remoto para mapear a variabilidade espacial de propriedades do solo, como teor de matéria orgânica, textura, pH e fertilidade (SILVA et al., 2015).

Esse método permite identificar áreas com características homogêneas dentro de uma propriedade rural, conhecidas como zonas de manejo agrícola. Essas zonas podem receber recomendações de práticas de manejo específicas, como ajustes na adubação, aplicação de corretivos e uso diferenciado de cultivares, o que otimiza o uso de insumos e a produtividade agrícola (PAES; ZAPPES, 2016).

A aplicação dessa tecnologia depende da coleta de amostras de solo georreferenciadas, que são analisadas em laboratório. Com base nos dados de campo e de análises, é possível gerar mapas de variabilidade espacial dos atributos do solo e delimitar as zonas de manejo (GELAIN et al., 2021).

Essa abordagem representa um avanço significativo em relação aos métodos tradicionais de amostragem e recomendação de adubação, que se baseiam em médias da propriedade (GELAIN et al., 2021). Ao considerar a variabilidade espacial do solo, essa nova metodologia permite um manejo mais preciso e eficiente dos recursos, contribuindo para a sustentabilidade da produção agrícola (QUEIROZ et al., 1999).

Diversos estudos têm demonstrado a eficácia dessa abordagem quantitativa na predição espacial de atributos do solo e no mapeamento de zonas de manejo agrícola (MACHADO, 2020). Essa técnica pode ser uma importante ferramenta para auxiliar os produtores rurais na tomada de decisões de manejo, visando a otimização da produtividade e a conservação do solo a longo prazo (DURÃES; MELLO, 2016).

Dessa forma, o uso de técnicas de agricultura de precisão baseadas em mapeamento geoestatístico e sensoriamento remoto pode ser uma estratégia eficaz para o manejo sustentável do solo em sistemas agrícolas.

6. Pesquisas em práticas de manejo sustentável

Diversos estudos têm investigado os impactos de diferentes práticas de manejo na melhoria e manutenção da qualidade do solo.

Um exemplo é a pesquisa realizada por (GASPARINI et al., 2013) sobre a utilização de técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto para identificar conflitos de uso da terra. O trabalho demonstrou que o uso dessas tecnologias permite mapear o uso e ocupação do solo de forma precisa, identificando áreas sujeitas à degradação e determinando as melhores práticas de manejo para conservação dos recursos naturais.

Outro estudo desenvolvido por investigou a dependência e a correlação espacial de atributos do solo em função do arranjo amostral. Os autores concluíram que a variabilidade espacial dos atributos químicos do solo é influenciada por fatores intrínsecos e extrínsecos, como práticas de manejo, e que o uso de malhas amostrais georreferenciadas é fundamental para caracterizar essa variabilidade (LIMA et al., 2015).

Da mesma forma, uma pesquisa realizada por Silva et al (2015) avaliou a aplicação de simulação sequencial para caracterizar a distribuição de probabilidade local de atributos diagnósticos do solo e identificar zonas de incerteza. Esses autores demonstraram que os atributos do solo apresentam dependência espacial, o que reforça a importância de considerar a variabilidade na recomendação de práticas de manejo.

Portanto, diversas pesquisas têm demonstrado que o uso integrado de técnicas de geoprocessamento, sensoriamento remoto e geoestatística permite caracterizar a variabilidade espacial dos atributos do solo e subsidiar o desenvolvimento de práticas de manejo agrícola mais sustentáveis (RIBEIRO et al., 2020; SILVEIRA et al., 2014; GELAIN et al., 2021). Esses estudos têm contribuído para uma melhor compreensão dos fatores que influenciam a qualidade e a conservação dos solos em sistemas agrícolas.

7. Considerações finais

O solo é um recurso natural essencial para a produção agrícola, mas que enfrenta diversos desafios em relação à sua conservação e sustentabilidade.

Estratégias de manejo que considerem a variabilidade espacial dos atributos do solo, como o uso de técnicas de agricultura de precisão, podem ser fundamentais para otimizar o uso de insumos e melhorar a produtividade agrícola, ao mesmo tempo em que preservam a qualidade do solo a longo prazo.

Diversas pesquisas têm demonstrado a eficácia de métodos quantitativos baseados em geoestatística e sensoriamento remoto para a predição espacial de propriedades do solo e o estabelecimento de zonas de manejo diferenciado.

Portanto, o desenvolvimento e a aplicação de tecnologias que permitam um manejo mais preciso e sustentável do solo são essenciais para garantir a segurança alimentar e a preservação dos recursos naturais.

Referências Bibliográficas

- Abdullahi, A. C. et al. **Carbon Sequestration in Soils: The Opportunities and Challenges**. 2018. Disponível em: <https://www.intechopen.com/chapters/63073#>. Acesso em: 20 jun. 2024.
- ALMEIDA, D. et al. Carbono, nitrogênio e fósforo microbiano do solo sob diferentes coberturas em pomar de produção orgânica de maçã no sul do Brasil. **Bragantia**, v. 68, p. 1069-1077, 2009.
- ANDRADE, C. A. O. et al. Condutividade hidráulica e atributos físicos de um Latossolo Vermelho sob sistemas de manejo no Cerrado Goiano. **Agrarian**, v. 13, n. 49, p. 385-392, 2020.
- ANDRADE, R. S.; STONE, L. F.; GODOY, S. G. Estimativa da resistência do solo à penetração baseada no índice S e no estresse efetivo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, p. 932-937, 2013.
- CAMARA, R. et al. Physical, chemical, and biological soil attributes under analog agroforestry system and pasture sites. **Floresta**, v. 50, n. 1, p. 887 –896, 2020.
- CARDOSO, D. P. et al. Plantas de cobertura no controle das perdas de solo, água e nutrientes por erosão hídrica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, p. 632-638, 2012.
- DAS, S.; PAUL, S. An Assessment of Soil Quality and Agricultural Production Status in the Alluvial Soil Region: A Case Study in Koch Bihar District, West Bengal, India. **India. Curr. World Environ.**, v. 17, p. 268-283, 2022.
- DURÃES, M. F.; MELLO, C. R. Distribuição espacial da erosão potencial e atual do solo na Bacia Hidrográfica do Rio Sapucaí, MG. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 21, p. 677-685, 2016.
- FILHO, O. et al. Permeabilidade ao ar da cama de semeadura do solo em sistema semeadura direta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, p. 841-851, 2015.
- GASPARINI, K. A. C. et al. Técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto aplicadas na identificação de conflitos do uso da terra em Seropédica-RJ. **Floresta e Ambiente**, v. 20, p. 296-306, 2013.
- GELAIN, E. et al. Dependência e correlação espacial dos atributos de solo em função do arranjo amostral. **Tecno-Lógica**, v. 25, n. 1, p. 145-172, 2021

GUBIANI, P. I.; REICHERT, J. M.; REINERT, D. J. Interação entre disponibilidade de água e compactação do solo no crescimento e na produção de feijoeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, p. 765-773, 2014.

LIMA, F. V. et al. Variabilidade espacial de atributos físicos do solo em área de encosta sob processo de degradação. **Revista Caatinga**, v. 28, p. 53-63, 2015.

SA, M. F. M. **Abordagem quantitativa na predição espacial de atributos do solo e geração de zonas de manejo agrícola**. 2001. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

SILVA, M. H. M. et al. Qualidade estrutural do solo em função do manejo em sistema integrado de produção agropecuária. **Revista Agroecossistemas**, v. 10, n. 1, p. 99-104, 2018.

PÁDUA, E. J.; GUERRA, A. R.; ZINN, Y. L. Modelagem da densidade do solo em profundidade sob vegetação nativa em Minas Gerais. **Revista brasileira de ciência do solo**, v. 39, p. 725-736, 2015.

PAES, R. S.; ZAPPES, C. A. Agricultura familiar no norte do estado do Rio de Janeiro: identificação de manejo tradicional. **Sociedade & Natureza**, v. 28, p. 385-395, 2016.

PÉREZ, D. V.; SIMÃO, S. M.; SALATINO, A. Identificação e caracterização da repelência à água em alguns solos brasileiros. **Revista brasileira de ciência do solo**, v. 22, p. 197-207, 1998.

QUEIROZ, J. E.; CRUCIANI, D. E.; LIBARDI, P. L. Variabilidade espacial da porosidade drenável de um solo de várzea, no município de Piracicaba, estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 3, p. 135-139, 1999.

RIBEIRO, A. Í. et al. Precision conservation: from visual analysis of soil aggregates to the use of neural networks. **Revista Ciência Agronômica**, v. 51, p. e20207733, 2021.

ROVEDDER, A. P. M. et al. Relação solo-vegetação em remanescente da floresta estacional decidual na Região Central do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, v. 44, p. 2178-2185, 2014.

SANTOS, A. C.; SALCEDO, I. H. Relevo e fertilidade do solo em diferentes estratos da cobertura vegetal na bacia hidrográfica da represa Vaca Brava, Areia, PB. **Revista Árvore**, v. 34, p. 277-285, 2010.

SARAIVA, D. F. et al. Gramíneas nativas potenciais para revegetação de áreas degradadas, a partir da avaliação de topsoil de Campo Rupestre Ferruginoso. **Hoehnea**, v. 47, 2020.

SILVA, A. F. et al. Simulação sequencial de atributos diagnósticos do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, p. 418-425, 2015.

SILVA, É. A. et al. Estrutura de solos em manejo conservacionista: Diagnóstico visual, laboratorial, caracterização e inter-relações. **Scientia Agraria**, v. 18, n. 3, p. 61-73, 2017.

SILVEIRA, G. R. P.; CAMPOS, S.; GARCIA, Y. M. Sistema de informação geográfica aplicado no diagnóstico do uso da terra da bacia hidrográfica do córrego são Caetano–Botucatu (SP). **Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista**, v. 10, n. 2, p. 238-249, 2014.

SPERANDIO, H. V. et al. Avaliação da erosão hídrica pela alteração na superfície do solo em diferentes coberturas vegetais de uma sub-bacia hidrográfica no Município de Alegre, ES. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 33, n. 4, p. 1411-1418, 2012.

TAVARES, D. D. et al. Agregação e coeficiente de vulnerabilidade estrutural de um Latossolo sob plantio direto e adubações nitrogenadas e potássicas. **Scientia Plena**, v. 18, n. 7, 2022.

VALARINI, P. J. et al. Qualidade do solo em sistemas de produção de hortaliças orgânico e convencional. **Horticultura Brasileira**, v. 29, p. 485-491, 2011.

Capítulo 13

ZOONOSES EMERGENTES: PREVENÇÃO E CONTROLE

Heloisa Barboza Gregório

Estêfane de Sousa Borges

Wagner Welber Arrais-Silva

Laylles Costa Araújo

Antônio Veimar da Silva

Carla Michelle da Silva

1. Introdução

Zoonoses são doenças infecciosas que podem ser transmitidas entre animais e seres humanos, representando uma crescente ameaça à saúde pública global. Estima-se que até 75% das doenças infecciosas emergentes sejam de origem zoonótica, sendo responsáveis por cerca de 2,5 bilhões de casos de doenças humanas e 2,7 milhões de mortes anuais em todo o mundo (SALYER et al., 2017).

Doenças zoonóticas endêmicas e emergentes representam uma grande carga para a saúde, com impactos significativos em países de baixo e médio recursos, onde chegam a representar 43,7% dos óbitos por doenças infecciosas (SALYER et al., 2017).

Além disso, mudanças ambientais, como desmatamento, urbanização e alterações climáticas, têm criado condições propícias para a emergência e reemergência de zoonoses, tornando sua prevenção e controle um desafio global prioritário.

Diante disso, esse artigo tem como objetivo discutir as principais estratégias de prevenção e controle de doenças zoonóticas emergentes, com foco em uma abordagem de "Uma Saúde" que integre as dimensões ambiental, animal e humana (WAKIMOTO et al., 2022).

Nesse contexto foi realizado um levantamento bibliográfico sobre o tema, em bases de dados científicas, com destaque para os seguintes pontos: ecologia das zoonoses, fatores de risco, vigilância, abordagens inovadoras e desafios.

2. Definição e características das zoonoses emergentes

As zoonoses emergentes são doenças infecciosas que surgem em animais e podem ser transmitidas para os seres humanos. Essas doenças são consideradas emergentes quando ocorrem em uma população humana, e sua transmissão é facilitada por fatores como o aumento do contato entre humanos e animais selvagens, a urbanização e a globalização (JONES et al., 2013). A Organização Mundial da Saúde (OMS) define zoonose emergente como um patógeno recém-reconhecido ou que sofreu evolução recente ou já tenha ocorrido anteriormente, mas que mostra aumento na sua incidência ou expansão na área geográfica quanto ao número de hospedeiros ou vetores (KARESH et al., 2012).

Aproximadamente 75% das doenças emergentes ou reemergentes do século XX são zoonoses. Essas doenças não apenas afetam a saúde humana e animal, mas também têm impacto significativo na economia dos países (SALYER et al., 2017).

A domesticação de animais silvestres também contribui para a reemergência de zoonoses. Por exemplo, a domesticação de macacos e outros primatas pode levar à transmissão de doenças como a raiva e a ebola para os seres humanos (ERKYIHUN; ALEMAYEHU, 2022).

A prevenção e controle das zoonoses emergentes envolvem medidas como vacinação de animais, adoção de boas práticas de higiene e controle de vetores (SALYER et al., 2017). O marketing também desempenha um papel importante na conscientização sobre essas doenças, informando a população sobre os riscos e medidas de prevenção (DONG; SOONG, 2021).

A pesquisa científica é fundamental para entender melhor a origem e o mecanismo de transmissão dessas doenças, bem como desenvolver métodos de diagnóstico e tratamento mais eficazes (ZAPAROLI, 2008). Além disso, a cooperação entre setores de saúde humana, animal e ambiental é crucial para garantir a efetividade das ações de prevenção e controle (SLEEMAN et al., 2017).

3. Exemplos de zoonoses emergentes

Ao longo das últimas décadas, diversos casos de zoonoses emergentes têm sido observados em diferentes partes do mundo.

Alguns exemplos notáveis incluem:

O vírus Influenza A (H1N1), conhecido como "gripe suína", que se manifestou em 2009 e se alastrou globalmente (KARESH et al., 2012).

O vírus Ebola, que causou surtos epidêmicos na África Ocidental em 2014-2016 e na República Democrática do Congo em 2018-2020 (DONG; SOONG, 2021).

O vírus Zika, que se espalhou rapidamente pelas Américas em 2015-2016, causando graves consequências para a saúde pública, como má-formação congênita em bebês.

O novo coronavírus SARS-CoV-2, responsável pela pandemia de COVID-19 que afetou o mundo a partir de 2019.

O vírus da Síndrome Respiratória Aguda Grave (SARS), que se originou na China em 2002-2003 e se disseminou a outros países.

Esses eventos ressaltam a necessidade de uma abordagem integrada de "Uma Saúde" (One Health) para a prevenção e controle dessas doenças, envolvendo a colaboração entre os setores de saúde humana, animal e ambiental (DONG; SOONG, 2021; KELLY et al., 2020).

As zoonoses emergentes continuam a representar um desafio global, exigindo vigilância constante e a implementação de medidas proativas para mitigar seu impacto na saúde pública e na economia.

4. Fatores contributivos para a emergência de zoonoses

Diversos fatores ambientais, ecológicos, sociais e econômicos têm contribuído para a emergência e reemergência de doenças zoonóticas (Tabela 1).

Tabela 1. Principais fatores que contribuem para emergência e reemergência de doenças zoonóticas

FATORES	DESCRIÇÃO
Expansão da População Humana	Crescimento populacional e urbanização, levando a maior proximidade entre humanos e animais selvagens
Mudanças Climáticas	Alterações no clima que afetam a distribuição de animais e a disseminação de patógenos
Globalização	Intensificação da produção animal e do comércio internacional, facilitando a disseminação de doenças
Intensificação da Produção Animal	Crescimento da produção animal, levando a maior proximidade entre animais e humanos
Desmatamento e Perda de Habitat	Perda de habitats naturais, levando a maior proximidade entre animais e humanos
Contato Direto com Animais	Contato direto com animais infectados, como mordeduras, arranhaduras, ou contato com secreções
Consumo de Alimentos Contaminados	Consumo de alimentos contaminados com patógenos, como carnes, ovos, laticínios, ou vegetais
Vetores	Transmissão por vetores, como mosquitos, carrapatos, ou roedores
Evolução de Patógenos	Evolução de patógenos, tornando-os mais resistentes a tratamentos ou mais contagiosos
Falta de Vigilância Epidemiológica	Falta de vigilância epidemiológica e notificação precoce de casos suspeitos

Essas mudanças ambientais e socioeconômicas têm um impacto direto na ecologia dos patógenos zoonóticos e na dinâmica de exposição humana, exigindo uma abordagem abrangente e integrada de prevenção e controle (WAKIMOTO et al., 2022).

5. Epidemiologia e impacto das zoonoses emergentes

As zoonoses emergentes têm diversas origens, como a mudança de interação entre os seres humanos e os animais, a domesticação de espécies selvagens, o desmatamento e a destruição de habitats naturais, além de alterações climáticas (KARESH et al., 2012).

Dados da Organização Mundial da Saúde (OMS) indicam que as zoonoses são responsáveis por cerca de 2,5 bilhões de casos de doenças em humanos e 2,7 milhões de mortes por ano em todo o mundo (SALYER et al., 2017).

O impacto das zoonoses emergentes é amplo e pode incluir perdas econômicas significativas, além de danos à saúde pública. A estimativa é que o impacto das doenças animais exceda 20% das perdas na produção animal mundialmente (BELAY et al., 2017). Além disso, as zoonoses geram impactos não apenas à saúde pública, mas também causam graves perdas econômicas.

Além dos custos diretos com assistência médica e medidas de controle, as zoonoses emergentes também acarretam prejuízos econômicos indiretos, como a interrupção do comércio internacional, a redução da produtividade e os impactos no turismo (ERKYIHUN; ALEMAYEHU, 2022).

Estima-se que os surtos de seis importantes zoonoses entre 1997 e 2009 tenham resultado em perdas econômicas superiores a 80 bilhões de dólares (NARROD et al., 2012). Portanto, o investimento em programas de vigilância, detecção precoce e resposta rápida a essas ameaças é fundamental para a segurança econômica e sanitária global (BELAY et al., 2017).

A compreensão da epidemiologia e do impacto das zoonoses emergentes é essencial para o desenvolvimento de estratégias eficazes de prevenção e controle (PIKE et al., 2014).

A busca de soluções para esses problemas, dada a sua complexidade, implica em uma abordagem de cooperação em nível intersetorial e requer contribuição, intervenção e colaboração de equipes profissionais dos setores da saúde humana, animal e ambiental.

6. Estratégias de prevenção de zoonoses emergentes

A prevenção e o controle das zoonoses emergentes são fundamentais para proteger a saúde pública e evitar a disseminação de patógenos. Diversas estratégias integradas podem ser adotadas para mitigar o risco dessas doenças:

- Vacinação e imunização animal - A vacinação de animais domésticos e de produção é uma das principais medidas de prevenção. Vacinas contra doenças como a raiva, febre aftosa e influenza aviária ajudam a interromper a cadeia de transmissão

entre animais e seres humanos. A imunização de animais é crucial para reduzir o risco de zoonoses (ZINSSTAG et al., 2007).

- Controle de vetores - O controle de vetores, como mosquitos, carrapatos e roedores, é essencial para prevenir a transmissão de doenças zoonóticas. Medidas como o uso de inseticidas, a eliminação de criadouros e a adoção de boas práticas de saneamento podem ajudar a reduzir a população desses vetores (THAYANUKUL et al., 2022).
- Boas práticas de higiene e segurança alimentar - A adoção de boas práticas de higiene, como a lavagem regular das mãos e o cozimento adequado de alimentos, ajuda a prevenir a transmissão de zoonoses de origem alimentar (SOUZA et al., 2020). Além disso, a implementação de padrões de segurança alimentar é fundamental para evitar a contaminação de carnes, ovos, laticínios e vegetais (OLIVEIRA et al., 2020).
- Vigilância epidemiológica e notificação precoce - A vigilância epidemiológica e a notificação precoce de casos suspeitos de zoonoses emergentes são cruciais para a detecção e resposta rápida a surtos. Isso permite a implementação de medidas de controle e contenção antes que a doença se espalhe (MONTE, 2021).
- Educação e conscientização da população - Campanhas de educação e conscientização da população sobre os riscos e medidas de prevenção de zoonoses emergentes desempenham um papel importante. Essas ações ajudam a promover mudanças de comportamento e a adoção de práticas seguras no cuidado com animais (SHIFERAW et al., 2017).
- Cooperação intersetorial - A cooperação entre os setores de saúde humana, animal e ambiental é fundamental para a implementação efetiva de estratégias de prevenção e controle de zoonoses emergentes. Essa abordagem integrada permite uma resposta mais eficaz a esses desafios de saúde pública (BELAY et al., 2017).

A aplicação conjunta dessas estratégias, fundamentadas na abordagem de "Uma Saúde", é essencial para mitigar os riscos das zoonoses emergentes e fortalecer a segurança sanitária global.

7. Controle e mitigação de zoonoses emergentes

Quando a prevenção falha e as zoonoses emergentes se manifestam, é essencial implementar medidas rápidas e eficazes de controle e mitigação para conter a disseminação da doença. Algumas estratégias-chave incluem:

- Resposta rápida a surtos - A detecção precoce de casos suspeitos e a implementação imediata de medidas de saúde pública, como isolamento, quarentena e rastreamento de contatos, são fundamentais para conter a propagação de zoonoses emergentes (BELAY et al., 2017).
- Fortalecimento da vigilância epidemiológica - Sistemas de vigilância epidemiológica robustos e integrados entre os setores de saúde humana, animal e ambiental permitem a identificação precoce de padrões incomuns e a resposta rápida a surtos (SCHELLING et al., 2007).
- Desenvolvimento de testes diagnósticos e tratamentos - Investimentos em pesquisa e desenvolvimento de testes diagnósticos precisos e tratamentos eficazes são essenciais para uma resposta eficaz às zoonoses emergentes (SCHELLING et al., 2007).
- Pesquisa e desenvolvimento de vacinas - O investimento em pesquisa e desenvolvimento de vacinas é crucial para combater zoonoses emergentes. As vacinas ajudam a interromper a transmissão entre animais e seres humanos, além de proteger populações vulneráveis (DONG; SOONG, 2021).
- Fortalecimento da infraestrutura de saúde - O fortalecimento da infraestrutura de saúde pública, incluindo hospitais, laboratórios e sistemas de vigilância, é essencial para a detecção, diagnóstico e tratamento eficaz de zoonoses emergentes (BELAY et al., 2017).
- Cooperação Internacional e Compartilhamento de Informações - A colaboração entre países e o compartilhamento oportuno de informações sobre surtos, sequenciamento genético de patógenos e melhores práticas de resposta são fundamentais para a contenção efetiva de zoonoses emergentes (RIST et al., 2014).
- Construção de Capacidades e Reforço - A melhoria contínua das capacidades de vigilância, diagnóstico, resposta e mitigação nos sistemas de saúde humana e animal é crucial para lidar com ameaças zoonóticas emergentes (BELAY et al., 2017).

A adoção integrada dessas estratégias, alinhada com a abordagem de "Uma Saúde", é essencial para fortalecer a resiliência dos sistemas de saúde pública e animal na resposta a zoonoses emergentes (KELLY et al., 2020).

8. Papel da pesquisa científica no estudo das zoonoses emergentes

A pesquisa científica desempenha um papel fundamental no estudo e compreensão das zoonoses emergentes. Essas doenças, que surgem em animais e podem ser transmitidas para os seres humanos, representam um desafio crescente para a saúde pública global. A pesquisa científica contribui de diversas maneiras para enfrentar esse desafio (DONG; SOONG, 2021).

Em primeiro lugar, a pesquisa é essencial para entender melhor a origem e os mecanismos de transmissão das zoonoses emergentes. Estudos epidemiológicos, virológicos e microbiológicos ajudam a identificar os agentes patogênicos responsáveis por essas doenças, bem como os fatores que favorecem sua emergência e disseminação, como mudanças climáticas, desmatamento e proximidade entre humanos e animais selvagens (CHOMEL et al., 2007).

Além disso, a pesquisa científica é crucial para o desenvolvimento de métodos de diagnóstico e tratamento mais eficazes. O avanço em técnicas de detecção precoce de patógenos, por exemplo, permite uma resposta mais rápida a surtos e epidemias (CABRAL et al., 2018). Da mesma forma, a pesquisa contribui para o desenvolvimento de vacinas e terapias mais eficientes para prevenir e controlar as zoonoses emergentes (CAMPOS et al., 2023).

Outro aspecto importante é a contribuição da pesquisa para o aprimoramento das estratégias de prevenção e controle dessas doenças. Estudos sobre a eficácia de medidas como vacinação animal, controle de vetores e adoção de boas práticas de higiene e segurança alimentar fornecem evidências científicas para embasar políticas públicas e ações integradas entre os setores de saúde humana, animal e ambiental (FERREIRA et al., 2021; CAMPOS et al., 2023; SOUZA et al., 2020).

Por fim, a pesquisa científica interdisciplinar, envolvendo diversas áreas do conhecimento, como medicina, veterinária, biologia, ecologia e ciências sociais, é fundamental para uma abordagem abrangente e eficaz no enfrentamento das zoonoses emergentes (BUENO-MARÍ et al., 2015; SÁNCHEZ et al., 2021). Essa cooperação entre

diferentes campos de estudo permite uma compreensão mais ampla dos desafios e o desenvolvimento de soluções inovadoras (QUARESMA et al., 2023).

Essa abordagem interdisciplinar, é fundamental para gerar evidências que embasem políticas e práticas efetivas de prevenção e controle das zoonoses emergentes.

9. Educação e conscientização sobre zoonoses emergentes

A educação e a conscientização da população sobre zoonoses emergentes são de suma importância na prevenção e controle dessas doenças.

A educação pública deve abordar de forma clara e acessível os riscos associados às zoonoses, bem como as medidas preventivas que podem ser adotadas pelos indivíduos e comunidades. Iniciativas de comunicação e programas educacionais devem alcançar diferentes públicos-alvo, incluindo profissionais de saúde, trabalhadores rurais, caçadores, criadores de animais e população em geral (WAKIMOTO et al., 2022).

Esses esforços de educação e conscientização devem focar em aspectos como:

- Entendimento dos mecanismos de transmissão de zoonoses entre animais e seres humanos.
- Adoção de boas práticas de higiene, segurança alimentar e contato com animais.
- Identificação precoce de sinais e sintomas de doenças zoonóticas.
- Procedimentos adequados de notificação e busca por assistência médica.
- Importância da vacinação de animais e pessoas.

Ademais, a educação deve abordar a necessidade de uma abordagem integrada, envolvendo os setores de saúde, agricultura e meio ambiente, para lidar efetivamente com as zoonoses emergentes (WAKIMOTO et al., 2022).

O engajamento ativo da sociedade civil, incluindo organizações não governamentais e líderes comunitários, também é fundamental para amplificar os esforços de conscientização e promover mudanças comportamentais na população (RIBEIRO et al., 2020).

Investir na educação e na sensibilização da população é uma estratégia essencial para reduzir o risco de emergência e disseminação de zoonoses, complementando os esforços científicos e de fortalecimento dos sistemas de saúde pública.

10. Considerações finais

As zoonoses emergentes representam um desafio crescente para a saúde pública global, exigindo uma abordagem integrada e multissetorial, alinhada com a estratégia de "Uma Saúde".

Essa abordagem requer o fortalecimento da infraestrutura de saúde, a cooperação internacional, a construção de capacidades e o reforço dos sistemas de vigilância e resposta a surtos.

A pesquisa científica desempenha um papel crucial no avanço do conhecimento sobre a origem, transmissão e estratégias de prevenção e controle dessas doenças. Por sua vez, a educação e a conscientização pública são fundamentais para a adoção de comportamentos preventivos e a corresponsabilização da sociedade no enfrentamento dessa ameaça.

A implementação efetiva dessas estratégias, de forma coordenada e sustentável, é essencial para minimizar o impacto das zoonoses emergentes e promover a saúde e o bem-estar da população.

Referências Bibliográficas

- BELAY, E. D. et al. Zoonotic disease programs for enhancing global health security. **Emerging infectious diseases**, v. 23, n. Suppl 1, p. S65, 2017.
- BUENO-MARÍ, R.; ALMEIDA, A. P. G.; NAVARRO, J. C. Emerging zoonoses: eco-epidemiology, involved mechanisms, and public health implications. **Frontiers in public health**, v. 3, p. 157, 2015.
- CABRAL, K. C. et al. Avaliação do tratamento antirrábico humano pós-exposição, associado a acidentes com cães. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 70, p. 682-688, 2018.
- CAMPOS, Y. M. C. et al. Perspectivas promissoras em vacinas contra doenças infecciosas emergentes. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, v. 9, n. 7, p. 1698-1709, 2023.
- CHOMEL, B. B.; BELOTTO, A.; MESLIN, FX. Wildlife, exotic pets, and emerging zoonoses. **Emerging infectious diseases**, v. 13, n. 1, p. 6, 2007.
- DONG, X.; SOONG, L. Emerging and re-emerging zoonoses are major and global challenges for public health. **Zoonoses**, v. 1, n. 1, 2021.
- ERKYIHUN, G. A.; ALEMAYEHU, M. B. One Health approach for the control of zoonotic diseases. **Zoonoses**, v. 2, n. 1, p. 963, 2022.
- FERREIRA, H. R. P.; PACHECO, A. C. L.; MARQUES, M. M. M. Aspectos epidemiológicos da Leishmaniose Visceral Humana no estado do Piauí, Brasil (2007-2017). **Rev. epidemiol. controle infecç**, p. 1-14, 2021.
- JONES, B. A. et al. Zoonosis emergence linked to agricultural intensification and environmental change. **Proceedings of the national academy of sciences**, v. 110, n. 21, p. 8399-8404, 2013.
- KARESH, W. B. et al. Ecology of zoonoses: natural and unnatural histories. **The Lancet**, v. 380, n. 9857, p. 1936-1945, 2012.
- KELLY, T. R. et al. Implementing One Health approaches to confront emerging and re-emerging zoonotic disease threats: lessons from predict. **One Health Outlook**, v. 2, p. 1-7, 2020.
- MONTE, A. C. B. C. Perspectivas da notificação obrigatória de doenças ao serviço veterinário oficial. **Revista de Ciências da Saúde Nova Esperança**, v. 19, n. 1, p. 59-68, 2021.

- NARROD, C.; ZINSSTAG, J.; TIONGCO, M. A one health framework for estimating the economic costs of zoonotic diseases on society. **EcoHealth**, v. 9, p. 150-162, 2012.
- OLIVEIRA, A. M. C. et al. Adequação de serviços de alimentação às boas práticas de fabricação. **Conexões-Ciência e Tecnologia**, v. 14, n. 1, p. 30-36, 2020.
- PIKE, J. et al. Economic optimization of a global strategy to address the pandemic threat. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 111, n. 52, p. 18519-18523, 2014.
- QUARESMA, P. F.; MARTINS-DUARTE, E. S. MEDEIROS, L. S. C. One Health Approach in Zoonosis: strategies to control, diagnose and treat neglected diseases. **Frontiers in Cellular and Infection Microbiology**, v. 13, p. 1227865, 2023.
- RIBEIRO, A. C. A. et al. Zoonoses e Educação em Saúde: Conhecer, Compartilhar e Multiplicar. **Brazilian Journal of Health Review**, v. 3, n. 5, p. 12785-12801, 2020.
- RIST, C. L.; ARRIOLA, C. S.; RUBIN, C. Prioritizing zoonoses: a proposed one health tool for collaborative decision-making. **PloS one**, v. 9, n. 10, p. e109986, 2014.
- SALYER, S. J. et al. Prioritizing zoonoses for global health capacity building—themes from One Health zoonotic disease workshops in 7 countries, 2014–2016. **Emerging infectious diseases**, v. 23, n. 1, p. 55, 2017.
- SÁNCHEZ, C. A.; VENKATACHALAM-VAZ, J.; DRAKE, J. M. Spillover of zoonotic pathogens: A review of reviews. **Zoonoses and public health**, v. 68, n. 6, p. 563-577, 2021.
- SCHELLING, E. et al. Research approaches for improved pro-poor control of zoonoses. **Food and Nutrition Bulletin**, v. 28, n. 2, p. S345-S356, 2007.
- SHIFERAW, M. L. et al. Frameworks for preventing, detecting, and controlling zoonotic diseases. **Emerging infectious diseases**, v. 23, n. 1, p. S71, 2017.
- SLEEMAN, J. M.; DELIBERTO, T.; NGUYEN, N. Optimization of human, animal, and environmental health by using the One Health approach. **Journal of Veterinary Science**, v. 18, n. 1, p. 263, 2017.
- SOUZA, H. P. et al. Doenças infecciosas e parasitárias no Brasil de 2010 a 2017: aspectos para vigilância em saúde. **Revista panamericana de salud publica**, v. 44, p. e10, 2020.
- THAYANUKUL, P. et al. Simple, sensitive, and cost-effective detection of w AlbB Wolbachia in Aedes mosquitoes, using loop mediated isothermal amplification combined with the electrochemical biosensing method. **PLoS Neglected Tropical Diseases**, v. 16, n. 5, p. e0009600, 2022.

WAKIMOTO, M. D. et al. COVID-19 and zoonoses in Brazil: environmental scan of one health preparedness and response. **One Health**, v. 14, p. 100400, 2022.

ZAPAROLI, W. Desenvolvimento de um modelo computacional para geração de alertas contra doenças infecciosas. **ConScientiae Saúde**, v. 6, n. 1, p. 137-146, 2007.

ZINSSTAG, J. et al. Human benefits of animal interventions for zoonosis control. **Emerging infectious diseases**, v. 13, n. 4, p. 527, 2007.

Capítulo 14

BIOTECNOLOGIA APLICADA À PRODUÇÃO ANIMAL: AVANÇOS E DESAFIOS

Lucas Santos da Silva

Heloisa Barboza Gregório

Thayná da Cruz Paduan Silva

Laylles Costa Araújo

Estêfane de Sousa Borges

Cicero Adriano da Silva

Antônio Veimar da Silva

Carla Michelle da Silva

1. Introdução

A biotecnologia tem desempenhado um papel fundamental no avanço da produção animal, proporcionando inovações tecnológicas que buscam atender aos desafios da pecuária moderna (SAID et al., 2020). Essas tecnologias têm sido aplicadas em diversas áreas, como reprodução, melhoramento genético, manejo sanitário, nutrição e tratamento de resíduos (TEIXEIRA et al., 2013).

O desenvolvimento biotecnológico tem contribuído para o aumento da eficiência e produtividade dos sistemas de produção animal, bem como para a melhoria da qualidade dos produtos (DINIZ; FERREIRA, 2010; SAID et al., 2020).

Neste contexto, este artigo tem como objetivo realizar uma revisão sobre os principais avanços e desafios da biotecnologia aplicada à produção animal. Para isso, procedeu-se um levantamento bibliográfico de artigos científicos publicados em bases de dados nacionais e internacionais, tais como ScienceDirect, Scielo e PubMed.

2. Melhoramento genético animal

O melhoramento genético animal é um campo fundamental da biotecnologia aplicada à produção animal. Ao longo das últimas décadas, diversas estratégias têm sido desenvolvidas e aprimoradas para identificar e selecionar animais com genótipos superiores, visando aumentar a eficiência da produção de alimentos de origem animal (COUTINHO et al., 2010).

Uma das principais ferramentas utilizadas no melhoramento genético animal é o uso de marcadores moleculares. Esses marcadores, baseados em polimorfismos de DNA, permitem identificar regiões do genoma associadas a características de interesse econômico, como produção de leite, carne e ovos, bem como resistência a doenças (CAETANO, 2009). Ao associar esses marcadores a fenótipos desejáveis, os programas de melhoramento podem acelerar o progresso genético, selecionando animais com maior potencial produtivo (BOSCOLLO, 2021).

Além dos marcadores moleculares, o mapeamento de QTLs (Quantitative Trait Loci) tem sido uma estratégia importante no melhoramento genético animal. Esse mapeamento permite identificar regiões cromossômicas que contêm genes ou conjunto de genes responsáveis por características quantitativas de interesse, como produção de leite e carne. A identificação desses QTLs auxilia na seleção de animais com maior potencial produtivo (SILVA et al., 2009).

Mais recentemente, o desenvolvimento de técnicas de sequenciamento de DNA e RNA tem permitido a identificação de novos genes candidatos associados a características de interesse zootécnico (COUTINHO et al., 2010). Isso genômica possibilita uma compreensão mais aprofundada dos mecanismos moleculares que regulam a expressão de características produtivas, reprodutivas e de saúde nos animais (NONES, 2015).

A integração dessas diferentes ferramentas biotecnológicas, como marcadores moleculares, mapeamento de QTLs e sequenciamento de DNA/RNA, tem sido fundamental para acelerar o progresso genético nos programas de melhoramento animal. Essa abordagem multidisciplinar permite a seleção mais precisa de animais com genótipos superiores, contribuindo para o aumento da eficiência e da sustentabilidade da produção animal (COUTINHO et al., 2010).

No entanto, é importante ressaltar que o melhoramento genético animal não se limita apenas à aplicação de biotecnologias. Outras estratégias tradicionais, como a

seleção fenotípica e o uso de informações de pedigree, também desempenham um papel importante na melhoria das características de interesse econômico (LÔBO et al., 2000).

Além disso, o melhoramento genético animal deve considerar não apenas a produtividade, mas também aspectos relacionados ao bem-estar animal, à saúde e à qualidade dos produtos de origem animal. Essa abordagem mais ampla e equilibrada é essencial para garantir a sustentabilidade a longo prazo dos sistemas de produção animal (MUÑOZ et al., 2022).

3. História da biotecnologia animal

A biotecnologia animal tem uma história longa e complexa, que se estende desde a antiguidade até os dias atuais. Embora a biotecnologia seja uma disciplina relativamente recente, a aplicação de técnicas biotecnológicas na produção animal tem sido uma prática comum ao longo dos séculos (DINIZ; DINIZ, 2018).

Um dos primeiros exemplos de aplicação de biotecnologia animal é a domesticação de animais. A domesticação de animais, como o gado e as aves, permitiu que os seres humanos controlassem a reprodução e o crescimento desses animais, tornando-os mais produtivos e fáceis de manusear. Essa prática, que começou há cerca de 10.000 anos, permitiu que as populações humanas se expandissem e prosperassem (HARTUNG, 2013).

No entanto, a biotecnologia animal como conhecemos hoje começou a se desenvolver apenas nos últimos séculos. No início do século XX, os cientistas começaram a entender melhor a estrutura do DNA e a desenvolver técnicas para manipular o genoma dos animais. Isso permitiu a criação de animais geneticamente modificados, que poderiam produzir produtos de origem animal com características específicas (COUTINHO et al., 2010).

Nas décadas seguintes, a biotecnologia animal passou por uma série de avanços significativos. O desenvolvimento de técnicas de clonagem, transferência nuclear e fecundação in vitro permitiu a reprodução de animais com genótipos desejáveis de forma mais eficiente. Além disso, o sequenciamento do genoma de diversas espécies animais proporcionou uma melhor compreensão da base genética das características de interesse zootécnico (CARVALHO et al., 2023).

Uma das primeiras aplicações significativas da biotecnologia animal foi a produção de hormônios recombinantes, que incluem o hormônio do crescimento e o hormônio de

lactação, são produzidos por bactérias geneticamente modificadas e são usados para melhorar a produção de leite e carne em animais (MELO et al., 2007).

Outra aplicação importante da biotecnologia animal foi a criação de vacinas recombinantes, que atuam contra doenças como a gripe e a raiva, são produzidas por células geneticamente modificadas e são usadas para proteger os animais contra doenças (SAID et al., 2020).

A biotecnologia animal também tem sido utilizada para melhorar a resistência dos animais a doenças, através da introdução de genes que codificam proteínas que ajudam a prevenir a infecção por patógenos específicos (COUTINHO et al., 2010).

Além disso, a biotecnologia pode melhorar a eficiência da produção animal, mediante a introdução de genes que codificam proteínas que otimizam a eficiência da digestão ou a resistência a estresse (DINIZ; DINIZ, 2018).

Atualmente, a biotecnologia animal desempenha um papel fundamental na produção animal, permitindo o desenvolvimento de animais mais produtivos, saudáveis e adaptados a diferentes sistemas de produção (TEIXEIRA et al., 2013).

Esse histórico revela a importância da biotecnologia na evolução da produção animal, desde a domesticação até os avanços mais recentes. À medida que a tecnologia continua a se desenvolver, é provável que a biotecnologia animal desempenhe um papel ainda mais central na garantia da segurança alimentar e na promoção da sustentabilidade dos sistemas de produção animal.

4. Aplicação de biotecnologia em diferentes espécies animais

A biotecnologia animal é uma ferramenta poderosa que pode ser aplicada em diferentes espécies para melhorar a eficiência da produção animal. Uma das principais aplicações é na produção de leite e carne, onde a biotecnologia é usada para melhorar a produção e a qualidade dos produtos (SAID et al., 2020).

Em bovinos, a biotecnologia é usada para melhorar a produção de leite e carne, através da introdução de genes que codificam proteínas que melhoram a eficiência da digestão e a resistência a estresse. Pode ser utilizada ainda para produzir hormônios recombinantes que melhoram a produção de leite e carne (CARVALHO et al., 2023).

Em suínos, é usada para melhorar a resistência a doenças e a eficiência da produção, mediante a inserção de genes que codificam proteínas que ajudam a prevenir a

infecção por patógenos específicos. Também é usada para produzir vacinas recombinantes que protegem os suínos contra doenças (DINIZ; FERREIRA, 2010).

Em aves, é usada para melhorar a eficiência da produção de ovos e carne. Essa biotecnologia também é usada para produzir hormônios recombinantes que melhoram a produção de ovos e carne (GIFRE et al., 2017).

Em equinos, a biotecnologia é usada para melhorar a resistência a doenças e a eficiência da produção. Isso é feito através da introdução de genes que codificam proteínas que ajudam a prevenir a infecção por patógenos específicos (CARVALHO et al., 2023). Além disso, a biotecnologia também é usada para produzir vacinas recombinantes que protegem os equinos contra doenças.

Em outras espécies, como ovinos e caprinos, a biotecnologia melhora a eficiência da produção de leite e carne. Ela otimiza a digestão e a resistência a estresse (COUTINHO et al., 2010).

Dessa forma, a biotecnologia animal é uma ferramenta poderosa que pode ser aplicada em diferentes espécies para melhorar a eficiência da produção animal. A aplicação da biotecnologia em diferentes espécies permite melhorar a produção de leite, carne e ovos, bem como a resistência a doenças.

5. Desafios éticos e de sustentabilidade na biotecnologia animal

A aplicação da biotecnologia na produção animal, embora ofereça muitos benefícios, também apresenta desafios éticos e de sustentabilidade que devem ser cuidadosamente considerados.

Um dos principais desafios éticos é a preocupação com o bem-estar animal. A engenharia genética, uma das principais ferramentas da biotecnologia animal, pode levar a alterações fisiológicas, metabólicas e clínicas nos animais geneticamente modificados. Essas alterações podem afetar negativamente o bem-estar dos animais, causando sofrimento e comprometendo sua qualidade de vida (SANTOS et al., 2010).

Além disso, há preocupações sobre os possíveis impactos da biotecnologia animal na saúde humana. Alguns animais geneticamente modificados podem produzir proteínas ou substâncias que podem ser prejudiciais aos seres humanos que consomem seus produtos. Isso levanta questões sobre a segurança alimentar e a necessidade de rigorosos testes de segurança (DIAS, 2011).

Outro desafio é a sustentabilidade ambiental. A produção em larga escala de animais geneticamente modificados pode ter impactos negativos no meio ambiente, como a contaminação de ecossistemas naturais e a depleção de recursos naturais. É necessário avaliar cuidadosamente os efeitos a longo prazo da biotecnologia animal no meio ambiente (PINOTTI; SANTOS, 2013).

Questões éticas também surgem em relação à equidade e à justiça social. O acesso à biotecnologia animal pode ser limitado a grandes empresas e produtores, excluindo pequenos agricultores e comunidades rurais. Isso pode aumentar as desigualdades e afetar negativamente a segurança alimentar de populações vulneráveis (DIAS, 2011).

Além disso, a biotecnologia animal pode levar a preocupações sobre a diversidade genética. A seleção intensiva de animais com características desejáveis pode levar à perda de diversidade genética, tornando as populações animais mais vulneráveis a doenças e mudanças ambientais (MUNIZ et al., 2003).

Para abordar esses desafios, é essencial que a aplicação da biotecnologia animal seja acompanhada de uma abordagem ética e sustentável. Isso inclui a implementação de regulamentações rigorosas, a realização de avaliações de impacto ambiental e social, e o envolvimento de todas as partes interessadas, incluindo especialistas em ética, cientistas, produtores e consumidores (MUÑOZ et al., 2022).

Assim, a biotecnologia animal apresenta desafios éticos e de sustentabilidade que devem ser cuidadosamente considerados. Uma abordagem responsável e equilibrada, que leve em conta o bem-estar animal, a segurança alimentar, a equidade social e a preservação do meio ambiente, é essencial para garantir que os benefícios da biotecnologia animal sejam alcançados de forma ética e sustentável.

6. Impacto ambiental e social

A biotecnologia animal tem tido um impacto significativo no meio ambiente e na sociedade. Por um lado, a aplicação da biotecnologia tem permitido aumentar a eficiência e a produtividade da produção animal, contribuindo para a segurança alimentar global. Por outro lado, essa tecnologia também tem suscitado preocupações quanto aos seus potenciais impactos ambientais e sociais (MUNIZ et al., 2003).

Um dos principais benefícios ambientais da biotecnologia animal é a possibilidade de reduzir a pressão sobre os recursos naturais. Ao aumentar a eficiência da conversão

alimentar e a produtividade animal, pode-se diminuir a necessidade de áreas de pastagem e o uso de insumos como água e energia (Said et al., 2020). Além disso, a produção de animais mais resistentes a doenças pode reduzir o uso de agroquímicos, como antibióticos e pesticidas (MUÑOZ et al., 2022).

Entretanto, a introdução de animais geneticamente modificados no meio ambiente também traz riscos, como a possível perda de biodiversidade por meio da competição com espécies nativas ou a transferência de genes modificados para populações naturais. Portanto, é crucial que a liberação de animais transgênicos seja cuidadosamente avaliada e regulamentada para minimizar os impactos ambientais adversos (MUNIZ et al., 2003).

Do ponto de vista social, a biotecnologia animal pode desempenhar um papel importante na melhoria da segurança alimentar, especialmente em países em desenvolvimento (BARBOSA; RAMPAZZO, 2021). A produção de alimentos de origem animal mais nutritivos e a maior eficiência da produção podem aumentar a disponibilidade e a acessibilidade de proteínas de alta qualidade para populações carentes. Adicionalmente, a biotecnologia tem sido aplicada no desenvolvimento de vacinas e na produção de fármacos que beneficiam a saúde humana e animal (MUNIZ et al., 2003).

Entretanto, existem também preocupações éticas relacionadas à manipulação genética de animais. Alguns argumentam que essa prática não respeita a integridade dos animais e representa uma interferência indevida na natureza (DINIZ; FERREIRA, 2010). Portanto, é necessário um debate amplo e inclusivo sobre os aspectos éticos, legais e regulatórios da biotecnologia animal, de modo a assegurar que seu desenvolvimento e aplicação ocorram de forma responsável e alinhada com os valores sociais (ALBAGLI, 1998).

Em resumo, a biotecnologia animal tem impactos ambientais e sociais significativos, tanto positivos quanto negativos. É importante que seu desenvolvimento e aplicação sejam acompanhados de uma abordagem cuidadosa e equilibrada, que leve em conta os potenciais benefícios, os riscos e as preocupações é (MUÑOZ et al., 2022).

7. Inovação e investimento em biotecnologia animal

A biotecnologia animal tem sido alvo de significativos investimentos em pesquisa e desenvolvimento, impulsionando a inovação nesse campo (DIAS, 2011).

Grandes empresas de biotecnologia e farmacêuticas têm investido pesadamente no desenvolvimento de soluções biotecnológicas para a produção animal, visando melhorar a eficiência, a produtividade e a qualidade dos produtos (ALBAGLI, 1998). Essas empresas investem em pesquisas para desenvolver animais geneticamente modificados, vacinas recombinantes, hormônios e outras tecnologias avançadas (DINIZ; FERREIRA, 2010; MUÑOZ et al., 2022).

Além disso, os governos de diversos países também têm destinado recursos substanciais para o fomento da pesquisa e do desenvolvimento em biotecnologia animal. Tais investimentos visam impulsionar a inovação, aumentar a competitividade da produção animal e atender a demandas crescentes por alimentos mais saudáveis e sustentáveis (DINIZ; DINIZ, 2018)

Esse cenário de investimentos em inovação biotecnológica animal tem resultado em avanços significativos, como o desenvolvimento de animais mais resistentes a doenças, com maior eficiência na conversão alimentar e na produção de leite, carne e ovos (MUNIZ et al., 2003).

A aplicação da biotecnologia na produção animal também tem sido estimulada pela necessidade de atender a demandas de uma população global em crescimento e de enfrentar os desafios ambientais e de segurança alimentar (MUNIZ et al., 2003).

Nesse contexto, a integração entre a criação animal e a produção vegetal, conhecida como produção integrada de base ecológica, é vista como uma alternativa sustentável que pode ser impulsionada pela biotecnologia. Essa abordagem visa a minimizar os impactos ambientais, promover a diversidade de provisões e contribuir para a segurança alimentar (PINOTTI; SANTOS, 2013).

Portanto, a biotecnologia animal tem sido alvo de crescentes investimentos e esforços de inovação, visando atender a demandas cada vez maiores por uma produção animal mais eficiente, sustentável e alinhada com as preocupações éticas e ambientais.

8. Perspectivas futuras

A biotecnologia animal tem sido uma ferramenta poderosa para melhorar a eficiência da produção animal e a qualidade dos produtos de origem animal. Com o avanço das tecnologias, as perspectivas futuras da biotecnologia animal são cada vez mais promissoras (SAID et al., 2020).

Uma das principais perspectivas é a produção de proteínas terapêuticas em animais geneticamente modificados, pois podem ser usadas para tratar doenças humanas, como a diabetes e a doença de Alzheimer, sendo ainda usada para produzir vacinas e medicamentos (DINIZ; FERREIRA, 2010; MUNIZ et al., 2003).

Outra perspectiva é a criação de modelos de estudos para doenças humanas em animais geneticamente modificados. Isso permitirá que os cientistas estudem melhor as doenças e desenvolvam tratamentos mais eficazes. Além disso, a biotecnologia animal também pode ser usada para produzir modelos de estudos para doenças animais, ajudando a melhorar a compreensão e o tratamento dessas doenças (DINIZ; FERREIRA, 2010).

A biotecnologia animal também pode ser usada para melhorar a eficiência da produção animal, através da introdução de genes que codificam proteínas que melhoram a eficiência da digestão e a resistência a estresse. Também pode ser usada para produzir hormônios recombinantes que melhoram a produção de leite e carne (GIFRE et al., 2017).

A biotecnologia animal pode ser empregada na melhoria da resistência dos animais a doenças, por meio da inserção de genes que codificam proteínas que ajudam a prevenir a infecção por patógenos específicos. Podem ainda ser usada para produzir vacinas recombinantes que protejam os animais contra doenças (ALEMNEH, 2020).

A integração da biotecnologia animal com outras estratégias de melhoramento genético, como a seleção fenotípica e o uso de informações de pedigree, é essencial para garantir o sucesso dos programas de melhoramento animal (DINIZ; FERREIRA, 2010). Além disso, a consideração de aspectos éticos e de sustentabilidade é fundamental para garantir que a aplicação da biotecnologia animal seja responsável e benéfica para a sociedade (SILVA; CORRÊA, 2020).

Uma das coisas mais importantes é que a biotecnologia animal ajuda na compreensão dos mecanismos moleculares que regulam a expressão de características produtivas, reprodutivas e de saúde nos animais, possibilitando que os cientistas desenvolvam estratégias mais eficazes para melhorar a eficiência da produção animal e a qualidade dos produtos de origem animal (CARVALHO et al., 2023).

Tendo em vista isso, a biotecnologia animal tem perspectivas futuras muito promissoras, tais como a produção de proteínas terapêuticas, a criação de modelos de estudos para doenças humanas e a melhoria da eficiência da produção animal. É essencial que a aplicação da biotecnologia animal seja acompanhada de uma abordagem ética e

sustentável para garantir que os benefícios sejam alcançados de forma responsável (DINIZ; FERREIRA, 2010).

9. Considerações finais

A biotecnologia animal é uma área em rápido desenvolvimento que apresenta grandes possibilidades, mas também desafios éticos e ambientais a serem enfrentados. É fundamental que seu avanço seja orientado por uma perspectiva responsável e sustentável, que equilibre os benefícios da tecnologia com a preservação do bem-estar animal, a conservação ambiental e o respeito aos valores sociais.

Nesse sentido, é crucial o estabelecimento de uma regulamentação robusta, embasada em evidências científicas rigorosas, que garanta a segurança e a sustentabilidade das aplicações da biotecnologia animal. Além disso, é essencial que haja um diálogo amplo e inclusivo entre cientistas, formuladores de políticas, ativistas e a sociedade civil para definir os rumos éticos dessa tecnologia.

Referências Bibliográficas

- ALBAGLI, S. Da biodiversidade à biotecnologia: a nova fronteira da informação. **Ciência da informação**, v. 27, p. 7-10, 1998.
- YALEW, K.; GELAYE, A.; FESSEHA, H. Genetic engineering application in animal breeding-review. **Technology**, v. 32, n. 4, 2020.
- BARBOSA, C. V. M.; RAMPAZZO, L. Organismos geneticamente modificados: uma análise à luz do princípio da precaução. **Revista de Biodireito e Direito dos Animais**, v. 7, n. 1, p. 98-115, 2021.
- BOSCOLLO, P. P. **Desenvolvimento de índices de seleção bioeconômicos para a ovinocultura de corte em diferentes sistemas de terminação**. 2021. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.
- CAETANO, A. R. Marcadores SNP: conceitos básicos, aplicações no manejo e no melhoramento animal e perspectivas para o futuro. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, p. 64-71, 2009.
- CARVALHO, R. A. et al. Uso da ressinchronização precoce como modelo para bovinocultura de corte em pequenas propriedades catarinenses. **Agropecuária Catarinense**, v. 36, n. 1, p. 12-14, 2023.
- COUTINHO, L. L.; ROSÁRIO, M. F.; JORGE, E. C. Biotecnologia animal. **Estudos avançados**, v. 24, p. 123-147, 2010.
- DIAS, M. C. Metamorfoses do humano: notas sobre o debate ético em torno da biotecnologia para o aperfeiçoamento humano. **Ethic@-An international Journal for Moral Philosophy**, v. 9, n. 1, p. 29-42, 2010.
- DINIZ, M. O.; FERREIRA, L. C. S. Biotecnologia aplicada ao desenvolvimento de vacinas. **Estudos avançados**, v. 24, p. 19-30, 2010.
- DINIZ, M. B.; DINIZ, M. J. T. Exploração dos recursos da biodiversidade da Amazônia Legal: uma avaliação com base na abordagem do Sistema Nacional/Regional de Inovação. **Redes. Revista do Desenvolvimento Regional**, v. 23, n. 2, p. 210-237, 2018.
- GIFRE, L. et al. Trends in recombinant protein use in animal production. **Microbial cell factories**, v. 16, p. 1-17, 2017.
- HARTUNG, J. A short history of livestock production. In: **Livestock housing**. Wageningen Academic, 2013. p. 21-34.

- LÔBO, R. N. B.; PENNA, V. M.; MADALENA, F. E. Avaliação de um esquema de seleção para bovinos zebus de dupla aptidão. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, p. 1349-1360, 2000.
- MELO, E. O. et al. Animal transgenesis: state of the art and applications. **Journal of applied genetics**, v. 48, p. 47-61, 2007.
- MUNIZ, C. R. et al. Alimentos transgênicos: segurança, riscos alimentares e regulamentações. **Bol. Centro Pesqui. Process. Aliment**, v. 21, n. 2, p. 209-222, 2003.
- MUÑOZ, M. S. G. et al. Impactos ambientais e socioeconômicos da produção integrada de base ecológica em unidades de produção familiar do Distrito Federal e entorno. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 60, p. e222418, 2021.
- NONES, K. **Mapeamento de QTLs no cromossomo 1 de Gallus gallus que influenciam características de desempenho e carcaça**. 2004. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.
- PINOTTI, M. M. Z.; SANTOS, J. C. P. From the ancient times of the agriculture to the biological control in plants: a little of the history. **Ciência Rural**, v. 43, p. 1797-1803, 2013.
- SAID, S. et al. The role of biotechnology in animal production. In: **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**. IOP Publishing, 2020. p. 012035.
- SANTOS, C. R. et al. Patologia de neonatos bovinos originados por meio da técnica de transferência nuclear de células somáticas clonagem. **Braz. j. vet. res. anim. sci**, p. 447-453, 2010.
- SILVA, K. M. et al. Mapeamento de locos de características quantitativas para desempenho no cromossomo 4 de suínos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, p. 474-479, 2009.
- SILVA, T. T. D.; CORRÊA, M. Inovação biomédica e ética: técnicas substitutivas na experimentação animal. **Revista Bioética**, v. 28, n. 4, p. 674-682, 2020.
- TEIXEIRA, I. A. M. et al. Inovações tecnológicas na caprinocultura. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 14, p. 104-120, 2013.

ORGANIZADORES

CARLA MICHELLE DA SILVA



Doutora em Fitotecnia (UFV). Mestre em Agronomia/Fitotecnia (UFPI). Especialista em Gestão Ambiental (FINOM), Biologia e Química (URCA) e Consultoria e Licenciamento Ambiental (Faculdade Única de Ipatinga). Graduada em Ciências Biológicas (Universidade Iguazu), Engenharia Agrônômica (UESPI) e Pedagogia (Faculdade Única de Ipatinga). E-mail: carla.mic@hotmail.com

ANTÔNIO VEIMAR DA SILVA



Doutorado em Agronomia. Grandes Culturas (UFPB). Mestre em Ensino de Ciências e Matemática (UNICSUL). Especialista em Engenharia de Segurança no Trabalho (Faculdade Única), Ensino de Matemática (FINON), Docência do Ensino Superior (ISEPRO), Fitotecnia (UFPI), Proteção de Plantas (UFV). Graduado em Pedagogia (UFPI), Matemática (UESPI) e Engenharia Agrônômica (UESPI). Técnico em Segurança no Trabalho. Participa do grupo de pesquisa ITESI/CNPq - Grupo de Pesquisa Itinerários Interdisciplinares em Estudos Sobre o Imaginário, Linguagens e Culturas. E-mail: veimar74185@gmail.com

KADJA LEMOS SILVA



Especialista em Direito do Trabalho (UniBF). Graduada em Direito (UNAMA). Atualmente é advogada da Universidade da Amazônia e Grupo Ser Educacional S/A. E-mail: kadjalemos19@gmail.com

JÚNIOR PEREIRA DE SOUZA



Mestrando em Engenharia Ambiental (UERJ). Pós-graduado em Engenharia da Qualidade (AEDB), Educação Especial e Inclusiva (FCE) e Letramento (FCE). Graduado em licenciatura R2 em Pedagogia (FCE), Engenharia de Produção (FER) e Logística (UNESA). Atualmente é Engenheiro de Pós Vendas em uma multinacional fabricante de caminhões e ônibus no estado do Rio de Janeiro. E-mail: juninps01@gmail.com

CURRÍCULO DOS AUTORES

Ailton Caetano Nascimento Pessoa

Especialista em Engenharia Ambiental (UniBF). Especialista em Gestão de Projetos e Suprimentos (UCAM). MBA em Gestão de Obras na Construção Civil (UniBF). Licenciando em Geografia (FAVENI). Engenheiro de Segurança do Trabalho pela Universidade Pitágoras Unopar Anhanguera (UNOPAR). Engenheiro Civil (UNAMA). Técnico em Edificações (IFPA). E-mail: ailtoncnpessoa@gmail.com

Alex Santos de Deus

Doutorando em Agronomia (Produção Vegetal – UFAL). Mestre em Energias Renováveis (UFPB). Engenheiro Agrônomo (UFPB). E-mail: alex_santos_d@yahoo.com.br

Alice Vitória Rodrigues Barreto

Bióloga e Mestranda em Agricultura e Ambiente (UFAL). Brasil. E-mail: alice.barreto@arapiraca.ufal.br

Aline Daniele da Cunha Lima

Mestranda em Agronomia (UFPB). Especialista em Gestão dos Recursos Ambientais do Semiárido (IFPB). Licenciada em Ciências Biológicas (UFMG) e em Pedagogia (UNIASSELVI). E-mail: alinelima.nf@gmail.com

Andreza Lima Cunha

Mestranda em Agronomia UFPB. Graduada em Agroecologia. E-mail: andrezalima1533@gmail.com

André Maciel da Silva

Graduando em Engenharia Ambiental Sanitária (Unifatecie), Tecnologia em Gestão Ambiental (IFPA) e Gestão Desportiva e de Lazer (Cruzeiro do Sul). Técnico em Processamento de Dados (EEEFM Mal. Cordeiro de Farias - Belém PA). Atualmente Funcionário Público Estadual no Belém-PA e Compositor Nacional (Associação AMAR). E-mail: produtor.compositor.maciell@gmail.com

Bernardo Hamuyela Luciano

Doutorando em Engenharia Ambiental. Mestre em Engenharia e Tecnologia Ambiental (UFPR). Pós-Graduado em Gestão e Educação Ambiental, Engenharia de Produção e MBA em Gestão de Projetos (UNIASSELVI). Graduado em Engenharia de Petróleo e Gás (USPTU). E-mail: benyluciano@gmail.com

Bruno Antônio Lemos de Freitas

Doutor em Fitotecnia (UFV), Mestre em Ciências (UFS), Especialista em Ensino Profissional e Tecnológico (IFSudesteMG) e Engenheiro Florestal (UFS). Atualmente é bolsista de pós-doutorado e professor colaborador na Universidade Federal do Acre. E-mail: brunoalf1990@gmail.com

Claudia Doce Silva Coelho de Souza

Mestre em Direitos Fundamentais (UNAMA). Especialista em Direito Processual (UNAMA). Graduada em Direito (UNAMA). Atualmente é advogada do Grupo Ser Educacional, Professora do Curso de Direito da Universidade da Amazônia - UNAMA e Coordenadora do Núcleo de Prática Jurídica da Universidade da Amazônia - UNAMA. E-mail: claudiadocecoelhosouza@gmail.com

Carla Santos Acruz

Especialista em Auditoria, Perícia e Licenciamento Ambiental (UNOPAR). Graduada em Serviço Social (UCSAL) e Gestão Ambiental (UNOPAR). Atualmente é Coordenadora Técnica no Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos - INEMA. E-mail: carlinhaacruz@hotmail.com

Carlos José Silva de Freitas

Doutorando em Agroecologia e Desenvolvimento Territorial (UFRPE). Mestre em Ensino das Ciências Ambientais (ProfCiamb/UFPE). Especialista em Pedagogia Gestora (UNINTES), Meio Ambiente, Educação e Desenvolvimento Sustentável (FEAEC). Graduado em Geografia (FUNESO). Atualmente é professor da rede pública municipal da Vitória de Santo Antão (PE) e professor da rede pública municipal Paulista (PE). E-mail: carlos.jsfreitas@ufrpe.br

Cícero Adriano da Silva

Mestrando em ciência e tecnologia de alimentos (UDESC). Graduado em Tecnologia de alimentos (FATEC-CARIRI). E-mail: ciceroadriano00@gmail.com

Estêfane de Sousa Borges

Mestranda em Defesa Sanitária Animal (UEMA). Especialista em Defesa Sanitária e Inspeção de Produtos de Origem Animal com ênfase em Legislação (INCEL) e Docência do Ensino Superior (Faculdade Montenegro). Graduada em Medicina Veterinária (UFCG) e Letras-Língua Inglesa e Literatura Inglesa pela Universidade Federal do Piauí-UFPI.

Felipe Covolam Ferro

Especialista em Agricultura de Precisão (Unyleya). MBA em gestão do agronegócio (MBA/USP Esalq - PECEGE). Graduado em Engenharia Agrônômica (UNIFEOB). Atualmente Consultor em Agricultura de Precisão. e-mail: felipecovolamferro@gmail.com

Fenelon Lourenço de Sousa Santos

Doutor em Agronomia/Fitotecnia (UFG). Mestre em Produção Vegetal (UEG). Graduado em Agronomia (UEG). Atualmente é professor no Centro Universitário de Goiás. E-mail: lourenco_dm@hotmail.com

Guilherme Semprebom Meller

Mestrando em Ciências Ambientais (PPGCA/UNESC). Especialização em Engenharia Geotécnica (FUNIP). Graduado em Engenharia Civil (ETEP), Engenharia de Minas (UniSATC) e Engenharia Ambiental (UNESC). Atualmente é pesquisador do Laboratório de Planejamento e Gestão Territorial - LabPGT e membro do Grupo de Estudos em Energia e Sustentabilidade da UFSC na Linha de Pesquisa: Hidrologia, Recursos Hídricos e Meio Ambiente. E-mail: gsm@unesc.net

Heloisa Barboza Gregório

Mestranda em ciência animal (Unoeste). Graduada em médica veterinária (Unoeste). E-mail: helogregorio4@gmail.com

Jefferson Santos de Amorim

Doutorando em Engenharia Ambiental (UEPB). Mestre em Ciência e Tecnologia Ambiental (UEPB). Especialista em Microbiologia (Faculdade Futura). Graduação em Ciências Biológicas (UEPB) e Gestão Ambiental (Unipe). E-mail: bio_jefferson20@hotmail.com

Jônatas Barros dos Santos

Doutor em Agronomia (UNB). Mestre em Agronomia (UNB). Graduado em Engenharia Agrônômica (UNEB). E-mail: jonatas.bsantos@hotmail.com

José Vitor da Silva Nunes

Graduado em Ciências Biológicas (UFAL). E-mail: vitor4899@gmail.com

Júnior Pereira de Souza

Mestrando em Engenharia Ambiental (UERJ). Pós-graduado em Engenharia da Qualidade (AEDB), Educação Especial e Inclusiva (FCE) e Letramento (FCE). Graduado em licenciatura R2 em Pedagogia (FCE), Engenharia de Produção (FER) e Logística (UNESA). Atualmente é Engenheiro de Pós Vendas em uma multinacional fabricante de caminhões e ônibus no estado do Rio de Janeiro. E-mail: juninps01@gmail.com

Kadja Lemos Silva

Especialista em Direito do Trabalho (UniBF). Graduada em Direito (UNAMA). Atualmente é advogada da Universidade da Amazônia e Grupo Ser Educacional S/A. E-mail: kadjalemos19@gmail.com

Keithy Juliane de Oliveira

Doutoranda em Desenvolvimento Territorial e Meio Ambiente (UNIARA). Mestre em Desenvolvimento territorial e Meio Ambiente (UNIARA). Especialista em Geografia (UNIFRAN). Graduada em Geografia (ASSER), Pedagogia (UNINOVE) e História (UNAR). Atualmente é professora na Rede Estadual do Estado de São Paulo e na Rede Municipal de Educação de São Carlos-SP. Atua como pesquisadora no NUPEDOR (Núcleo de Pesquisa e Documentação Rural/UNIARA) e como pesquisadora do Grupo de pesquisa Rede de Escola-Outra (UFSCar-São Carlos). E-mail: keithy.oliveira@uniara.edu.br

Laylles Costa Araújo

Doutora em Zootecnia (Unesp Jaboticabal). Mestre em Zootecnia (Unioeste). Especialista em Docência do Ensino Superior (Favuleste). Graduada em Zootecnia (Uema). Atualmente é professora substituta na Universidade Estadual da Região Tocantins do Maranhão-Uemasul. E-mail: Layllesaraujo@gmail.com

Leonardo Dias Nascimento

Doutorando em Desenvolvimento e Meio Ambiente (UESC). Mestre em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente (UESC). Especialista em Engenharia Ambiental (FACULDADE ÚNICA), Estatística Aplicada (UNOPAR), Química Analítica (FAMEESP). Graduado em Gestão Ambiental (UNOPAR) e Licenciado em Geografia (UNOPAR). Atualmente é técnico em química no Instituto Federal de Ciência e Tecnologia da Bahia - IFBA. E-mail: leonardo.dias@ifba.edu.br

Luan Felipe da Silva Frade

Doutor em Ecologia aquática e pesca (UFPA). Mestre em Ecologia aquática e pesca (UFPA). Graduado em Ciências Biológicas (UFPA). Atualmente é colaborador do grupo de pesquisa em genética e biodiversidade de vertebrados aquáticos do laboratório de genética e biologia celular da UFPA. E-mail: luffrade@gmail.com

Lucas Santos da Silva

Mestrando em Forragicultura (UFAPE). Especialista em produção de Bovinos leiteiro no Cariri Paraibano (UFRPE- UAG). Graduado em Zootecnia (UFAL). E-mail: lucas44pinheiro@gmail.com

Magno Antonio Flegler Buge

Licenciando em Letras (UNIUBE). Atualmente é professor na Rede Municipal de Ensino do Município de Vila Pavão (SEMED). E-mail: magnobuge@gmail.com

Maria Gabriela do Nascimento

Graduada em Ciências Biológicas/Ambientais (UFPE). Mestranda em Ciências Florestais (UFRPE). Linha de pesquisa: Ecologia e conservação. E-mail: mariagabrielafrpe@gmail.com

Mário Luiz Amorim da Silva

Dr. h.c. em Cultura Popular Brasileira (CSAEFH) e Educação (ALSPA e Instituto Baronesa), Mestrando em Políticas Públicas (Unipampa). MBA em Gestão de Escolas Públicas, e Gestão Empresarial (Faculdade Iguaçu). Especialista em Língua Portuguesa e Literatura Brasileira (UCAM); Metodologia do Ensino das Línguas Inglesa e Espanhola e Psicopedagogia Clínica e Institucional (Faculdade Única de Ipatinga); Gestão Escolar Integradora com ênfase em Supervisão, Orientação, Administração e Inspeção (Faculdade Dynamus de Campinas); Língua Inglesa, Língua Espanhola e História e Cultura Indígena e Afro-brasileira (Faculdade Serra Geral); Metodologias Ativas e Prática Docente, em Coaching Educacional, em Literatura Africana, Indígena e Latina, em Pedagogia Empresarial e Educação Corporativa (Faculdade Iguaçu); Prevenção e Combate ao Bullying e Cyberbullying, em Negócios Internacionais, em Docência Online – Processos de Mediação, Monitoramento e Interação, em Língua Latina e Filologia Românica, em Gestão das Políticas Públicas Educacionais (FACUMINAS); em Linguagens, suas Tecnologias e o Mundo do Trabalho (UFPI); em Tradução e Revisão de Texto em Língua Inglesa (FAMESC). Licenciatura em Letras – Português e Espanhol (ISEJ) e em Pedagogia (FAEL). Atualmente é professor no Instituto Estadual Padre Francisco Garcia – São Borja/RS. E-mail: amorimsilva.mario@gmail.com

Neliane Marinho Queiroz Ornelas

Mestranda em Agroenergia Digital (UFT). MBA em Gestão de Pessoas (UNIDERP) e MBA Executivo em Marketing e Redes Sociais (FACUMINAS). Especialista em Gestão Fiscal e Tributária (FAVENI), Paisagismo e Iluminação (FAVENI), Master BIM SPECIALIST (FACUMINAS), Docência em Matemática e Práticas Pedagógicas (FACUMINAS) e Planejamento Logístico (UNICSUL). Graduada em Ciências Contábeis (ANHANGUERA). Técnica em Design de Interiores (SENAC/TO) e Eletrotécnico (IFTO). E-mail: nelianemarinho@yahoo.com.br

Patrícia Cândido da Silva

Mestranda em Ciências e Tecnologia de Alimentos (IF SUDESTE MG). Graduada em Nutrição (UFJF). E-mail: patriciapfe278@gmail.com

Pedro Drummond Rodrigues

Graduando em Medicina veterinária (UFMG). E-mail: pedrodrummond.vet@gmail.com

Rose Alves de Oliveira

Mestranda em Sociologia Política (UVV). Graduada em Filosofia (Claretiano). Pós graduada em Direitos Humanos (Claretiano). E-mail: rosealexia@msn.com

Tatiana da Costa Jansen

Doutora em biotecnologia (Ufam). Mestre em genética e evolução (Ufscar). Especialista em Biotecnologia (Ufam), Biologia Estética (Inaesp) e MBA em Gestão Jurídica (IPOG). Graduada em Ciências Biológicas (Ufam) e Direito (Uninorte). Atualmente é professora da Fatese/ Senac e de pós graduações. E-mail: tatianajansen@hotmail.com

Thayná da Cruz Paduan Silva

Mestranda em ciências veterinárias (UNESP-JABOTICABAL). Especialista em clínica e cirurgia de equinos (IBVET). Graduada em Medicina Veterinária pela Unifeob. Residência em Anestesiologia e Clínica Cirúrgica de grandes animais (UNESP-JABOTICABAL). E-mail: thayna.paduan@unesp.br

Thiago Fernandes da Silva

Doutorando em Geografia (PUC-MINAS). Mestre em Ensino de Biologia (UFMG). Especialista em Educação Especial e Inclusiva (FAVENI) e Docência em Ensino Superior e Tutoria em EAD (FADYC). Graduado em Ciências Biológicas, Licenciatura e Bacharelado (UFMG) e em Pedagogia (FACULDADE IBRA). Atualmente é professor de Biologia/Ciências na Secretaria do Estado de Educação de Minas Gerais. E-mail: thiago.silva58@educacao.mg.gov.br

Wagner Welber Arrais-Silva Pós-doutorado em Biologia Molecular e Celular pela Université Laval (Canadá). Doutor em Parasitologia (Unicamp). Mestre em Parasitologia (Unicamp). Graduado em Ciências Biológicas Modalidade Médica (UMC). Atualmente é Professor Associado 4 da Universidade Federal de Sergipe-UFS. Recentemente tem trabalhado com aspectos bionômicos de triatomíneos silvestres. E-mail: warrais@gmail.com

Wallaf Silva Lopes

Mestre em Biodiversidade e Conservação (IFGoiano). Especialista em Educação Ambiental (Faveni). Especialista em Ciências da Natureza (UFPI), licenciado em Biologia (IFGoiano). Atualmente é professor na rede estadual de Goiás e municipal de Rio Verde-GO. E-mail: wallafsilva0@gmail.com

Willians Ribeiro Mendes

Doutor em Engenharia Elétrica (UFRN). Mestre em Engenharia Elétrica (UFU). Graduado em Engenharia Elétrica (UFMT). Atualmente é professor no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso (IFMT). E-mail: willians.mendes@ifmt.edu.br




Editora
MultiAtual

ISBN 978-656009094-1



9

786560

090941