



CENTRO UNIVERSITÁRIO AGES
BACHARELADO EM ENGENHARIA AGRÔNOMICA

PABLO RAONI DE ANDRADE SOARES

**AGROECOSSISTEMAS ECOLÓGICOS: FERRAMENTAS DE GESTÃO
SUSTENTÁVEL DO SOLO NA PRODUÇÃO DE FORRAGEIRAS EM
REGIÕES TROPICAIS**

Paripiranga-Ba

2023

PABLO RAONI DE ANDRADE SOARES

**AGROECOSSISTEMAS ECOLÓGICOS: FERRAMENTAS DE
GESTÃO SUSTENTÁVEL DO SOLO NA PRODUÇÃO DE
FORRAGEIRAS EM REGIÕES TROPICAIS**

Artigo apresentado como exigência parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia Agrônoma à comissão julgadora designada pela coordenação de trabalhos de conclusão de curso do Centro Universitário AGES.

Orientador: Prof. Me. Carlos Allan Pereira dos Santos

Paripiranga, 11 de dezembro de 2023.

BANCA EXAMINADORA

Profª. Drª. Ana Paula Sato Ferreira

UNA

Prof. Dr. Lucimário Pereira Bastos

AGES

RESUMO

Os Sistemas Agroecológicos são técnicas de manejo sustentável do solo que busca um equilíbrio ambiental entre solo-plantas-animais. Muitas pesquisas ao longo dos anos têm listado uma série de benefícios dessas ferramentas aplicadas a gestão do solo, no entanto dados de trabalhos recentes mostram que o número de pecuaristas que aplicam os agroecossistemas ainda é insuficiente. Por outro lado, as condições climáticas, a diversidade de ecossistemas tropicais e ações antrópicas demandaram adaptações nas práticas agrícolas. O objetivo da pesquisa foi realizar uma revisão sistemática sobre as técnicas de manejo sustentável do solo na produção de plantas forrageiras. A metodologia utilizada foi um levantamento bibliográfico com base em artigos, dissertações, teses e livros publicados entre os anos de 2013 e 2023 nas bases *Web of Science*. Foram detectados 422 trabalhos e após análises restaram 42 artigos que compuseram a discussão do presente TCC. Analisados e após aplicação de critérios de seleção, os 42 artigos constituíram o banco de informações. Os dados observados a partir da leitura minuciosa mostraram que existem diferentes técnicas de manejo do solo na produção sustentável das forrageiras, modificando-se conforme necessidade do solo, das condições climáticas e da atividade econômica desenvolvida. Por fim, o uso dos Agroecossistemas promove benefícios ambientais visíveis e favorece a alavancagem da produção e consequente da economia com sustentabilidade.

Palavras Chaves: Manejo do solo; alimentação animal; sustentabilidade.

ABSTRACT

Agroecological Systems are sustainable soil management techniques that seek an environmental balance between soil-plants-animals. Many studies over the years have listed a series of benefits of these tools applied to soil management, however data from recent studies show that the number of livestock farmers applying agroecosystems is still insufficient. On the other hand, climatic conditions, the diversity of tropical ecosystems and human actions required adaptations in agricultural practices. The objective of the research was to carry out a systematic review on sustainable soil management techniques in the production of forage plants. The methodology used was a bibliographic survey based on articles, dissertations, theses and books published between 2013 and 2023 in the Web of Science databases. 422 works were detected and after analysis, 42 articles remained that made up the discussion of this TCC. Analyzed and after applying selection criteria, the 42 articles constituted the information bank. The data observed from the thorough reading showed that there are different soil management techniques in the sustainable production of forage crops, changing according to the needs of the soil, climatic conditions and the economic activity carried out. Finally, the use of Agroecosystems promotes visible environmental benefits and favors the leveraging of production and, consequently, the economy with sustainability.

Keywords: Soil management; animal feed; sustainability.

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	6
2.	OBJETIVOS.....	7
	2.1 Objetivo geral:	7
	2.2 Objetivos específicos:.....	7
3.	METODOLOGIA:	8
4.	REVISÃO DE LITERATURA.....	11
	4.1 Revolução verde e as inovações tecnológicas da agricultura	11
	4.2 Sistemas agroecológicos e Agricultura orgânica	12
	4.3 Aspectos fisiológicos das forrageiras de regiões tropicais	13
5.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	15
	5.1 Concepção dos autores sobre: modelos distintos de sistemas agroecológicos como ferramenta sustentável na produção de forrageiras de regiões tropicais	15
6.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	18
	REFERÊNCIAS.....	20

1. INTRODUÇÃO

No decorrer dos séculos, a relação homem e natureza tem sido marcada por uma intensa exploração dos recursos naturais, visando a maximização da geração de capital (Naves e Bernardes, 2014). Como resultado, o ser humano tem impactado e alterado o meio ambiente de maneiras diversas, causando efeitos tanto positivos quanto negativos na paisagem, isso evidencia a necessidade do surgimento de um novo paradigma que se oponha a esse pensamento tradicional. Esse novo paradigma propõe uma análise do meio ambiente como um organismo vivo e parte integrante de um todo, promovendo uma abordagem mais holística¹ e sustentável.

Conforme Cidreira-Neto e Rodrigues (2017), o uso exploratório dos recursos naturais pelo homem resulta em problemas sociais e ambientais, cujos efeitos podem se manifestar rapidamente ou ao longo de extensos períodos. Nesse contexto, destaca-se o desenvolvimento sustentável como um movimento que busca integrar crescimento econômico com sustentabilidade, abordando desafios atuais, especialmente no contexto da base econômica capitalista.

A pecuária e a agricultura monocultora destacam-se como principais causadoras da degradação ambiental como detalhados a seguir:

No contexto da pecuária, a substituição da cobertura vegetal por extensas áreas de pastagens resulta em compactação e erosão do solo devido ao deslocamento dos rebanhos (Abadias *et al.*, 2020).

No que tange a agricultura monocultora, a mesma se caracterizada pelo uso intensivo de insumos químicos agrícolas (e.g. herbicidas, inseticidas, fungicidas, fertilizantes químicos e agrotóxicos), sementes geneticamente modificadas e maquinários agrícolas. Surge o chamado “pacote tecnológico”, estabelecido pela Revolução Verde (Souza e Araújo, 2019). Ambos os setores buscam estratégias mais sustentáveis ao meio ambiente, uma vez que, no Brasil, as pastagens representam a principal fonte de alimento para os animais e tem um grande peso econômico.

¹ “(...) baseia-se numa tendência que faz uso de todas as coisas das quais o homem dispõe no planeta, não só para sua sobrevivência, mas também para a construção de uma sociedade plena” (Maia e Araújo, 2015, p.8).

Segundo Dias-Filho (2014), aproximadamente 90% dos nutrientes necessários para os ruminantes são adquiridos diretamente por meio do pastejo. Assim, a escolha de gramíneas tropicais produtivas e a implementação adequada das técnicas de gestão da pastagem e do pasto são cruciais na busca pela eficiência produtiva. Sob esse prisma, em âmbito global, as espécies forrageiras figuram como as plantas de maior interesse econômico. No entanto, a restrição em relação ao reduzido número de espécies forrageiras com valor nutricional satisfatório, associada à baixa fertilidade e ao manejo inadequado do solo, configura-se como um dos principais desafios limitantes para a produção pecuária em regiões tropicais (Echeverria *et al.*, 2016).

A ampliação da mecanização é frequentemente empregada visando otimizar as condições de implantação e crescimento sustentável de plantas forrageiras. Contudo, a produtividade muitas vezes é prejudicada devido ao excesso ou à inadequação de práticas aplicadas ao solo, desde a sua preparação até a colheita da cultura nele estabelecida. Embora o gerenciamento do solo tenha como meta modificar algumas de suas características físicas, proporcionando condições favoráveis ao crescimento e desenvolvimento das plantas, geralmente resulta em degradação devido a utilização de métodos inapropriados de cuidado do solo (Euclides *et al.*, 2014).

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral:

Analisar a influência do manejo ecológico dos solos na produção de plantas forrageiras em regiões tropicais.

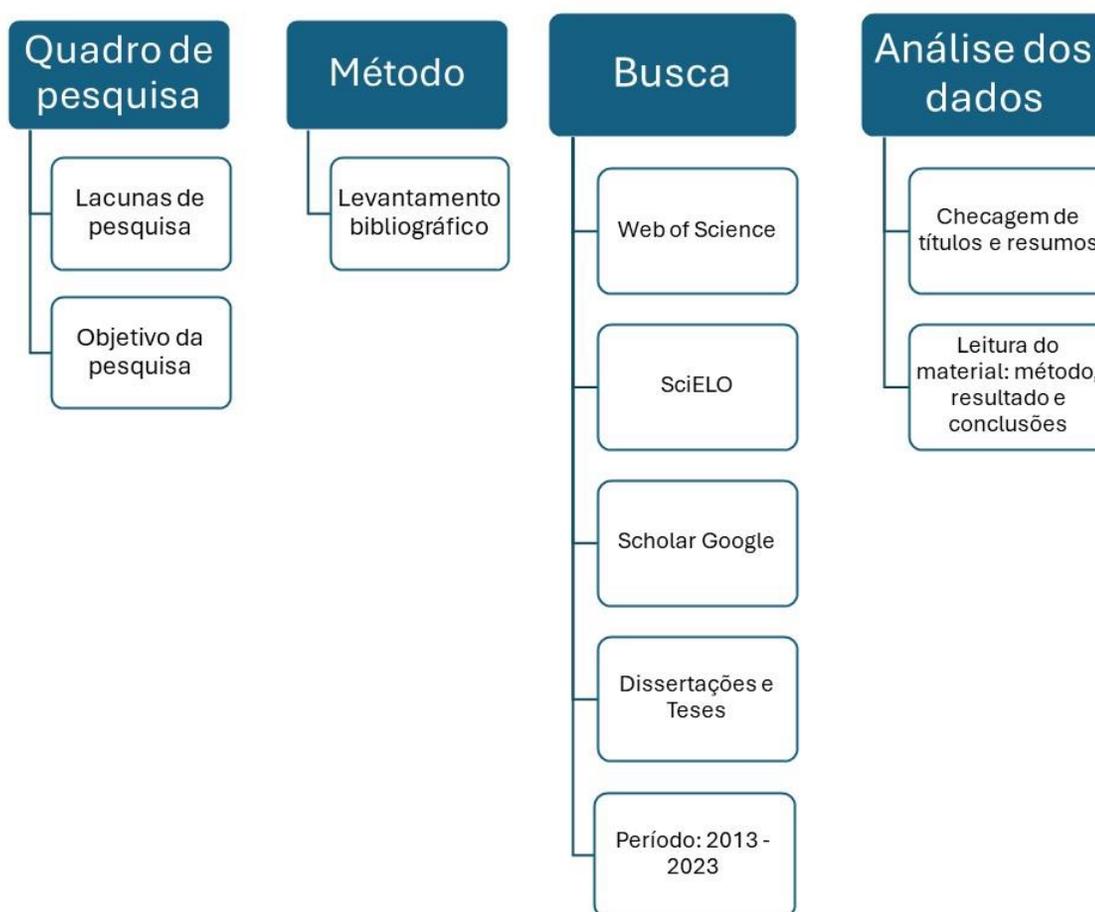
2.2 Objetivos específicos:

1. Descrever a fisiologia das plantas forrageiras em regiões tropicais;
2. Identificar os tipos de agroecossistemas ecológicos para produção de forrageiras;
3. Analisar a produtividade das plantas forrageiras em condições de manejo ecológico do solo.

3. METODOLOGIA:

A metodologia utilizada visou fazer um levantamento bibliográfico de material publicado entre os anos de 2013 e 2023, o qual é constituído de relatórios técnicos da Embrapa, livros, artigos, dissertações e teses. A busca foi feita por meio dos indexadores de artigos: “Web of Science”, “SciELO”, “Science Direct”, “Scholar Google” e a “Biblioteca Digital de Teses e Dissertações” representados a seguir (Figura 1).

Figura 1 – Fluxograma das etapas do levantamento sistemático



Fonte: Elaborado pelo autor

A busca nas plataformas supracitadas foi realizada entre 27/10/2023 a 27/11/2023 e empregaram-se os seguintes operadores Booleanos: “Agrosystems” and “Forage Plants” and “Brazil” “Grazing” and “Voisin”, "Pasture Rotation" OR "Silvopastoral Systems", "Agrosystems" and "soil management" and “Brazil”, "Physiological Anatomy"

and "Forage Plants" e "Forage plants" OR "sustainable management" refletindo na obtenção de 422 artigos, aos quais escolheu-se 42 artigos e 04 livros a partir da definição de padrões de inclusão e exclusão a saber: a) trabalhos publicados entre 2013 e 2023, b) abordar a gestão sustentável do solo, c) abordar sistemas agroecológicos como ferramentas para produção de plantas forrageiras, d) trabalhos sobre a fisiologia das plantas forrageiras, e) artigos repetidos em plataformas. Os artigos levantados e analisados pela presente pesquisa estão listados a seguir na Tabela 1.

Tabela 1– Algumas referências que constituíram o levantamento sistemático

Título	Autores	Revista	Ano
Sistemas agroflorestais, agroecológicos: trajetórias, perspectivas e desafios nos territórios do Brasil.	Felipe et al.	Revista Brasileira De Agroecologia	2023
Revisão sistemática sobre manejo de adubação e calagem em Pastoreio Racional Voisin (PRV)	Guimarães et al.	Revista Observatorio de la Economía Latinoamericana	2023
Agroecologia e agricultura familiar sustentável: percursos e estratégias para transição.	Santana et al.	Revista Brasileira de Planejamento e Desenvolvimento	2023
The agroecological transition: challenges for sustainable agriculture	Neves e Imperador	Revista Geama	2022
Dificuldades para a expansão do Pastoreio Racional Voisin, segundo a percepção de extensionistas rurais Catarinenses	da Silva e Capeletto	Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável	2022
Voisin Rational Grazing as a sustainable alternative for livestock production.	Machado Filho et al.	Animals	2021
Avaliação do desempenho agrônomo de alfafa (<i>Medicago sativa</i> L.) para aptidão ao pastejo no sul do Brasil.	Santos, T.N.	(Dissertação) UFRG	2020
Forage legumes in grass pastures in tropical Brazil and likely impacts on greenhouse gas emissions: A review	Boddey et al.	Grass and Forage Science	2020
Silvopastoral systems in Brazil: a systematic review	Bento et al.	Research, Society and Development	2020
Sustentabilidade de agroecossistemas: estudo de caso em propriedades rurais no maciço de Baturité/CE.	Almeida et al.	Pesquisa Agropecuária	2020
Ecological considerations in sustainable silvopasture design and management.	Jose et al.	Agroforestry Systems	2019
Agroecologia e Justiça Social.	Aguilera e Colerato	Instituto Modifica	2019
Sistema de pastoreio racional: conocimiento y práctica.	Ridano, C.E.F.	(Livro) Gráfica Editora	2018
Parâmetros anatômicos, morfológicos e fisiológicos de forrageiras cultivadas em sistemas agrossilvopastoril: uma revisão	Pereira et al.	Revista em Agronegócio e Meio Ambiente	2018
Motivações e dificuldades na agroecologia: ações de melhorias para a gestão da produção e comercialização de alimentos orgânicos.	Kist, J.I.	Dissertação (UNIVATES)	2018
Agroforestry Standards for Regenerative Agriculture.	Elevitch et al.	Sustainability	2018
Temperate agroforestry research: considering multifunctional woody polycultures and desing of long-term field trials.	Lovell et al.	Agroforestry Systems	2018
Manejo agroecológico de pragas: alternativas para uma agricultura sustentável.	Zanuncio Junior et al.	Revista Científica Intelletto	2018
Acúmulo de forragem e valor nutritivo do híbrido de <i>Urochloa</i> "BRS RB331 Ipyorã" sob pastejo intermitente.	Echeverria et al.	Pesquisa Agropecuária Brasileira	2016
Produção sustentável na bovinocultura: princípios e possibilidades.	Abirão et al.	Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável	2016
Defoliation, shoot plasticity, sward structure and herbage utilization in pasture: Review of the underlying ecophysiological processes.	Gastal e Lemaire	Agriculture	2015
Agricultura convencional versus sistemas agroecológicos: modelos, impactos, avaliação da qualidade e perspectivas.	Rosset et al.	Scientia Agraria Paranaensis	2014
Diagnóstico das pastagens no Brasil - Belém, PA.	Dias-Filho	Embrapa Amazônica Oriental	2014
Manejo do pastejo de cultivares de <i>Brachiaria brizantha</i> (Hochst) Stapf e de <i>Panicum maximum</i> Jacq	Euclides et al.	Revista Ceres	2014
Produtividade de plantas forrageiras em função de manejo do solo	Da Vitória et al.	Revista Engenharia Agrícola	2014
Pastoreio Racional Voisin: tecnologia agroecológica para o 3º Milênio.	Machado, L.C.P.	(Livro) Editora Expressão Popular	2013
A experiência de produtores de leite da Cooperativa Itaipu com o sistema de produção Voisin.	Silva, A.C.N.	The Nature Conservancy	2013a

Fonte: Elaborado pelo autor

4. REVISÃO DE LITERATURA

4.1 Revolução Verde e as inovações tecnológicas da Agricultura

A Revolução Verde (RV) se destacou pela adoção de novos métodos de produção oriundos da Revolução Industrial, incorporando elementos como a motorização, automação e a inserção dos agroquímicos, como adubos, fertilizantes e agrotóxicos. Essas inovações tiveram início nos anos de 1930 no México, impulsionadas pelo trabalho de Norman Borlaug. Contudo, foi somente em 1966, durante um evento em Washington, EUA, que o termo "Revolução Verde" foi oficialmente cunhado por William Gown (Guareschi, 2020).

No Brasil, a agricultura experimentou esse modelo entre as décadas de 1960 e 1980. Graças à RV, práticas intensivas de mecanização, correção e fertilização do solo, juntamente com o uso de agrotóxicos para combater pragas e doenças, resultaram em um aumento significativo na produção mundial de alimentos, alcançando patamares sem precedentes, sobre a premissa de eliminar a fome mundial (Sauer e Balestro, 2013).

Diante do exposto, as práticas utilizadas pela RV estimularam outros países em crescimento cujas deliberações de grupos políticos favoreceram o estabelecimento de latifúndios e consequente aplicação e fortalecimento indiscriminado de sistemas de produção, conforme destacado por diversos autores, a exemplo: (Santana *et al.*, 2023; Sanches e Campos, 2022; Dutra e Souza, 2018; Lammel, 2013;).

Os agroecossistemas foram diretamente influenciados pela mecanização, que aumentou a eficiência na produção, permitindo a expansão das áreas cultivadas. O uso de fertilizantes e agrotóxicos, embora tenha impulsionado a produtividade, também gerou desafios relacionados à sustentabilidade ambiental, como a contaminação do solo e dos recursos hidrológicos (Silva, 2020).

A escassez hídrica é uma questão premente, a exemplo do Cerrado brasileiro. Nessa vasta extensão, os solos são categorizados como rústicos em relação ao regime de umidade, caracterizado pela persistência de períodos que variam de 90 a 180 dias consecutivos com deficiência de água. Outro bioma afetado pela escassez hídrica é a Caatinga, um ecossistema extremamente sensível e vulnerável à desertificação, decorrentes de fatores ambientais diversos, dentre eles o fator edafoclimático (e.g., solos

rasos, altas temperaturas e chuvas irregulares e mal distribuídas ao longo do ano) e ações antrópicas (Miccolis *et al.*, 2016).

Assim, o fator antrópico é o maior responsável pelos impactos e desertificações deste bioma (Beuchle *et al.*, 2015). Adicionalmente, além do desmatamento, outras ações antrópicas afetam significativamente estes biomas, a exemplo das queimadas que se tornou uma ferramenta tradicional para o manejo do solo em atividades da agropecuária, refletindo em áreas que até hoje tem dificuldades em se recuperar (Souza *et al.*, 2015). As condições climáticas, a diversidade de ecossistemas tropicais e ações antrópicas demandaram adaptações nas práticas agrícolas. Além disso, o foco inicial na RV estava voltado para culturas de clima temperado, o que exigiu ajustes e inovações para atender às demandas específicas das regiões tropicais (Serra *et al.*, 2016).

4.2 Sistemas Agroecológicos e Agricultura orgânica

A prática agrícola implica diversas transformações à natureza, principalmente quando esta é realizada através do apoio da agricultura convencional decorrente da Revolução Verde. Neste cenário, os sistemas agrícolas e seus impactos sobre os recursos naturais fortaleceram ao longo das últimas décadas diversas discussões acerca da compreensão dos processos agrícolas e das principais abordagens para o desenvolvimento de sistemas que visam a sustentabilidade ambiental (Dutra e Souza, 2018).

A pressão exercida por diversos setores sociais tem radicalizado o debate sobre as práticas conservacionistas do uso dos recursos ambientais por meio dos sistemas agrícolas, sobretudo no meio acadêmico. Dentro desse contexto, a sustentabilidade dos agroecossistemas se tornou imprescindível na agricultura, estando presente a partir da utilização de diferentes correntes de produção agrícolas, alternativas tomadas como base para os principais modelos de sistemas agroecológicos, a saber: Sistema Agroflorestal (SAF), o Sistema de Rotação de Pastagens (SRP), Sistemas Silvopastoris (SSP), Sistema Pastoreio Racional Voisin (PRV), a agricultura biológica, a agricultura biodinâmica, a agricultura ecológica, a permacultura e a agricultura orgânica, sendo esta última a mais difundida e reconhecida junto à pesquisa e ao mercado (Machado Filho *et al.*, 2021; Ridano, 2018; Felipe *et al.*, 2023, entre outros).

Por outro lado, os sistemas agroecológicos têm baixa aceitação entre os grandes agricultores, e pode ter vários fatores, entre eles: a falta de uma maior conscientização ambiental, ao tipo da região, adversidades climáticas, existência de pragas e das demandas do mercado, pois se não houver demandas por produtos agroecológicos, os grandes produtores não se arriscam (Kist, 2018). Além disso, converter sistemas extremamente dependentes de insumos externos para outro de menor dependência não é uma tarefa fácil (Neves e Imperador, 2022).

No que se refere aos pequenos agricultores, as dificuldades enfrentadas por propriedades mantidas pela chamada “agricultura familiar”, que denota em aplicar um manejo mais sustentável na agricultura, vão desde o antagonismo na escolha das ferramentas de gestão utilizadas em prol da agricultura familiar até a descapitalização dos agricultores de subsistência (Kist, 2018). Adicionalmente, salienta-se também a falta de acesso e aproveitamento de tecnologias mais modernas de produção; o baixo nível de conhecimento técnico e/ou educação formal dos pequenos produtores, os quais, conseqüentemente, não têm ciência do grau de sustentabilidade que suas propriedades rurais podem alcançar (Silva *et al.*, 2016).

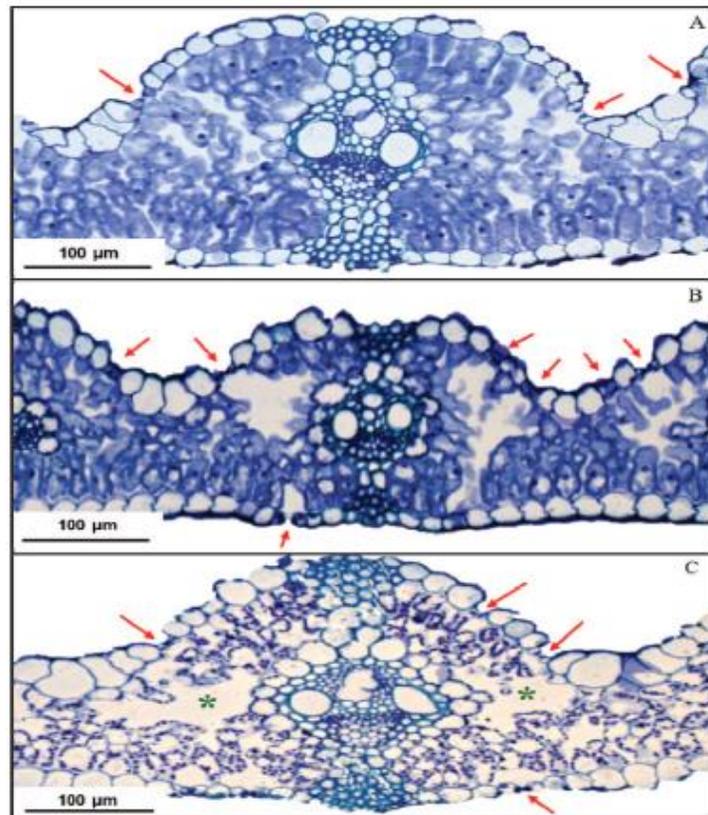
Nesse contexto, os indicadores ambientais (uso de agroquímicos, qualidade do solo, conservação da água e manejo dos recursos hídricos, gestão de resíduos, conservação da biodiversidade, entre outros) não só orientam como sugerem a implementação de técnicas de sistemas agroecológicos mais adaptados a cada contexto agrícola, além de servir como base para outros produtores que enfrentam condições semelhantes em suas unidades de produção (Almeida *et al.*, 2020).

4.3 Aspectos fisiológicos das forrageiras de regiões tropicais

As plantas forrageiras desempenham um papel importante no desenvolvimento da vida animal, uma vez que, especialmente em regiões tropicais estas se adaptam para sobreviverem as condições climatológicas. A sua anatomia vegetal exhibe padrões específicos para suportar as condições ambientais adversas, como: a redução do tamanho da folha, capacidade de enrolamento, organização das células epidérmicas, altas densidades dos tricomas, presença de estômatos mais profundos e aumento da compactação do mesófilo (Figura 2) são estratégias adaptativas ao primeiro sinal de calor

intenso (Pereira *et al.*, 2018).

Figura 2 : Aspecto geral do mesófilo da folha e dos estômatos. Setas vermelhas indicam os estômatos



Fonte: Schmidt *et al.* (2017)

Os estômatos são estruturas presentes nas folhas e caules responsáveis pela entrada e saída de gases (gás carbônico, oxigênio) e de água. Eles ficam abertos quando solutos (minerais que as raízes absorvem do solo) se acumulam nas células-guarda (parte dos estômatos). Pelas leis da osmose, a água flui do meio menos concentrado para o mais concentrado. Se o estômato está com acúmulo de solutos, ou seja, está mais concentrado, irá demandar água (Knabben, 2020).

Outra vantagem das forrageiras para a sobrevivência em ambientes tropicais refere-se à capacidade de realização dos processos fotossintéticos mais eficientes em condições de calor. Essas espécies apresentam alterações anatômicas que favorecem o aumento da captação e aproveitamento dos raios incidentes solares, o que é um fator que limita o crescimento da planta na sombra e aumenta a eficiência durante a

fotossíntese (Taiz *et al.*, 2017). É importante ressaltar que a anatomia foliar é altamente adaptada para absorver energia luminosa por meio de propriedades do mesófilo e do parênquima paliçádico que regula e uniformiza a absorção de luz. Adicionalmente, a movimentação dos cloroplastos nas células da epiderme também é mais um fator que potencializa a maximização da captação da luz solar (Gastal e Lemaire, 2015).

O Aporte de nutrientes é outro fator importante a ser consideração na fisiologia das plantas forrageiras de regiões tropicais, pois em solos tropicais, por vezes caracterizados como pobres em nutrientes húmicos, essas plantas desenvolvem estratégias eficientes de absorção e utilização de nutrientes. Já outras espécies realizam associações simbióticas com microrganismos do solo (micorrizas), a fim de melhorar a absorção de nutrientes, enquanto outras têm mecanismos internos de reciclagem dos mesmos (Macedo *et al.*, 2022).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Concepção dos autores sobre: Modelos distintos de Sistemas Agroecológicos como ferramenta sustentável na produção de forrageiras de regiões tropicais

A prática agrícola implica em significativas alterações no ambiente natural, principalmente quando guiada pelos princípios da agricultura convencional associada à Revolução Verde (Comin, 2021). Por conseguinte, a compreensão da dinâmica ambiental e das mudanças decorrentes da implementação de agroecossistemas é crucial para o planejamento ambiental avaliar os riscos associados ao uso de recursos e aos componentes do sistema, o que é essencial para garantir a produtividade atual e futura, bem como a adequação do uso do solo para atividades da agricultura (Neves e Imperador, 2022).

Os agroecossistemas ecológicos para produção de plantas forrageiras apresentam uma abordagem inovadora e sustentável na agricultura, focada em integrar práticas que beneficiam tanto o meio ambiente quanto a produção. Esses sistemas têm como objetivo primordial otimizar a utilização de recursos naturais, reduzir ao mínimo o impacto ambiental e fomentar a sustentabilidade. Neste cenário, são apresentados os

principais modelos de agroecossistemas ecológicos, a saber: o Sistema Agroflorestal (SAF), Sistema de Rotação de Pastagens (SRP), Sistemas Silvistoris (SSP), Sistema Pastoreio Racional Voisin (PRV) e a agricultura orgânica.

O SAF é uma abordagem que visa criar um ambiente sustentável, onde a diversidade de plantas proporciona benefícios mútuos, a exemplo da sombra das árvores, fertilidade do solo e, em alguns casos, fornecimento de alimentos ou forragem suplementar (Puech e Stark, 2023).

A credibilidade dos sistemas agroflorestais tem crescido substancialmente, respaldada pela comprovação de sua natureza ecologicamente correta e economicamente viável (Jose et al., 2019).

Segundo Elevitch *et al.* (2018) existem quatro atributos que servem como critérios essenciais para reconhecer um padrão que defina uma agrofloresta, são eles:

- 1º- integração de árvores e arbustos perenes no sistema de cultivo;
- 2º- elevada densidade de plantas, proporcionando benefícios notáveis, como o aumento da produção de matéria orgânica;
- 3º- configuração "multistory", que consiste na presença de árvores e arbustos distribuídos em diferentes alturas, resultante da integração de diversas espécies; e
- 4º- inclusão deliberada de múltiplas e variadas espécies, promovendo maior produtividade e biomassa no sistema.

Sistemas de Rotação de Pastagens é uma prática que envolve o manejo estratégico do pastejo, alternando áreas de pastagem para permitir a recuperação da vegetação. O pastejo rotacionado viabiliza um manejo aprimorado das pastagens, proporcionando: a) melhor aproveitamento da forragem produzida, devido a um pastejo mais uniforme, resultando em pastagem mais densa e abundante; b) estabelecimento de períodos regulares de descanso para o pasto, promovendo a rebrota das forrageiras sem interferência do animal (i.e., minimizando áreas de solo exposto); c) maior resistência das plantas forrageiras a invasoras², minimizando a presença de espécies indesejadas; d) folhas com coloração verde intensa; e) desenvolvimento de raízes profundas, abundantes e vigorosas entre outros benefícios (Mendes *et al.*, 2022).

² “ Invasoras referem-se a plantas e animais que estão fora de sua área de distribuição natural e representam uma ameaça para habitats, serviços ecossistêmicos e a diversidade biológica” (Santos e Calafate, 2018).

Os Sistemas Silvopastoris tiveram seu avanço na década de 70 com a introdução da silvicultura, que desencadeou uma admirável evolução na "ciência florestal" do país. Durante esse período, ocorreu uma expansão significativa de atividades, tais como: monoculturas arbóreas de espécies invasoras (pinus e eucaliptos) e a prática da pecuária extensiva em áreas de pastagem desprovidas de cobertura vegetal. Isso resultou em consideráveis desmatamentos e outras formas de degradação ambiental (Bento et al., 2020). Por outro lado, estes sistemas, devido à presença de árvores nas pastagens, podem promover uma qualidade sustentável do solo, uma vez que reduz os processos erosivos, auxilia na ciclagem dos nutrientes, adição de matéria orgânica e captura de nutrientes e umidade em diferentes profundidades do solo (Porfírio, 2015).

O Sistema Pastoreio Racional Voisin (PRV), termo cunhado por Machado na década de 70 em homenagem a André Voisin por suas contribuições para a Ciência, está intimamente associado ao manejo de pastagens. O PRV trata-se de uma técnica de manejo do pasto que envolve a intervenção constante do homem nos processos da vida dos animais, das plantas forrageiras e no ecossistema circundante (Guimarães e da Silva, 2023; Zanuncio Junior *et al.*, 2018). Esse sistema fundamenta-se na aplicação sistemática dos princípios de fisiologia vegetal, no desenvolvimento da vida no solo, do respeito ao bem-estar animal e na interferência humana na condução do trato dos animais (Ridano, 2018; Silva e Silva, 2018; Machado, 2014; Machado Filho, 2021 et al).

O sistema PRV tem sido frequentemente associado a muitos benefícios e vantagens técnicas, de produtividade, além de aspectos econômicos (e.g. custos reduzidos para implementação inicial, redução de alimentação suplementar, etc.), ambientais (e.g. conservação da água, biodiversidade, etc.) e sociais (e.g. incorporação de práticas locais da agricultura familiar, adoção de atitudes sustentáveis pelas comunidades, etc) reforçado por diversos autores: (Almeida *et al.*, 2020; Moura *et al.*, 2016; Machado Filho *et al.*, 2021;).

Apesar dos benefícios e dos aspectos positivos reiteradamente destacados pela literatura, o número de pecuarista que aplicam o método ainda é insatisfatório (Machado Filho *et al.*, 2021; Abrão *et al.*, 2016; Moura *et al.*, 2016; Machado, 2013; Silva *et al.*, 2018). Além disso, os agrossistemas são mais viáveis as espécies de forrageiras que apresentam capacidade em se adaptar ao clima local, a região, as pragas, entre outros

fatores.

Dentro desse cenário, a alfafa (*Medicago sativa*) é um exemplo de forrageira largamente utilizada na alimentação animal e que apresenta dificuldades para ser cultivada a partir de sistemas agroecológicos por necessitar de recurso hídrico elevado, planta típica de clima temperado, necessidade de solo fértil, entre outros fatores (Santos, 2020).

Segundo Aguilera (2019), o Brasil apresenta algumas empresas e estabelecimentos rurais que se preocupam em praticar e promover parcerias com pequenos agricultores a fim de viabilizar uma agricultura mais sustentável, como exemplo: A “Embrapa Algodão” (gramínea forrageira, também usada na produção de biomassa para nutrição animal, entre outras utilidades), a empresa “Instituto C&A” e a “Textile Exchange”.

A agricultura orgânica, assim como os demais sistemas agroecológicos, tem sido sugerida como um meio de mitigar os efeitos negativos da intensificação agrícola. Neste sistema não são utilizados agroquímicos ou fertilizantes inorgânicos, além disso, a criação de animais é integrada na gestão agrícola da propriedade orgânica, produzindo assim uma área de maior qualidade e produção em relação às áreas de cultivo intensivo. As técnicas utilizadas na agricultura orgânica, quando efetuadas de forma correta, melhoram a fertilidade dos solos, aumentando a capacidade de retenção de água e nutrientes, diminuindo a erosão e a lixiviação. A agricultura orgânica diminui os riscos de contaminação dos corpos hídricos, visto que se utiliza de fertilizações orgânicas e não utiliza nenhum tipo de agrotóxico ou outros produtos sintéticos que possam contaminar ou serem fontes de contaminantes para estes recursos (Rosset *et al*, 2014).

Os agroecossistemas ecológicos oferecem benefícios além da simples produção de forragem, pois auxiliam na conservação do ecossistema e biodiversidade local, bem como, na qualidade do solo reduzindo a dependência de insumos externos, além de favorecerem o desenvolvimento de sistemas agrícolas mais resistentes.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados levantados por essa pesquisa possibilitaram uma visão mais ampla e objetiva acerca da utilização dos Sistemas Agroecológicos como ferramentas de gestão

sustentável do solo em produção de plantas forrageiras. As técnicas de manejo supracitadas com uso do plantio de forrageiras surgem como soluções viáveis e promissoras para a redução dos impactos ambientais. Contudo, a implementação das práticas ligadas aos Agroecossistemas apresenta uma série de dificuldades geracionais que inviabiliza a adesão dos produtores.

Os principais desafios destacados com a pesquisa evidenciaram que, para os pequenos agricultores, dificuldades financeiras, falta de conhecimento técnico adequado e dificuldade de comercialização dos produtos foram as principais justificativas. Por outro lado, os grandes agricultores enfrentaram dificuldades ligadas às pressões do mercado por produção em larga escala e de forma imediata, falta de conscientização ambiental, além de aspectos ligados ao tipo do clima, escassez de recursos hídricos, baixa fertilidade dos solos, entre outros problemas.

Ainda que os Sistemas Agroecológicos com forrageiras tenha baixa aceitação entre produtores rurais, estudos reforçam os benefícios para o meio ambiente e ressalta que existe um caminho que requer esforços organizados e soluções concretas para superar as adversidades existentes para a implementação dos Agroecossistemas.

Assim, a promoção de atitudes sustentáveis e práticas de manejo adequadas são vitais para o equilíbrio ambiental, mas para ampliar a implementação dos Sistemas Agroecológicos é necessário e essencial um esforço conjunto de diversos setores, que vai desde dos produtores rurais (grande e pequeno porte) até pesquisadores, governantes e sociedade civil.

REFERÊNCIAS

ABADIAS, Ivalmir Mota; FONSECA, Paulo Rogério Beltramin da; BARBOSA, Cleisson Hugo e SALES, Maria Clesia Gomes. IDENTIFICAÇÃO DOS PRINCIPAIS IMPACTOS AMBIENTAIS OCASIONADOS PELO MANEJO DA PECUÁRIA NO MUNICÍPIO DE HUMAITÁ – AM. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, 9(2):664-682, 2020.

ABRÃO, Flávia Oliveira; FERNANDES, Brisa de Castro; PESSOA, Moisés Sena. Produção sustentável na bovinocultura: princípios e possibilidades. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, 6(4):61-73, 2016.

AGUILERA, Juliana; COLERATO, Mariana. **Algodão Orgânico no Brasil: MST, Agroecologia e Justiça Social**. São Paulo: Instituto Modifica, 2019. Acesso em: 13/12/2023. <https://www.modifica.com.br/algodao-organico-mst-justica-social/>.

ALMEIDA, Murilo Sousa; CUNHA, Maria Brenna Mendes; PAZ, Jose Abel Aguiar da Silva; SILVESTRE, Filipe Eugênio Rodrigues. Sustentabilidade de agroecossistemas: estudo de caso em propriedades rurais no maciço de Baturité/CE. **Pesquisa Agropecuária Pernambucana**, 25(2):1-7, 2020.

BENTO, Giovana Pittarelli; FILHO, Abdon Luiz Schmitt; FAITA, Márcia Regina. Sistemas silvipastoris no Brasil: uma revisão sistemática. **Research, Society and Development**, 9(10):1-25, 2020.

BEUCHLE, René; GRECCHI, Rosana Cristina; SHIMABUKURO, Yosio Edemir; SELIGER, Roman; EVA, Hugh Douglas; SANO, Edson; ACHARD, Frédéric. Land cover changes in the Brazilian Cerrado and Caatinga biomes from 1990 to 2010 based on a systematic remote sensing sampling approach. **Applied Geography**, 58:116-127, 2015.

CIDREIRA-NETO, Ivo.; RODRIGUES, Gilberto Gonçalves. Relação homem-natureza e os limites para o desenvolvimento sustentável. **Revista Movimentos Sociais e Dinâmicos Espaciais**, 6(2):142-156, 2017.

COMIN, Márcio. A Revolução Verde e o processo de modernização agrícola em Soledade (RS, Brasil) de 1960 a 1990. **Revista de História da UEG**, 10(2):2-23, 2021.

DIAS-FILHO, Moacyr Bernardino. Diagnóstico das pastagens no Brasil - Belém, PA. **Embrapa Amazônica Oriental**, p.36, 2014.

DUTRA, Rodrigo Marciel Soares; SOUZA, Murilo Mendonça Oliveira de. Cerrado, Revolução Verde e evolução do consumo de agrotóxicos. **Revista Sociedade & Natureza**, 29(3):473-488, 2018.

ECHEVERRIA, Joilson Roda; EUCLIDES, Valéria Pacheco Batista; SBRISSIA, André Fischer; MONTAGNER, Denise Baptaglin; BARBOSA, Rodrigo Amorime NANTES, Nayana Nazareth. Acúmulo de forragem e valor nutritivo do híbrido de Urochloa "BRS RB331 Ipyporã" sob pastejo intermitente. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 51(7):880-889, 2016.

EUCLIDES, Valéria Pacheco Batista.; MONTAGNER, Denise Baptaglin; BARBOSA, Rodrigo Amorim; NANTES, Nayana Nazareth. Manejo do pastejo de cultivares de Brachiaria brizantha (Hochst) Stapf e de Panicum maximum Jacq. **Revista Ceres**, 61:808-818, 2014.

ELEVITCH, Craig R.; MAZAROLI, D Niki; RAGONE, Diane. Agroforestry Standards for Regenerative Agriculture. **Sustainability**, 10(9):3337, 2018.

FELIPE, Rafaella Teles Arantes; RAYOL, Breno Pinto; VASCONCELOS, Bruno Nery Fernandes; SALES, Eduardo Ferreira; PENEIREIRO, Fabiana Mongeli; FRANCO, Fernando Silveira; DA FONSÊCA, Flávio Duarte; NOBRE, Henderson Gonçalves; SIDDIQUE, Iiyas; PADOVAN, Milton Parron; KATO, Osvaldo Ryohei; SÁ, Tatiana Deane de Abreu; STEENBOCK, Walter. SISTEMAS AGROFLORESTAIS AGROECOLÓGICOS: TRAJETÓRIAS, PERSPECTIVAS E DESAFIOS NOS TERRITÓRIOS DO BRASIL. **Revista Brasileira De Agroecologia**, 18(1):09–43, 2023.

GASTAL, François; LEMAIRE, Gilles. Defoliation, shoot plasticity, sward structure and herbage utilization in pasture: Review of the underlying ecophysiological processes. **Agriculture**, 5(4):1146-1171, 2015.

GUIMARÃES, Yan Lee Farina; SILVA, Antonio Waldimir Leopoldino da. Revisão sistemática sobre manejo de adubação e calagem em Pastoreio Racional Voisin (PRV). **Revista Observatório de la Economía Latino-americana**, 21(7):7194-7216, 2023.

GUARESCHI, Charlene Quevedo. **Reflexividades Jurídico-Ssociais do direito à segurança alimentar: do agrotóxico à agroecologia**. 2020. 105f. Dissertação de Mestrado. Centro de Ciências Sociais e Humanas, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2020.

JOSE, Shibu; WALTER, Dusty e KUMAR, B. Mohan. Ecological considerations in sustainable silvopasture design and management. **Agroforestry Systems** 93(1):317–331, 2019.

KIST, Joice Inês. **Motivações e dificuldades na agroecologia: ações de melhorias para a gestão da produção e comercialização de alimentos orgânicos**. 2018. 151f. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Sistemas Ambientais Sustentáveis, Universidade do Vale do Taquari, Lajeado, RS, 2018.

KNABBEN, Virgínia Mendonça. A importância do conhecimento e do manejo biológico do solo tropical para a agroecologia sob a perspectiva de Ana Maria Primavesi. **Revista de Geografia e Ecologia Política**. 2(2): 190-217, 2020.

- LAMMEL, João Sereno. **A nova Revolução Verde**. Especial ANDEF, 2013.
- MACHADO, Luiz Carlos Pinheiro. **Pastoreio Racional Voisin: tecnologia agroecológica para o 3º Milênio**. 3ª. Edição. São Paulo: Editora Expressão Popular, 356p., 2013.
- MACHADO, Luiz Carlos Pinheiro. **A dialética da Agroecologia: contribuição para um mundo com alimentos sem veneno**. São Paulo: Expressão Popular, 356p., 2014.
- MACHADO FILHO, Luiz C Pinheiro; SEÓ, Hizumi L S; DAROS, Ruan R; HIDALGO, Daniel Enriquez; WENDLING, Adenor V; MACHADO, Luiz C Pinheiro Voisin Rational Grazing as a sustainable alternative for livestock production. **Animals**, 11(12):1-23, 2021.
- MACEDO, Amélia; DE ARAÚJO, Gherman Garcia Leal; DEON, Diana Signor; LIMA, Regina Lúcia Félix de Aguiar. Agricultura bioassalina, micorrizas avasculares e carbono do solo no semiárido: 1. cultivo de palma forrageira adubada com esterco caprino. **Research, Society and Development**, 11(8):1-12, 2022.
- MENDES, Luiz Gustavo Ribeiro; MARTINS, Athila Damasceno; FREIRE, Ana Izabella. Manejo de pastagem rotacionado na pecuária de corte com ênfase no bem-estar do animal. **Research, Society and Development**, 11(7):1-6, 2022.
- MICCOLIS, Andrew; PENEIREIRO, Fabiana MONGELI; MARQUES, Henrique Rodrigues; VIEIRA, Henrique Rodrigues; ARCO-VERDE, Marcelo Francia; HOFFMANN, Maurício Rigon; REHDER, Tatiana; PEREIRA, Abílio Vinicius Barbosa. Restauração ecológica com sistemas agroflorestais: como conciliar conservação com produção: opções para Cerrado e Caatinga. **Embrapa Cerrados - Livro Técnico (INFOTECA-E)**, 2016.
- MOURA, Ivan César Furmann; WEIRICH NETO, Pedro Henrique; ROCHA, Carlos Hugo. **Manejo ecológico de pastagens: caderno técnico I**. Ponta Grossa: UEPG/ FAUEPG, 31p., 2016.
- NAVES, João Gabriel.; BERNARDES, Maria Beatriz. A relação histórica homem/natureza e sua importância no enfrentamento da questão ambiental. **Revista Geosul**, 29(57):7-26, 2014.
- NEVES, Janine Ameku; IMPERADOR, Adriana Maria. The agroecological transition: challenges for sustainable agriculture. **Revista GEAMA**, 8(3):05-14, 2022.
- PEREIRA, Kárito Augusto; ANÉSIO, Arnon Henrique Campos; LOBO, Ulisses Gabriel Moraes; DE OLIVEIRA, Anderson Rodrigues; CAMPOS, Jessica Caetano Dias. Parâmetros anatômicos, morfológicos e fisiológicos de forrageiras cultivadas em sistemas agrossilvipastoril: uma revisão. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, 1(4)1333-1355, 2018.

PORFÍRIO, Vanderley da Silva. Ecologia e manejo em sistema silvipastoril. In: CONGRESSO BRASILEIRO SOBRE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, **Anais...** Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 51-67, 2015.

PUECH, Thomas; STARK, Fabien. Diversification of an integrated crop-livestock system: Agroecological and food production assessment at farm scale. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, 344(108300):1-12, 2023.

RIDANO, Carlos Enrique Fernandez. **Sistema de pastoreio racional: conocimiento y práctica**. Buenos Aires: Orientación. Gráfica Editora, 188p, 2018.

ROSSET, Jean Sérgio; COELHO, Gustavo Ferreira; GRECO, Marcelo; STREY, Leonardo; GONÇALVES JUNIOR, Affonso Celso. Agricultura convencional versus sistemas agroecológicos: modelos, impactos, avaliação da qualidade e perspectivas. **Scientia Agraria Paranaensis**, 13(2):80–94, 2014.

SANTANA, Gildo Ribeiro; ANDRADE, Horasa Maria Lima da Silva; ANDRADE, Luciano Pires. Agroecologia e agricultura familiar sustentável: percursos e estratégias para transição. **Revista Brasileira de Planejamento e Desenvolvimento**, 12(1):55-72, 2023.

SANCHES, Jefferson; CAMPOS, Cristina de. A modernização da permanência e as mudanças na agropecuária Latino-Americana durante a guerra fria: Um estudo a partir da ação dos EUA na organização da empresa brasileira de pesquisa agropecuária (1973-1979). **Revista de História**, (181):1-35, 2022.

SANTOS, Tamyris Nunes dos. **Avaliação do desempenho agrônômico de alfafa (*Medicago sativa* L.) para aptidão ao pastejo no sul do Brasil**. 2020. 58f. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2020.

SAUER, Sergio; BALESTRO, Moisés V. (Orgs). **Agroecologia e os desafios da transição agroecológica**. 2.ed. São Paulo: Expressão Popular, p.12, 2013.

SERRA, Letícia Silva; MENDES, Marcela Ruy Félix; SOARES, Maria Vitória De Araújo; MONTEIRO, Isabella Pearce. Revolução Verde: reflexões acerca da questão dos agrotóxicos. **Revista Científica do Centro de Estudos em Desenvolvimento Sustentável da UNDB**. 1(4), 2016.

SILVA, Gustavo Martins da; LAMPERT, Vinícius do Nascimento; WEILLER, Oldemar Heck; SCHWERTNER, Digo Vanderlei; SILVA, Samir Rotilli da. Indicadores de sustentabilidade na visão de agricultores familiares como instrumento para gestão de unidades de produção com pecuária de leite. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE SISTEMA DE PRODUÇÃO, 11, Pelotas. **Anais...**Pelotas: SBSP, 2016.

SILVA, Marcio Gomes da. **Pedagogia do movimento agroecológico: Fundamentos teórico-metodológicos**. 2020. 197f. Tese (Doutorado em Educação) - Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2020.

SILVA, Felipe Junior Portela; SILVA, Antonio Waldimir Leopoldino. O conhecimento dos agricultores sobre Pastoreio Racional Voisin na percepção de extensionistas rurais catarinenses. In: ZOOTEC, 28, Reunião Anual Da SBZ, 55, 2018, Goiânia. **Anais...Goiânia: ABZ/SBZ, 2018.**

SOUZA, Bartolomeu Israel; ARTIGAS, Rafael Cámara; DE LIMA, Eduardo Rodrigues Viana. Caatinga e Desertificação. **Mercator**, 14(1):131-150, 2015.

TAIZ, Lincoln; ZEIGER, Eduardo; MOLLER, Ian Max; MURPHY, Angus. **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**. 6ª Edição. Porto Alegre: Artmed, 848p, 2017.

ZANUNCIO JUNIOR, José Salazar; LAZZARINI, Alciro Lamão; OLIVEIRA, Afranio Aguiar de; RODRIGUES, Lucas Alves; SOUZA, Isabel Inácio de Moraes; ANDRIKOPOULOS, Felipe Barbosa; FORNAZIER, Maurício José; COSTA, Andréa Ferreira da. Manejo agroecológico de pragas: alternativas para uma agricultura sustentável. **Revista Científica Intelletto**, 3(3):18-34, 2018.