
Desafios agroecológicos da produção sucroalcooleira pós- Revolução Verde

Anderson Eduardo da Silva, Natália Cassa, João Sávio Monção Figueiredo,
Maurício Novaes Souza

<https://doi.org/10.4322/mp.978-65-84548-18-3.c7>

Resumo

O objetivo deste trabalho é realizar uma revisão bibliográfica sobre a interligação entre a cultura verde e a agroecologia, explorando os desafios enfrentados na produção sucroalcooleira após a "Revolução Verde". Pretende-se acercar tanto os aspectos positivos quanto negativos dessa abordagem, relacionando sua origem, teoria e aplicação prática no campo, enquanto se considera o impacto das práticas agrícolas nas plantações de cana-de-açúcar. A "Revolução Verde", cujo conceito foi apresentado por William Grown em 1966, inicialmente visava utilizar a tecnologia como um meio para aprimorar a produtividade e a qualidade das colheitas agrícolas. Com o passar do tempo, entretanto, surgiram contradições e algumas das metodologias associadas se mostraram controversas. Diante dos impactos e externalidades identificados, a agroecologia emergiu como uma alternativa, visando compreender a complexa dinâmica do agroecossistema e promovendo a aplicação de práticas agrícolas reguladoras para conservação e expansão da biodiversidade. Essas práticas buscam abordagens mais sustentáveis e regenerativas, visando resolver problemas tais como degradação do solo, erosão, compactação e salinização, que frequentemente surgem de métodos agrícolas convencionais. Verificou-se que a abordagem da agroecologia demonstra ser mais eficaz em comparação à cultura da "Revolução Verde" em termos da redução dos impactos ambientais ao longo do processo de produção agrícola. Isso reflete um aprimoramento sustentável e benéfico para a biodiversidade, estabelecendo uma conexão mais harmoniosa entre o cultivo das lavouras e a produção em larga escala. Assim, este trabalho explora a transição da abordagem da "Revolução Verde" para a agroecologia, destacando as complexidades e desafios associados à produção sucroalcooleira. A agroecologia emerge como uma alternativa promissora que considera os ecossistemas naturais, visando a produção agrícola de maneira mais equilibrada e sustentável.

Palavras-chave: Agricultura. Agroecologia. Desenvolvimento. Impactos. Cana-de-Açúcar.

1. Introdução

De acordo com a análise de Albergoni e Pelaez (2007), a consolidação do capitalismo pós-guerra, ocorrida entre as décadas de 1960 e 1970, desencadeou a separação sistêmica entre sociedade e natureza, culminando no fenômeno conhecido como "Revolução Verde".

A base da Revolução Verde foi a concepção de que o uso da tecnologia poderia aprimorar a produção e a qualidade das plantações agrícolas. No entanto, ao longo dos anos, surgiram contradições e aspectos dessa abordagem se revelaram controversos. A dependência excessiva da tecnologia, a diminuição da biodiversidade natural, o uso de agrotóxicos poluentes, a contaminação do solo, a erosão e o assoreamento de rios são exemplos de problemas identificados nessa metodologia (CONWAY; BARBIER, 1990; DUTRA; SOUZA, 2022).

À luz dos impactos decorrentes da atual metodologia empregada na gestão agrícola, emergiram reflexões alternativas que conduziram à conclusão de que a incorporação de saberes tradicionais, outrora empregados por camponeses, poderia ser a abordagem mais eficaz para infundir valores e costumes alinhados aos princípios ecológicos (SOUZA, 2018).

Essa abordagem visa a redução ou mesmo eliminação dos danos causados pelo atual sistema agroalimentar. Essa perspectiva alternativa, reconhecida internacionalmente, ganhou o nome de "Agroecologia". A agroecologia se concentra na análise dos ecossistemas artificiais envolvidos nos processos de produção agrícola e manejo (SANTOS et al., 2014; SOUZA; FONSECA, 2023).

Conforme destacado por Santos et al. (2014), a abordagem agroecológica busca desenvolver projetos ecológicos tradicionais que harmonizem práticas de manejo, condições climáticas e demandas do mercado. Essa abordagem encontra um ponto de intersecção entre a agricultura orgânica e a convencional.

Tendo a agroecologia como o principal meio alternativo para corrigir e prevenir impactos sobre a biodiversidade, este trabalho tem como objetivo central correlacionar os aspectos da adoção de práticas da Revolução Verde e

da agroecologia como metodologias empregadas na agricultura de pequenas propriedades rurais.

Por meio de revisões bibliográficas, almeja-se identificar os impactos e os benefícios gerados pela execução dessas práticas agrícolas. A busca por esse conhecimento desempenha um papel fundamental na promoção da produção agrícola eficiente e na promoção de um aprimoramento sustentável que seja benéfico para a biodiversidade.

2. A Origem da Revolução Verde

O termo "Revolução Verde", também conhecido como a "Revolução Industrial do Campo", foi cunhado por William Grown em 1966. No entanto, o estudo nessa área teve sua origem com o agrônomo Norman Borlaug na década de 1930. Trata-se de um processo de desenvolvimento direcionado para o setor agrícola, com o propósito de introduzir novas tecnologias para modificar as práticas agrícolas e rurais. Essas mudanças envolvem a implementação de ferramentas e metodologias voltadas para a expansão da produtividade (GUITARRARA, 2022).

A mecanização e o uso de agrotóxicos são exemplos desse processo. A aplicação dessas técnicas altera as estruturas do ambiente de produção e as relações de trabalho, resultando em dados que indicam um aumento favorável em comparação com as práticas anteriores empregadas pelos agricultores tradicionais (GUITARRARA, 2022).

A Revolução Verde teve um impacto significativo principalmente a partir dos anos da década de 1950 em países em desenvolvimento, enquanto em outros países se estabeleceu após a consolidação do capitalismo no período entre os anos das décadas de 1960 e 1970. Esse período foi caracterizado pela separação sistemática entre sociedade e natureza, o que deu origem ao processo conhecido como "Revolução Verde". Essa revolução representa uma mudança radical nas práticas agrícolas e pecuárias, visando ao desenvolvimento (ALBERGONI; PELAEZ, 2007).

2.1. Aspectos da Revolução Verde

O cerne da Revolução Verde era fundamentado na ideia de que a tecnologia poderia ser utilizada como um catalisador de melhorias. Essa abordagem envolvia a exploração de métodos científicos que visavam aprimorar as práticas de manejo agrícola por meio de técnicas destinadas a aumentar a produção e elevar a qualidade das colheitas. Esse empreendimento científico representou um avanço significativo no campo agrário, trazendo consigo a introdução de insumos agrícolas, equipamentos e biotecnologia (ALBERGONI; PELAEZ, 2007; SOUZA; FONSECA, 2023).

Os insumos resultaram de investigações, culminando na criação de sementes mais resistentes às variações climáticas, fertilizantes, herbicidas, fungicidas e produtos químicos para aprimorar a qualidade do solo. Além disso, incluíram organismos geneticamente modificados (CONWAY; BARBIER, 1990; SOUZA, 2018; DUTRA; SOUZA, 2022).

A mecanização abrangeu a adoção de sistemas de irrigação e máquinas, como tratores, para tarefas como o manejo do solo, plantio e colheita, que antes eram executadas manualmente. A biotecnologia, por sua vez, envolveu estudos que resultaram na modificação de organismos em laboratórios, alinhados com o desenvolvimento agrícola. Isso se traduziu em melhorias nas sementes e na otimização das práticas de cultivo, inclusive para áreas previamente consideradas inviáveis (GUITARRARA, 2022).

O sucesso na aplicação dos princípios da Revolução Verde rendeu ao agrônomo Norman Borlaug o Prêmio Nobel em 1970, uma vez que suas pesquisas resultaram em um aumento notável na produção de alimentos. Essa conquista possibilitou a mitigação da fome ao instituir um sistema agroalimentar. No entanto, ao longo do tempo, surgiram contradições e aspectos controversos dessa metodologia, como a dependência excessiva da tecnologia, a diminuição da biodiversidade natural, o uso de agrotóxicos prejudiciais, a contaminação do solo, a erosão e o assoreamento de rios (GUITARRARA, 2022).

2.2. A Origem da Agroecologia

Conforme apontado por Santos et al. (2014), a agroecologia é um campo de estudo científico voltado para a promoção da agricultura sustentável. Seu

objetivo principal é compreender a intrincada interação entre as atividades agrícolas e os ecossistemas nos quais elas ocorrem. A agroecologia visa aplicar práticas reguladoras que contribuam para a conservação e ampliação da biodiversidade nos sistemas agrícolas, ao mesmo tempo em que incorpora aspectos sociais, políticos, ambientais e éticos.

Embora o termo "Agroecologia" tenha suas origens nos anos da década de 1920, sendo inicialmente relacionado ao campo da Ecologia, foi somente a partir das iniciativas de agricultura alternativa nos anos da década de 1970 que esse conceito ganhou uma definição mais concreta e reconhecida no contexto brasileiro. Nesse período, o Brasil testemunhou o crescimento dos movimentos ecológicos, os quais desempenharam um papel crucial na consolidação e disseminação da Agroecologia como uma prática agrícola centrada na sustentabilidade e na harmonia com o meio ambiente (VAILATE; DE CARVALHO, 2021).

A ciência subjacente à agroecologia tem se desenvolvido em direção às metodologias agrícolas mais sustentáveis e regenerativas. Essas abordagens buscam resolver problemas persistentes, tais como a degradação do solo, a erosão, a compactação e a salinização, que são desafios decorrentes das práticas agrícolas excessivas que comprometem a capacidade produtiva do solo (SANTOS et al., 2014).

2.3. Aspectos da Agroecologia

De acordo com as observações de Camargo (2018), o estudo da agroecologia tem como propósito desenvolver projetos ecológicos tradicionais, promovendo o avanço da agricultura por meio da consideração de práticas de manejo, características climáticas e demandas do mercado. Essa abordagem pode ser categorizada em agricultura orgânica e convencional.

Tanto no sistema orgânico quanto no convencional, a ênfase é colocada na otimização dos recursos naturais, respeitando a biodiversidade e mantendo a integridade socioeconômica. Essa abordagem enfatiza a implementação de práticas autossustentáveis, visando aumentar os benefícios enquanto reduz a dependência de agrotóxicos e insumos (CAMARGO et al., 2018).

Dentro da esfera da agroecologia, uma série de medidas são empregadas para otimizar os recursos naturais na propriedade (CAMARGO et al., 2018; MOREIRA-COSTA; SOUZA, 2022):

- ✓ Melhorar a fertilidade do solo por meio da ação benéfica de microrganismos;
- ✓ Utilizar compostagem para promover a reciclagem de resíduos orgânicos;
- ✓ Corrigir a composição do solo com nutrientes provenientes de fontes naturais como calcário calcítico e dolomítico;
- ✓ Promover e estabelecer a adubação verde;
- ✓ Praticar a rotação de culturas;
- ✓ Controlar pragas e doenças de métodos biológicos;
- ✓ Utilizar abordagens mecânicas para o manejo;
- ✓ Eliminar o uso de aditivos;
- ✓ Empregar biofertilizantes;
- ✓ Aplicar cobertura vegetal morta e viva no solo;
- ✓ Integrar a coexistência de agricultura, florestas, animais e mercado; e
- ✓ De maneira significativa, resgatar práticas tradicionais de plantio, visando fortalecer a conexão entre o homem e a terra.

3. Introdução a aspectos de produção sucroalcooleira

A história da cana-de-açúcar remonta à antiguidade, tendo tido seu primeiro contato com a humanidade registrado em Nova Guiné. No Brasil, sua introdução ocorreu em 1532, por intermédio de Martim Afonso de Souza, que trouxe a primeira muda de cana ao país. Inicialmente concentrada em alguns estados do Nordeste, a cultura da cana-de-açúcar rapidamente se expandiu, e em um curto período de 50 anos, o Brasil se tornou líder mundial na produção de açúcar (SILVA, 2017; RIBEIRO; BLUMER; HORII RIBEIRO, 1999).

No cenário brasileiro, a cana-de-açúcar assumiu um papel significativo como fator socioeconômico, servindo como base para três importantes produtos agroindustriais: açúcar, álcool e aguardente. Além disso, a produção da cana gera subprodutos e resíduos tais como o bagaço, que é uma fonte energética essencial para a indústria e a torna autossuficiente em energia. Outros subprodutos incluem a torta de filtro e a vinhaça, utilizados como adubos

alternativos, a levedura seca, com amplas aplicações na indústria alimentícia e de nutrição, e o óleo de fúsel⁶, aproveitado nas indústrias de tintas e solventes (SILVA, 2017).

A indústria sucroalcooleira utiliza os colmos maduros de cana-de-açúcar como matéria-prima, uma vez que esses colmos contêm os carboidratos de reserva necessários para a produção de açúcar e álcool. Os colmos são a fonte essencial que sustenta esse setor industrial (SILVA, 2017).

A sacarose contida nos gomos da cana é produzida no campo por meio da fotossíntese: para esse processo ocorrer, é necessária uma elaboração agrícola cuidadosa. As Figuras 1 e 2 apresentam um fluxograma que descreve as etapas da implantação de novos canaviais, incluindo a preparação do solo, o plantio, o cultivo e a colheita (RIBEIRO et al., 1999; SILVA, 2017).

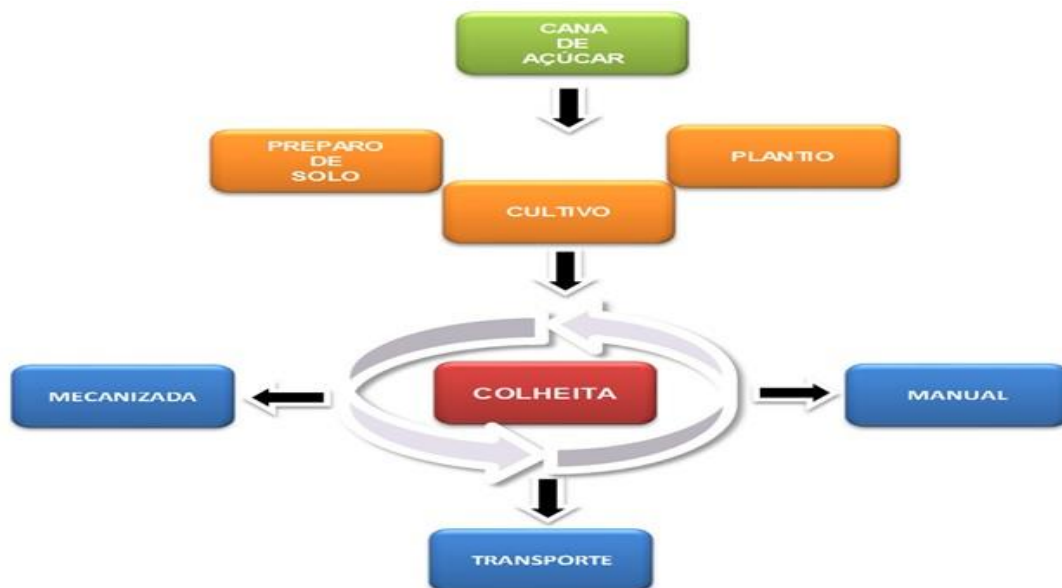


Figura 1. Fluxograma dos Processos do setor Agrícola. Fonte: Anderson Eduardo da Silva, 2017.

As composições químicas da cana-de-açúcar são notavelmente variáveis, pois estão sujeitas a uma série de influências e fatores, tais como as condições climáticas, as características físicas, químicas e microbiológicas do solo, o tipo

⁶ Óleo fúsel ou álcool fúsel (alemão: fusel; “licor ruim”), são misturas de vários álcoois (principalmente álcool amílico), produzidos como subproduto da fermentação alcoólica.

de cultivo adotado, a variedade cultivada, o estágio de maturação e até mesmo a idade da planta.

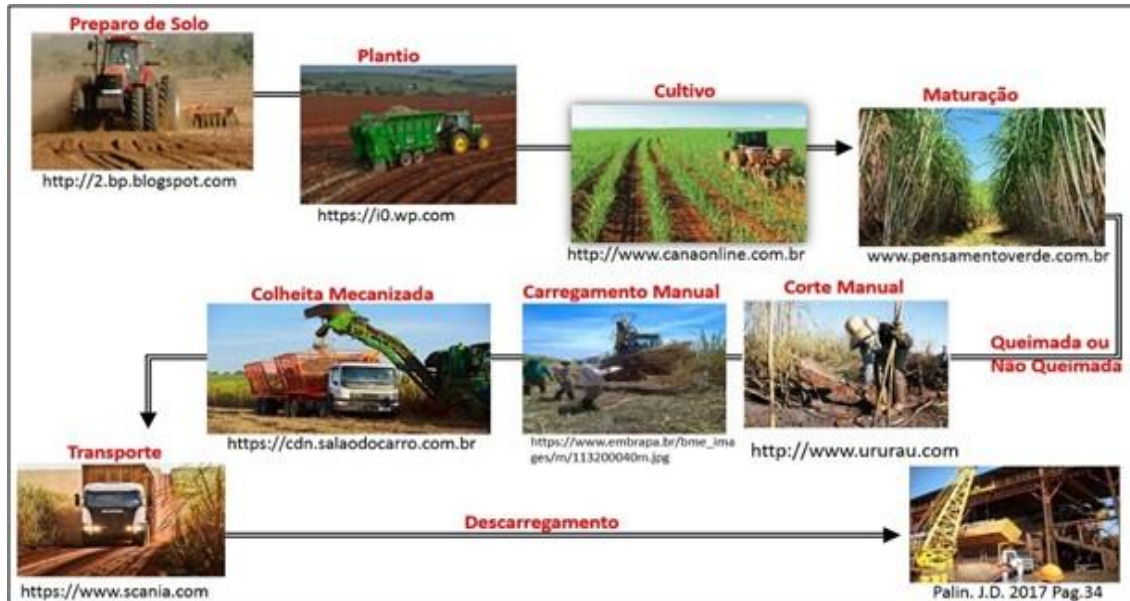


Figura 2. Percurso Lavoura à Indústria. Fonte: Anderson Eduardo da Silva, 2017.

3.1. Preparo e Plantio

A etapa de preparo do solo na indústria sucroalcooleira é realizada por meio de máquinas especialmente projetadas e desenvolvidas para executar diversas atividades essenciais para a adequação da terra. Isso abrange uma série de tarefas, tais como aterramento, aração, aplicação de adubos e correção do nível do terreno. A utilização dessas máquinas é de suma importância, uma vez que elas desempenham um papel crucial na criação das condições ótimas para o cultivo saudável e eficaz da cana-de-açúcar.

Durante o processo de plantio, máquinas especializadas desempenham um papel fundamental ao inserir a cana no solo de maneira precisa e uniforme. Isso assegura um início saudável para o crescimento das plantas, contribuindo para um estabelecimento adequado das mudas. A aplicação de maquinário específico nesta etapa do processo de produção de cana-de-açúcar ressalta a importância da tecnologia na otimização dos procedimentos dentro da indústria sucroalcooleira.

Essa abordagem tecnológica não somente aumenta a eficiência das operações, mas também contribui para a qualidade do cultivo, garantindo que as

plantas iniciem seu crescimento em condições favoráveis. Portanto, o uso adequado e especializado de máquinas na preparação do solo e no plantio é um elemento essencial para o sucesso e a produtividade da indústria canavieira.

3.2. Tratos Culturais

O processo de cultivo desempenha um papel crucial na preparação da cana-de-açúcar para atingir a maturação desejada, envolvendo uma série de práticas agrícolas estratégicas. Dentre essas práticas, a aplicação de herbicidas desempenha um papel significativo no controle de pragas e plantas invasoras que podem competir com a cana por recursos essenciais. Esses herbicidas desempenham um papel fundamental na manutenção da saúde das plantas, permitindo que elas cresçam sem a interferência indesejada de concorrentes.

Além disso, uma prática crucial no processo de cultivo é a aplicação de corretivos, como o calcário, ao solo. Esse procedimento visa corrigir o pH do solo, tornando-o mais adequado para o desenvolvimento da cana-de-açúcar. Um pH equilibrado no solo é fundamental para a disponibilidade dos nutrientes necessários ao crescimento das plantas. Dessa forma, a aplicação de corretivos contribui para um ambiente propício ao desenvolvimento saudável e produtivo da cultura de cana-de-açúcar.

Essas práticas agrícolas cuidadosamente planejadas durante o cultivo são fundamentais para garantir que as plantas de cana-de-açúcar tenham as condições ideais para crescer e atingir seu potencial máximo de produção. O uso de herbicidas para o controle de pragas e o emprego de corretivos para balancear o pH do solo são apenas algumas das estratégias empregadas para alcançar esse objetivo.

3.3. Colheita

A colheita da cana-de-açúcar é dividida em duas categorias distintas: "Colheita Manual" e "Colheita Mecanizada", cada uma com suas próprias características e métodos.

Colheita Manual: Também conhecida como "cana inteira", nesse método, a cana é queimada antes da colheita e é colhida manualmente por trabalhadores. Eles realizam o corte dos ponteiros e dos pés das plantas, alinhando-as em montes. Em seguida, utilizando uma motocana, as plantas são depositadas nas carretas dos caminhões do tipo "Julietta". A colheita manual requer mão de obra intensiva e é um processo tradicionalmente usado na produção de cana-de-açúcar.

Colheita Mecanizada: Também conhecida como "cana picada", nesse método, a cana pode ou não ser queimada antes da colheita. Ela é colhida por máquinas chamadas de colhedoras, que realizam o corte da cana. Os pedaços colhidos têm tamanhos uniformes e são então direcionados para um caminhão transbordo, que por sua vez, transfere a cana colhida para as carretas. Esse processo automatizado é mais eficiente em termos de tempo e mão de obra.

Independente do método de colheita, o transporte desempenha um papel crucial no processo. Ele é responsável por levar a matéria-prima colhida da lavoura até o setor industrial. O transporte eficiente garante que a cana seja entregue com qualidade e em tempo hábil para os processos subsequentes na produção de açúcar, álcool e outros produtos derivados da cana-de-açúcar.

4. Produção Industrial de Açúcar VHP, Álcool Anidro e Hidratado e seus Subprodutos

O processo de produção é dividido em etapas que visam mensurar, análise prévia da matéria prima, extração, tratamento do caldo, transformação do caldo em açúcar e álcool e os seus subprodutos em decorrência do processo de fabricação (SILVA, 2017). A análise prévia é realizada no laboratório de sacarose, onde uma sonda rotativa oblíqua automatizada é responsável por realizar a coleta de amostras (Figura 3).

A extração do caldo da matéria-prima ocorre no setor da moenda. É um processo que envolve a separação do caldo das células de fibra do bagaço da cana. Esse procedimento é realizado por meio da aplicação de força e pressão, com a cana passando entre dois rolos (Figura 4).



Figura 3. Laboratório de sacarose. Fonte: http://www.irbi.com.br/upload/imagens/real/img_sonda_04.jpg.

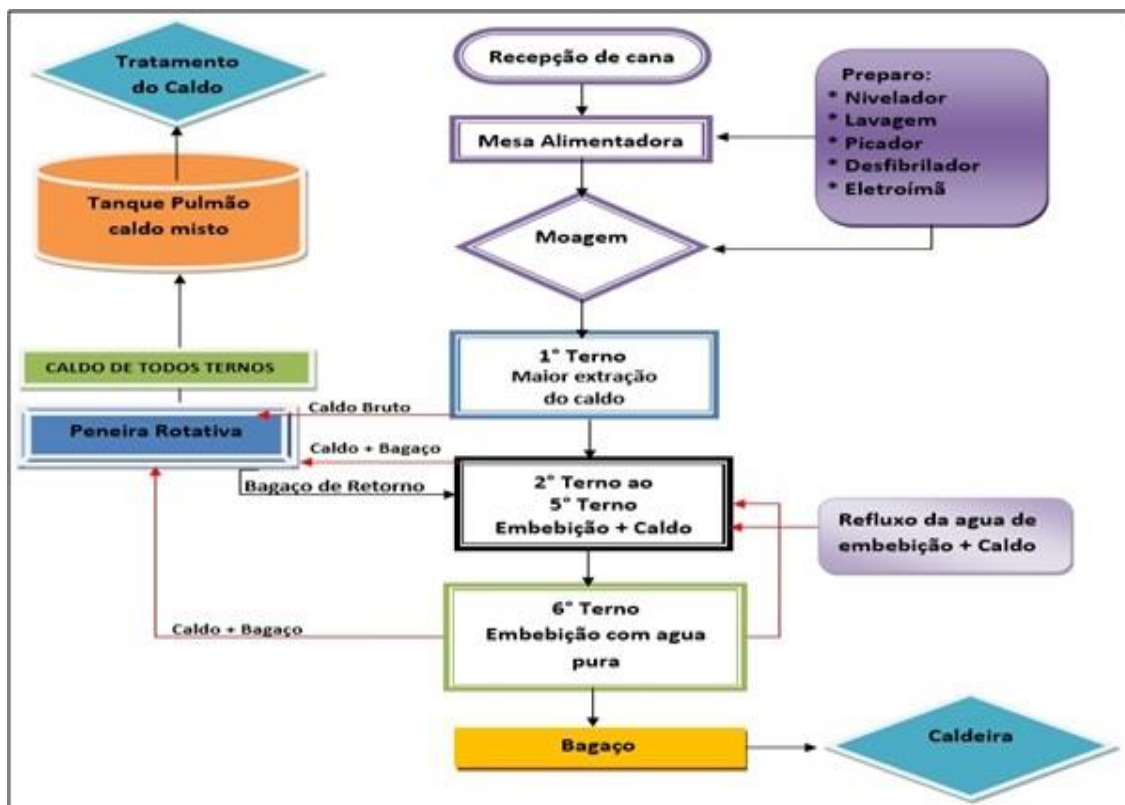


Figura 4. Fluxograma do processo de industrialização da cana-de-açúcar. Fonte: Anderson Eduardo da Silva, 2017.

Durante essa etapa, a cana é submetida à pressão e rotação dos rolos, o que resulta na extração do bagaço e do caldo de cana. O bagaço, que é a parte fibrosa restante da cana, é direcionado para uma esteira que o transporta até a caldeira, onde ele é utilizado como fonte de energia. Por outro lado, o caldo de cana extraído é direcionado para o setor de tratamento.

O processo de extração do caldo é fundamental para a produção de açúcar e álcool, uma vez que o caldo é a principal fonte de matéria-prima para esses produtos. Além disso, a extração eficiente do caldo é importante para maximizar o rendimento e a qualidade dos produtos finais.

O tratamento de caldo é o setor responsável pela purificação, peneiração e clarificação do caldo de cana, tem por objetivo a remoção de impurezas contidas no caldo tais como a presença de bagaço, terra e quaisquer outros que interfiram na qualidade (Figura 5).

Silva (2017) ressalta que após o tratamento do caldo, este segue para o setor de evaporação. O principal objetivo deste processo consiste na eliminação de 70 a 80% de água contida no caldo que foi tratado e clarificado (Figura 6).

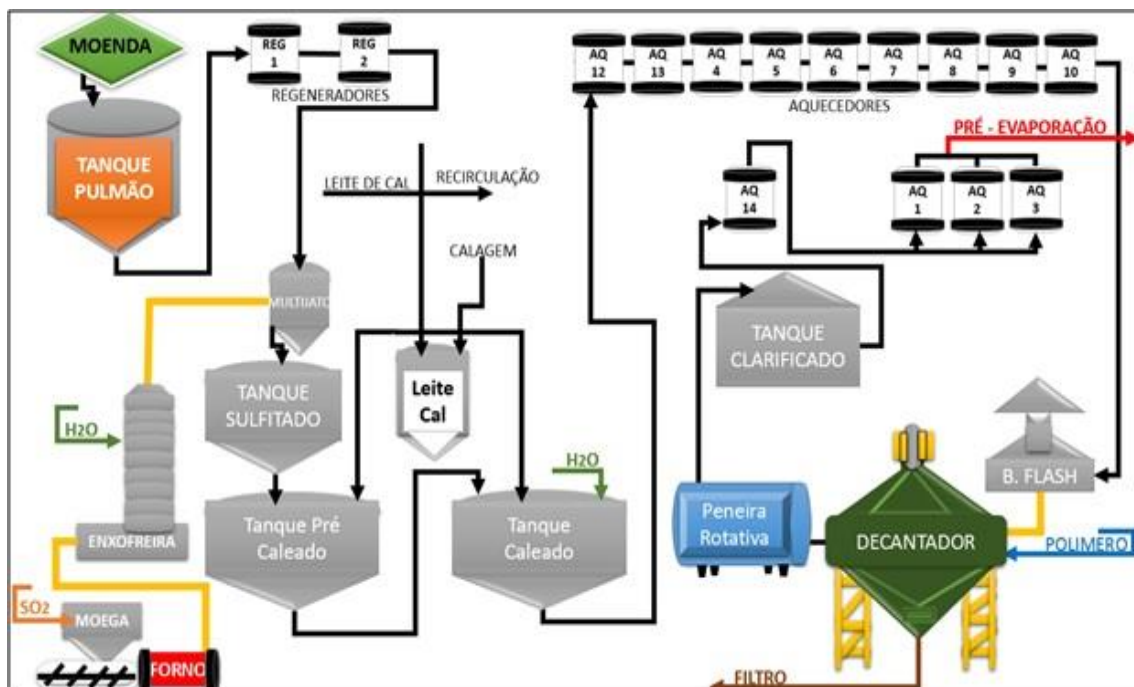


Figura 5. Funcionamento do Tratamento do Caldo. Fonte: Anderson Eduardo da Silva, 2017.

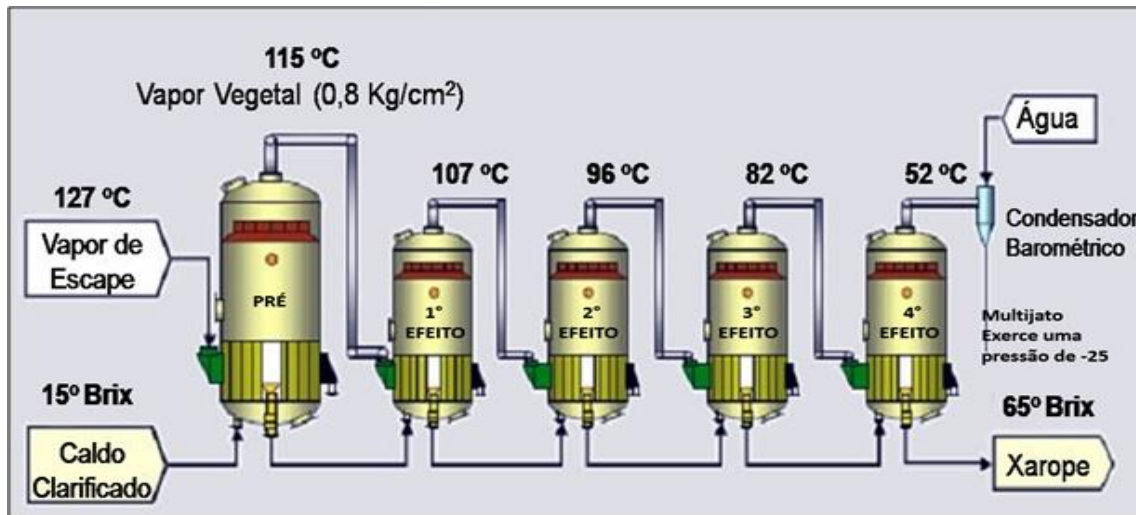


Figura 06. Sistema de evaporadores do Tipo Robert 2017. Fonte: http://images.Slide player.com.br/46/11715578/slides/slide_24.jpg.

No final do processo, o caldo se acumula em uma caixa de xarope, e sua destinação dependerá da demanda da fábrica. O xarope pode ser enviado para alimentar os cozedores a vácuo. Nesse estágio do processo, o caldo, na forma de xarope, prossegue para outras etapas na fábrica (SILVA, 2017).

Para o aquecimento desse xarope, é utilizado vapor escapado que é proveniente dos geradores. Conforme o processo avança, ocorre a remoção da água por meio de evaporadores de múltiplos efeitos, gerando subprodutos como condensado e vapores vegetais classificados como V1, V2, V3 e V4 (Figura 6). Exceto pelo vapor V4, os outros vapores são direcionados para diversos setores da fábrica, onde são utilizados para limpeza de linhas de tubulação, aquecimento dos cozedores e torres de destilação para a produção de álcool (SILVA, 2017).

No setor da fábrica, o xarope obtido da evaporação chega com um teor de açúcar entre 63% e 65%. Caso esse valor, também conhecido como brix, seja superior, pode resultar em incrustações nos tanques e cozedores a vácuo. A etapa de preparação da massa para a fabricação do açúcar é um processo complexo, pois visa alcançar uma granulometria padrão do açúcar (Figuras 7 e 8) (SILVA, 2017).

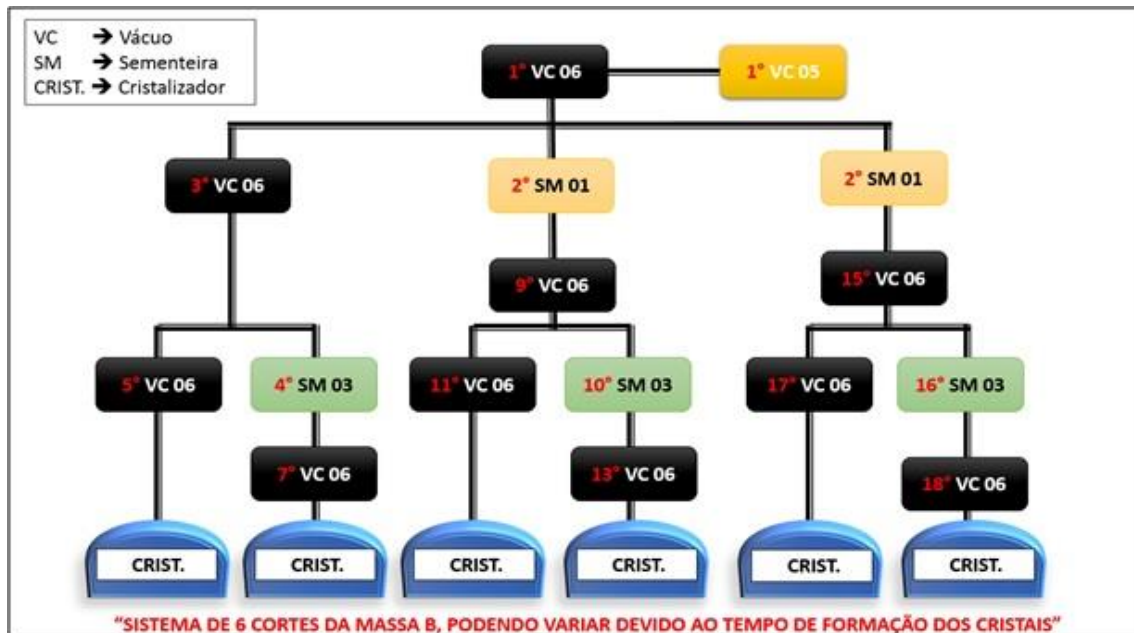


Figura 7. Fluxograma da Sequência dos Cortes para Massa B. Fonte: Anderson Eduardo da Silva, 2017.

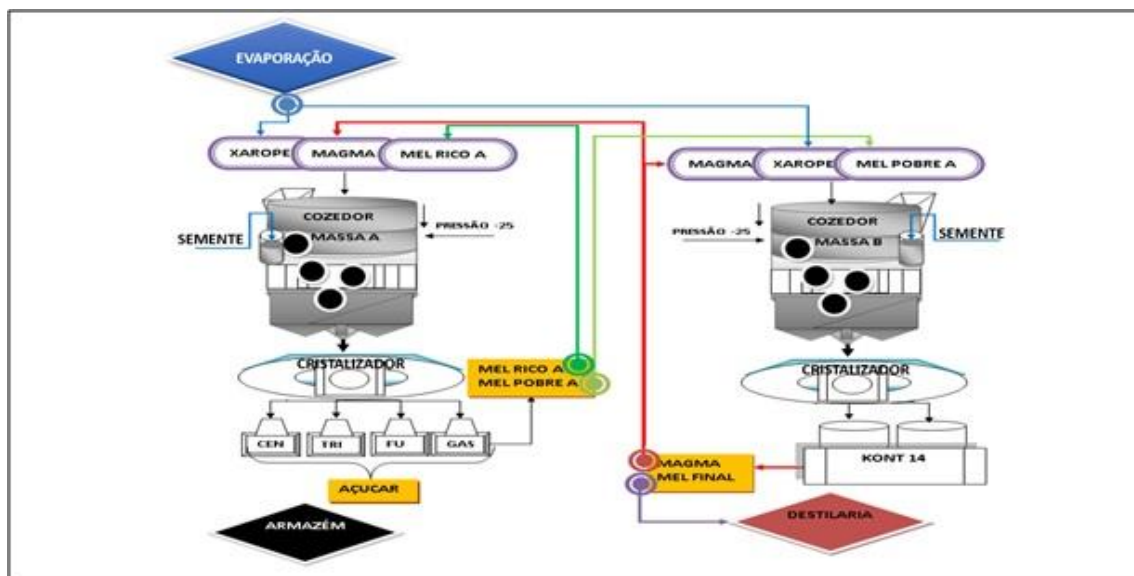


Figura 8. Processos de cozimento e cristalização efetuados na fábrica. Fonte: Anderson Eduardo da Silva, 2017.

De acordo com Silva (2017), após ser obtido, o açúcar passa por um processo de secagem e é então encaminhado ao setor de armazenamento, onde é preparado para o transporte. O subproduto final conhecido como "mel", que é gerado durante o processo, é direcionado para o setor de destilaria. Nesse setor,

nos setores específicos de Estação de Tratamento de Afluentes (ETA) e Estação de Tratamento de Efluentes (ETE).

A operação da Estação de Tratamento de Afluentes é responsável por remover a matéria orgânica presente na água captada do rio. Isso é realizado por meio de processos como gradação, decantação (junto com floculação) e abrandamento. O abrandamento é importante para retirar íons de Cálcio (Ca^{2+}) e Magnésio (Mg^{2+}), a fim de prevenir a formação de incrustações nos equipamentos e tubulações. Durante esse processo, resinas são usadas para realizar a troca de íons, substituindo íons de Cálcio ou Magnésio por íons de Sódio (Na^+) ou Hidrogênio (H^+). Quando essas resinas ficam saturadas, é realizado um processo de regeneração usando ácido (Figura 11).

Os resíduos provenientes do tratamento do caldo no tanque de decantação e a vinhaça resultante do processo de destilação são encaminhados para o tratamento de efluentes.

A estação de tratamento de efluentes é composta de duas caixas de vinhaça, e quatro lagoas sendo uma delas de decantação, de aeração e duas facultativas, que tratam a vinhaça que seguira por meio de canos em direção a lavoura atuando como fertilizantes (Figura 12).

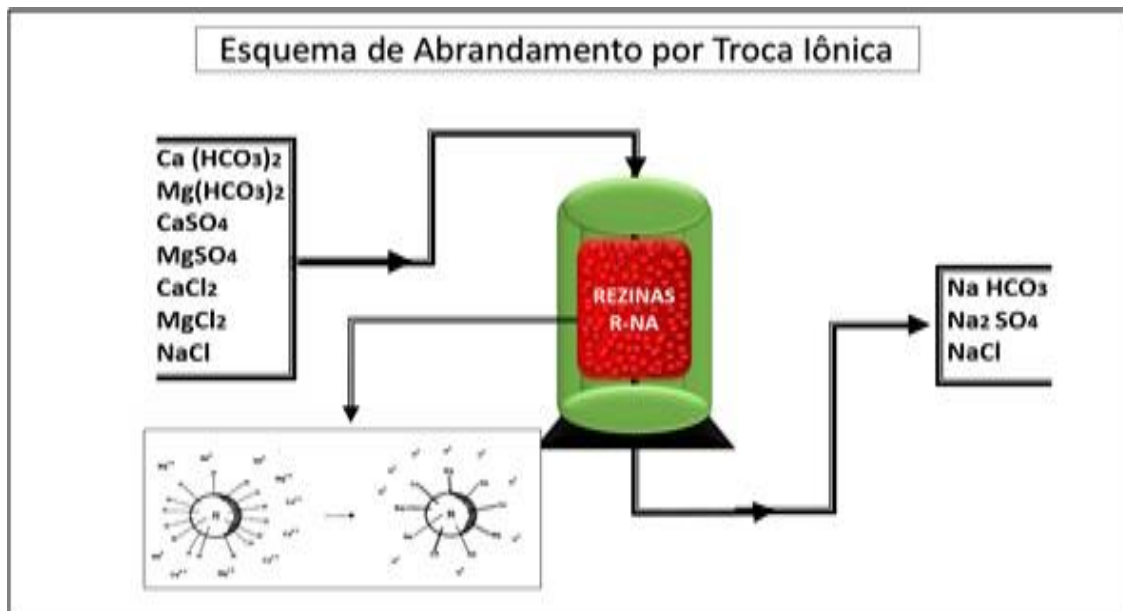


Figura 11. Processo de regeneração. Fonte: Anderson Eduardo da Silva, 2017.

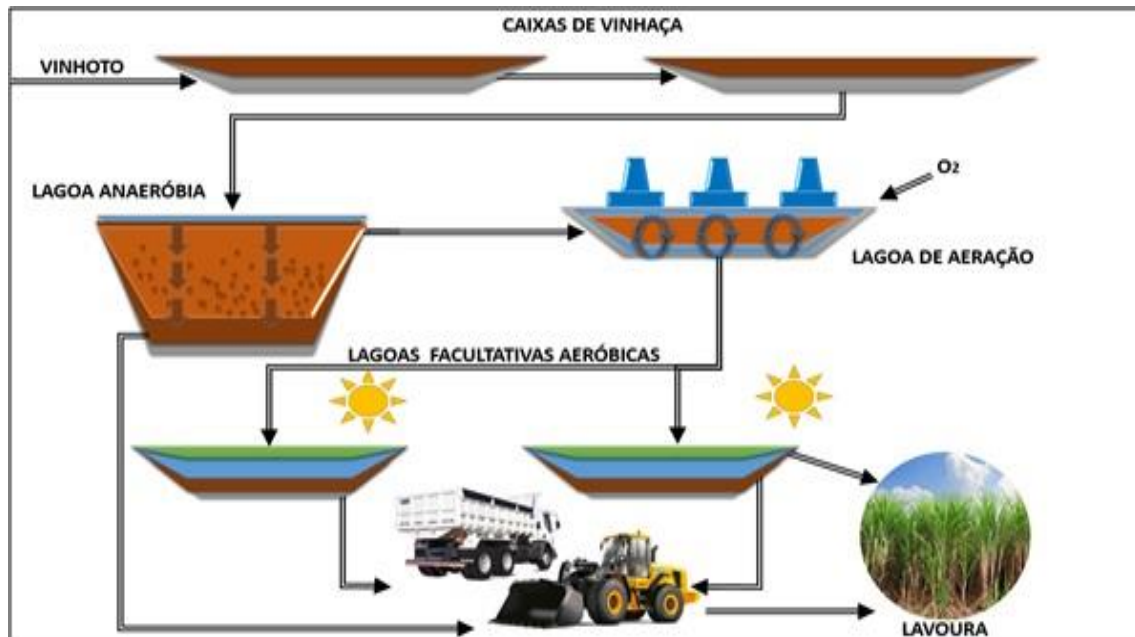


Figura 12. Estação de tratamento de efluentes. Fonte: Anderson E. da Silva, 2017.

3. Geração de Impactos e a abordagem agroecológica no cultivo de lavouras de cana-de-açúcar

A geração de impactos ambientais na produção de cana-de-açúcar é uma questão relevante devido às consequências que pode ter para o ecossistema e a sustentabilidade da agricultura. No contexto da agroecologia, de acordo com Xavier et al. (2023), buscam-se abordagens mais sustentáveis e equilibradas para minimizar esses impactos e promover práticas agrícolas mais harmoniosas com o meio ambiente.

Alguns aspectos a serem considerados sobre a importância dos impactos e a abordagem agroecológica no cultivo de lavouras, inclusive a cana-de-açúcar (FIGUEIREDO et al., 2022; FRANCISCHETTO et al., 2023; XAVIER et al., 2023):

- Uso Sustentável dos Recursos Naturais: o cultivo de cana-de-açúcar pode levar a problemas como a degradação do solo, a contaminação da água e a perda de biodiversidade. A abordagem agroecológica enfatiza o uso sustentável dos recursos naturais, promovendo práticas que conservam o solo, protegem os recursos hídricos e preservam a biodiversidade.

- **Redução de Agrotóxicos:** o uso excessivo de agrotóxicos na produção de cana-de-açúcar pode ter impactos negativos na saúde humana, nos ecossistemas aquáticos e terrestres, bem como nos polinizadores e outros organismos benéficos. A abordagem agroecológica busca reduzir a dependência de agrotóxicos por meio do uso de práticas de manejo integrado de pragas, controle biológico e diversificação de culturas.
- **Conservação do Solo e Água:** o plantio convencional de cana-de-açúcar muitas vezes envolve práticas que podem levar à erosão do solo e à perda de nutrientes. A agroecologia promove técnicas de manejo que minimizam a erosão, como a rotação de culturas, o plantio direto e a utilização de cobertura vegetal morta, contribuindo para a conservação do solo e da água.
- **Promoção da Biodiversidade:** a monocultura de cana-de-açúcar pode resultar na perda de biodiversidade, já que reduz a variedade de plantas e habitats. A abordagem agroecológica incentiva a diversificação de culturas e a promoção de habitats naturais, o que pode atrair polinizadores, predadores naturais de pragas e outros animais benéficos.
- **Melhoria da Qualidade do Solo:** práticas agroecológicas como a adubação orgânica e o uso de técnicas de compostagem podem melhorar a estrutura e a fertilidade do solo, aumentando a capacidade de retenção de água e nutrientes.
- **Resiliência aos Impactos Climáticos:** a agroecologia também se concentra na adaptação às mudanças climáticas, promovendo práticas que aumentam a resiliência das culturas às variações climáticas, como estiagens e chuvas intensas.

Em suma, a adoção da abordagem agroecológica no cultivo de lavouras de cana-de-açúcar pode contribuir significativamente para a redução dos impactos ambientais associados a essa atividade. Ao priorizar práticas sustentáveis e equilibradas, a agroecologia busca garantir não apenas a viabilidade econômica, mas também a preservação dos recursos naturais e a qualidade de vida das comunidades envolvidas.

3.1. Pragas e Controle

A cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*) é uma das culturas mais importantes em várias regiões do mundo, incluindo o Brasil, onde desempenha um papel significativo na produção de açúcar e etanol. No entanto, a sua produção enfrenta vários desafios, incluindo a ocorrência de pragas que podem causar danos significativos às plantações.

As principais pragas que assolam as lavouras da cana-de-açúcar são a broca, o percevejo-de-renda e cigarrinha-da-raiz.

Broca-da-cana (*Diatraea saccharalis*): a broca-da-cana é considerada uma das pragas mais prejudiciais da cultura da cana-de-açúcar. Suas larvas se alimentam do interior dos colmos, reduzindo a produtividade e afetando a qualidade da cana. Segundo Silva et al. (2019), a broca-da-cana pode causar perdas de até 30% na produção quando não controlada adequadamente.

Percevejo-de-renda (*Mahanarva fimbriolata*): o percevejo-de-renda é uma praga sugadora que se alimenta da seiva das plantas de cana-de-açúcar. Sua presença causa o amarelecimento das folhas e a redução no crescimento das plantas. De acordo com Souza et al. (2020), a infestação por percevejos pode levar a perdas significativas na produção de cana-de-açúcar.

Cigarrinha-da-raiz (*Mahanarva posticata*): a cigarrinha-da-raiz é uma praga que ataca as raízes das plantas de cana-de-açúcar, causando a morte das mesmas. Segundo Oliveira et al. (2018), a infestação por cigarrinhas pode resultar em perdas de até 50% na produtividade da cana.

As principais estratégias de controle de pragas utilizadas são: controle natural, controle biológico e controle químico, além do monitoramento e tomada de decisão para um realizar um controle efetivo dentro da lavoura de cana-de-açúcar.

Controle cultural: O controle cultural envolve práticas agrícolas que visam reduzir o impacto das pragas na cultura da cana-de-açúcar. Isso inclui medidas como o plantio de variedades resistentes, o manejo adequado da palhada, o uso de rotação de culturas e a destruição de restos de cultura após a colheita.

Segundo Costa et al. (2021), o controle cultural pode ser eficaz na redução da infestação de pragas, contribuindo para a sustentabilidade da produção.

Controle biológico: o controle biológico consiste na utilização de seres vivos como ferramenta para regular as populações de pragas presentes na cultura da cana-de-açúcar. Isso envolve, por exemplo, a introdução deliberada de inimigos naturais, como predadores e parasitoides, que se alimentam das pragas, contribuindo assim para o seu controle. De acordo com um estudo realizado por Santos et al. (2022), o controle biológico tem demonstrado ser uma abordagem altamente promissora para o manejo das pragas que afetam a produção de cana-de-açúcar. Essa estratégia apresenta vantagens significativas, uma vez que é uma alternativa de baixo impacto ambiental e mais alinhada com princípios de sustentabilidade.

Controle químico: o controle químico compreende a utilização de substâncias como inseticidas e outros produtos químicos, com o propósito de suprimir ou reduzir as populações de pragas. No entanto, essa abordagem deve ser empregada com prudência, aderindo estritamente às diretrizes técnicas e protocolos de segurança estabelecidos. De acordo com um estudo conduzido por Rodrigues et al. (2017), o controle químico pode se revelar eficaz quando implementado de maneira apropriada. No entanto, é imperativo acompanhar de perto a possibilidade de resistência das pragas aos produtos químicos utilizados. Nesse sentido, é fundamental adotar a rotação de diversos princípios ativos como parte da estratégia de manejo.

Monitoramento e tomada de decisão: O monitoramento regular das pragas da cana-de-açúcar é essencial para identificar a presença e o nível de infestação. Isso permite tomar decisões adequadas em relação ao momento e ao tipo de controle a ser aplicado. Segundo Ferreira et al. (2014), o uso de tecnologias como armadilhas e sistemas de alerta pode auxiliar no monitoramento eficiente das pragas.

3.2. Impactos dos produtos utilizados no manejo

A produção de cana-de-açúcar desempenha um papel fundamental na atividade agrícola. No entanto, a má gestão das pragas, doenças e plantas

invasoras pode levar a um uso excessivo de produtos químicos, resultando em potenciais impactos e externalidades negativas para o meio ambiente e para a saúde humana.

✓ **Impactos ambientais causados por produtos químicos:**

O emprego de agroquímicos no manejo da cana-de-açúcar pode resultar na contaminação do solo, da água e do ar. De acordo com pesquisas realizadas por Silva et al. (2019), a aplicação inadequada de herbicidas pode provocar a contaminação de aquíferos e cursos d'água, comprometendo a qualidade da água e a vida aquática. Além disso, a utilização de inseticidas pode ter efeitos prejudiciais sobre a fauna benéfica, como abelhas e outros polinizadores, conforme apontado por Silva e Lima (2020).

✓ **Impactos na saúde humana:**

A exposição aos produtos químicos empregados no manejo da cana-de-açúcar pode acarretar riscos à saúde humana. Estudos indicam que trabalhadores rurais envolvidos na aplicação de agroquímicos estão expostos a substâncias tóxicas, o que pode culminar em problemas respiratórios, dermatológicos e, em situações mais graves, até mesmo em doenças como o câncer, como mencionado por Pereira et al. (2018).

A crescente preocupação com a geração de impactos ambientais na produção de cana-de-açúcar demanda a adoção de soluções mais sustentáveis para o setor. É crucial explorar alternativas que minimizem o uso de produtos químicos e que promovam práticas de manejo menos impactantes ao meio ambiente, a fim de preservar a resiliência dos ecossistemas e a segurança da saúde humana.

3.3. Fertirrigação por vinhaça

A fertirrigação utilizando vinhaça é amplamente reconhecida como uma prática agrícola que envolve a aplicação de resíduos líquidos resultantes da produção de álcool e açúcar, com o propósito de fornecer nutrientes às plantas.

Esse método tem sido particularmente benéfico para a cultura da cana-de-açúcar, aproveitando seu potencial como fonte de nutrientes essenciais e abordando a gestão adequada dos subprodutos industriais.

Conforme descrito por Oliveira et al. (2019), a vinhaça possui uma composição altamente nutritiva, contendo elementos essenciais para o crescimento das plantas, incluindo nitrogênio, fósforo, potássio e micronutrientes. A aplicação da vinhaça via fertirrigação permite uma pronta disponibilidade desses nutrientes às culturas, resultando em melhorias significativas na produtividade agrícola.

Nascimento et al. (2019) destacam que essa prática contribui para o fechamento do ciclo de nutrientes, reduzindo a necessidade de fertilizantes químicos sintéticos. Além disso, a fertirrigação utilizando vinhaça produz impactos e externalidades positivos, tais como a recuperação de solos degradados, o aumento dos níveis de matéria orgânica no solo e a melhoria na retenção de água e nutrientes. No contexto agroecológico, essa abordagem oferece um potencial significativo para a promoção de práticas de manejo sustentável do solo e da cultura da cana-de-açúcar.

Portanto, a fertirrigação por meio da aplicação de vinhaça emerge como uma estratégia valiosa não apenas para a otimização da produtividade agrícola, mas também para a adoção de princípios sustentáveis no âmbito do cultivo de cana-de-açúcar.

3.4. Geração de resíduos industriais

Resíduos industriais se referem aos subprodutos ou materiais descartados decorrentes das atividades industriais, incluindo aquelas associadas ao cultivo de plantações de cana-de-açúcar.

Conforme observado por Silva (2017), esses resíduos podem variar em composição e nos impactos ambientais que causam, mas geralmente englobam elementos como vinhaça, bagaço de cana, torta de filtro, cinzas, entre outros. A gestão adequada desses resíduos assume uma importância crucial para prevenir efeitos negativos tanto no ecossistema quanto na saúde humana.

3.5. Soluções agroecológicas

Para mitigar os impactos associados aos produtos empregados no manejo da cultura da cana-de-açúcar, é crucial explorar abordagens alternativas com um enfoque sustentável. O controle biológico emerge como uma estratégia altamente promissora nesse contexto. De acordo com Santos et al. (2021), a utilização de agentes de controle biológico, como predadores e parasitoides naturais, tem a capacidade de reduzir a dependência dos inseticidas químicos convencionais.

Além disso, práticas de manejo integrado de pragas, como a rotação de culturas e o cultivo de variedades resistentes, desempenham um papel significativo na minimização do uso de agroquímicos, como observado por Melo e Oliveira (2019).

As pragas constituem um desafio substancial na produção de cana-de-açúcar, afetando tanto a produtividade quanto a qualidade da safra, conforme mencionado por Silva et al. (2020).

A adoção do controle integrado de pragas, que engloba estratégias variadas como controle cultural, biológico, químico e monitoramento, é essencial para um manejo pragmático e sustentável das pragas que afetam a cana-de-açúcar, conforme descrito por Melo et al. (2020).

Investir em pesquisas contínuas para o desenvolvimento de novas técnicas e abordagens no controle de pragas é fundamental para reduzir os impactos negativos e promover uma produção mais sustentável.

Para abordar os impactos provenientes da geração de resíduos industriais, o princípio de fechamento de ciclos emerge como uma solução decisiva. Isso envolve a reutilização dos resíduos gerados como insumos no próprio processo produtivo agrícola, promovendo a reciclagem dos nutrientes e evitando seu descarte inadequado. Conforme ressaltado por Gonçalves et al. (2016), a reciclagem de resíduos orgânicos, como vinhaça e bagaço de cana, por meio da compostagem, desempenha um papel significativo na melhoria da fertilidade do solo e na redução da dependência de fertilizantes químicos.

Os produtos utilizados no manejo da cultura da cana-de-açúcar podem desencadear impactos consideráveis no meio ambiente e na saúde humana. Assim, é imperativo buscar alternativas sustentáveis, como o controle biológico e o manejo integrado de pragas, com o intuito de diminuir a dependência de agroquímicos e mitigar os efeitos negativos.

Dessa forma, a adoção da abordagem agroecológica no cultivo de lavouras de cana-de-açúcar não apenas contribui para a redução dos impactos ambientais, mas também promove benefícios socioeconômicos, gerando uma produção mais sustentável e socialmente justa. Entretanto, a implementação dessas práticas exige a participação de diversos atores, tais como produtores, pesquisadores, governos e comunidades locais, bem como a disseminação do conhecimento e a troca de experiências.

Conforme destacado por Pinto et al. (2020), a agroecologia visa integrar princípios ecológicos, sociais e econômicos na agricultura, com o objetivo de produzir alimentos de maneira sustentável, preservando a biodiversidade e promovendo a equidade social.

4. Análise sistêmica entre revolução verde e práticas agroecológicas

É incontestável que o avanço tecnológico trouxe substanciais melhorias para a agricultura durante a era da Revolução Verde, especialmente em relação à economia dos países em que foi implantada. No entanto, surgem controvérsias acerca dos impactos resultantes e de certos desafios enfrentados pelos pequenos agricultores.

À medida que a expansão da industrialização agrícola avançou territorialmente, as demandas por terras aumentaram, levando a uma série de processos, aspectos e impactos ambientais. Por exemplo, o desmatamento, a degradação dos recursos hídricos, a compactação do solo e a contaminação por agrotóxicos tornaram-se mais pronunciados (SOUZA, 2018; GUITARRARA, 2022).

Com o aumento da produção, a expansão e comercialização passaram a estar cada vez mais direcionadas para o mercado de exportação, gerando uma maior dependência entre as áreas rurais e urbanas. Isso implica que grande

parte da tecnologia e dos investimentos necessários para a produção agrícola provém das áreas urbanas (ALBERGONI; PELAEZ, 2007).

Guitarrara (2022) observa que à medida que os maquinários foram substituindo a mão de obra humana, a demanda por trabalhadores diminuiu, tornando-se necessário empregar pessoal especializado para operar as máquinas agrícolas. No entanto, muitos pequenos produtores enfrentaram dificuldades em se adaptar a esses requisitos tecnológicos, resultando em falências ou na venda de suas propriedades a agricultores com maior poder aquisitivo. Aqueles trabalhadores rurais e agricultores, que não puderam se ajustar a essa nova realidade de produção frequentemente se viram obrigados a abandonar suas terras e migrar para centros urbanos em busca de novas fontes de renda.

A agroecologia surge como uma abordagem que busca mitigar os impactos ambientais e revitalizar a agricultura de pequena escala, por intermédio do desenvolvimento de projetos ecológicos tradicionais. Isso implica na incorporação de práticas de manejo que considerem fatores climáticos e as demandas do mercado, criando uma ponte entre a agricultura orgânica e a convencional. A abordagem busca resgatar princípios tradicionais enquanto integra as atuais necessidades de mercado (CAMARGO et al., 2018; XAVIER et al., 2023).

Portanto, o progresso tecnológico na agricultura trouxe avanços, mas também desafios significativos, particularmente para os pequenos agricultores. O surgimento da agroecologia como uma alternativa busca abordar tanto as preocupações ambientais quanto as questões socioeconômicas, inerentes à produção agrícola moderna.

5. Considerações finais

A análise abrangente dos estudos bibliográficos revelou que tanto a Revolução Verde quanto a agroecologia têm como objetivo abordar os desafios inerentes ao sistema agroalimentar. Contudo, a agroecologia emerge como uma abordagem mais eficaz na redução dos impactos ambientais negativos e nos problemas socioeconômicos associados à produção agrícola. Ela oferece uma

abordagem sustentável que beneficia a biodiversidade em empresas sucroalcooleiras ao longo de todas as etapas do cultivo de cana-de-açúcar, contribuindo para o aprimoramento da cadeia produtiva de açúcar e álcool.

A crescente preocupação com os impactos ambientais decorrentes do cultivo de cana-de-açúcar exige soluções mais sustentáveis. Nesse contexto, a abordagem agroecológica tem se destacado como uma alternativa promissora. Possibilita a adoção de práticas de manejo integrado de pragas, diversificação de cultivos, redução do uso de agroquímicos e promoção da biodiversidade. Essas práticas não somente reduzem os impactos negativos sobre o meio ambiente, mas também preservam a saúde dos trabalhadores rurais e aprimoram a qualidade de vida das comunidades locais.

O monitoramento regular das pragas que afetam a cana-de-açúcar, utilizando tecnologias como armadilhas e sistemas de alerta, desempenha um papel essencial nesse processo. Esse monitoramento fornece informações precisas sobre a presença e intensidade das infestações de pragas. Esses dados são fundamentais para tomar decisões informadas sobre o momento e o tipo de controle a ser implementado, maximizando a eficácia das ações e minimizando os impactos ambientais.

A implementação da abordagem agroecológica no cultivo de lavouras de cana-de-açúcar não apenas contribui para a redução dos impactos ambientais, mas também oferece vantagens socioeconômicas, promovendo uma produção mais sustentável e equitativa. Contudo, a adoção dessas práticas requer a colaboração de diversos atores, incluindo produtores, pesquisadores e governos, bem como a disseminação do conhecimento e a troca de experiências.

Em resumo, os estudos indicaram que a agroecologia se destaca como uma abordagem mais eficaz em comparação com a Revolução Verde no que diz respeito à redução dos impactos ambientais durante a produção agrícola. Isso realça a natureza sustentável e benéfica à biodiversidade da agroecologia, abrangendo desde o plantio das lavouras até a produção em escala industrial.

6. Referências

ALBERGONI, L.; PELAEZ, V. Da revolução verde à agrobiotecnologia: ruptura ou continuidade de paradigmas. **Revista de Economia**, Repositório Institucional - UFPR, v. 33, ed. ISSN 0556-5782 | e-ISSN 2316-9397, p. 31-53, Junho 2007.

DOI <http://dx.doi.org/10.5380/re.v33i1.8546>. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/economia/article/view/8546>. Acesso em: 26 set. 2022.

CAMARGO, E. F.; HATA, F. T.; BEGA, V. L.; GONZAGA, G. F.; FREITAS, F.; SPAGNUOLO, F. A.; VENTURA, M. U. Agroecologia na Universidade Estadual de Londrina: Integrando Ensino, Pesquisa e Extensão. In: OLIVEIRA, A. L. M. de. **Cadeia Produtiva de Alimentos e Produtos Orgânicos**. 1. ed. Londrina: UEL, 2018. cap. VII, p. 1-94. ISBN 978-85-7846-475-2. Disponível em: <http://www.uel.br/cca/dcta/pages/arquivos/Livro%20Org%C3%A2nicos.pdf>. Acesso em: 28 set. 2022.

CONWAY, G. R.; BARBIER, E. B. **After the green revolution: sustainable agriculture for development**. Earthscan Publications: London, 1990.

COSTA, J. V.; SILVA, J. L.; SILVA, E. G.; BEZERRA, L. C. M. Controle cultural de pragas da cana-de-açúcar. **Revista Agro@ambienteOn-line**, v. 15, n. 2, p. 152-159, 2021.

DUTRA, R. M. S.; SOUZA, M. O. Cerrado, revolução verde e evolução do consumo de agrotóxicos: Brazilian Savanna, green revolution and the evolution of pesticides consumption. **Sociedade & Natureza**, SCIELO Brasil, ano 2017, v. 29, n. 3, p. 473-488, 2 maio 2022. DOI <https://doi.org/10.14393/SN-v29n3-2017-8>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/sn/a/TBHxkV4MshvP3Sd4K7tJ5mG/?lang=pt>. Acesso em: 27 set. 2022.

FERREIRA, W. P. M.; PICANÇO, M. C.; MORAIS, E. G. F. (Eds.). Pragas da cana-de-açúcar: **Ecologia e Manejo Integrado**. Viçosa: Editora UFV. 2014.

FIGUEIREDO, J. S. M.; VARDIERO, L. G. G.; XAVIER, S. A. B.; SILVA, M. A. B. da; ARAUJO, O. P.; PEIXOTO, P. M. C.; PERON, I. B.; OLIVEIRA, F. S. de; SOUZA, M. N. Agroecologia como meio para a sustentabilidade da agricultura familiar. In: SOUZA, M. N. (Org.) **Tópicos em recuperação de áreas degradadas**. Vol. IV. – Canoas, RS: Mérida Publishers. p. 99-126. 2022. DOI: <https://doi.org/10.4322/mp.978-65-84548-10-7.c3>

FRANCISCHETTO, B. de M.; SANTANA, C. I.; OLIVEIRA, P. P. S.; PÁSCHOA, J. C. V. da; MENDONÇA, P. P.; ZACARIAS, A. J.; EGIDIO, L. S.; SOUZA, M. N. Compostagem como prática interdisciplinar da Educação Ambiental e Agroecologia. In: SOUZA, M. N. (Org.) **Tópicos em recuperação de áreas degradadas**. Vol. V. – Canoas, RS: Mérida Publishers, 2023. 348 p. ISBN: 978-65-84548-12-1. DOI: <https://doi.org/10.4322/mp.978-65-84548-12-1.c4>

GONÇALVES, J. L. et al. Uso da vinhaça na agricultura: vantagens e desvantagens ambientais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, n. 20, p. 925-930, 2016.

GUITARRARA, P. **Revolução Verde: origem da revolução verde**. MUNDO EDUCAÇÃO, 2022. Disponível em: <https://mundoeducacao.uol.com.br/geografia/a-revolucao-verde.htm#:~:text=Em%20conjunto%20com%20pesquisadores%20locais>,

principal%20nome%20da%20Revolu%C3%A7%C3%A3o%20Verde. Acesso em: 22 set. 2022.

MELO, R. et al. **Monitoramento e controle integrado de pragas da cana-de-açúcar**. Embrapa Informação Tecnológica, Comunicado Técnico 221. 2020.

MELO, T. M.; OLIVEIRA, V. R. Manejo integrado de pragas da cana-de-açúcar. **Cana-de-Açúcar em Foco**, v. 8, n. 3, p. 14-19, 2019.

MOREIRA-COSTA, W; SOUZA, M. N. Fatores bióticos na recuperação de áreas degradadas: ação da flora e da fauna. In: SOUZA, M. N. **Tópicos em recuperação de áreas degradadas**. Mérida Publishers. v. 4, cap. 4, p. 126-150, 2022.

NASCIMENTO, C. W. et al. Fertirrigação com vinhaça: manejo e perspectivas. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 13, n. 2, p. 1-10, 2019.

OLIVEIRA, F. A. et al. Aplicação de vinhaça como fertilizante e sua influência na produção de biomassa vegetal. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, n. 9, p. 106-113, 2019.

OLIVEIRA, V. R.; GARCIA, J. M.; SILVA, L. L.; BEZERRA, J. E. F. Controle da cigarrinha-das-raízes da cana-de-açúcar (*Mahanarva posticata*) com inseticidas sistêmicos. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 13, n. 3, p. 119-124, 2018.

PEREIRA, R. F.; ALVES, E. O.; SOUSA, P. C. Impactos dos agrotóxicos na saúde dos trabalhadores rurais: uma revisão sistemática da literatura. **Revista Eletrônica de Enfermagem**, n. 20, p. e11953, 2018.

PINTO, G. et al. Agroecologia: Uma abordagem sustentável para a produção agrícola. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 7, n. 3, p. 7-15, 2020.

RIBEIRO, C. A. F. G.; BLUMER, S. A.; HORII, J. **Fundamentos de tecnologia sucroalcooleira: tecnologia do açúcar**. 1999. 70 f. Monografia (Especialização em tecnologia do açúcar) - UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA "LUIZ DE QUEIROZ", Piracicaba, 1999.

RODRIGUES, M. R.; SOARES, J. J.; MELLO, R. N.; VIANA, J. L.; SERAPHIM, L. F. Controle químico de pragas da cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Herbicidas**, Londrina. 2017. Disponível em: <<http://www.rbherbicidas.com.br/index.php/rbh/issue/view/50>>. Acesso em: 28 dez. 2022.

SANTOS, A. C.; SOUZA, C. A.; VILELA, M.; CAMPOS, T. M. Controle biológico de pragas da cana-de-açúcar. **Anais...** Congresso Brasileiro de Entomologia. Fortaleza, 2022. Disponível em: <https://cbe2022.com.br/files/anais_final.pdf>. Acesso em: 28 dez. 2022.

SANTOS, A. C.; SOUZA, C. A.; VILELA, M.; CAMPOS, T. M. Controle biológico de pragas da cana-de-açúcar. **Anais...** Congresso Brasileiro de Entomologia, 34, e20223275. 2021.

SANTOS, C. F. et al. **A agroecologia como perspectiva de sustentabilidade na agricultura familiar**. Ambiente & Sociedade [online]. 2014, v. 17, n. 2 Acessado 1 Outubro 2022], p. 33-52. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S1414-753X2014000200004>>. 06 Ago 2014. ISSN 1809-4422. Acesso em: 28 dez. 2022.

SILVA, A. B.; LIMA, E. M. Impactos ambientais e efeitos da aplicação de agroquímicos na cultura da cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Agroecologia**, n. 15, p. 218-231, 2020.

SILVA, A. E. **Estágio Supervisionado em Química Industrial** – Usina Sucroalcooleira Santa Terezinha de Ivaté-PR, Unidade IV, Umuarama, 2017.

SILVA, D. A.; OLIVEIRA, V. R.; CARVALHO, L. B. Contaminação de água subterrânea por herbicidas utilizados na cultura da cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, n. 23, p. 492-496, 2019.

SILVA, J. et al. Pragas e doenças da cana-de-açúcar e seu controle. **Revista Brasileira de Agroecologia**, n. 15, p. 189-195, 2020.

SOUZA, M. N. **Degradação antrópica e procedimentos de recuperação ambiental**. Balti, Moldova, Europe: Novas Edições Acadêmicas, 2018. 378 p.

SOUZA, M. N. **Mudanças no uso do solo e da água e a gestão dos recursos naturais**. Frankfurt, Alemanha: Novas Edições Acadêmicas, 2015. 376 p.

SOUZA, M. N.; FONSECA, R. A. A evolução dos movimentos ambientais e o surgimento da AIA. In: SOUZA, M. N. (Org.) **Tópicos em recuperação de áreas degradadas**. Vol. V. – Canoas, RS: Mérida Publishers, 2023. 348 p. ISBN: 978-65-84548-12-1. DOI: <https://doi.org/10.4322/mp.978-65-84548-12-1.c1>

VAILATI, P. H.; CARVALHO, M. M. X. da. Agroecologia no Brasil: história e polissemia de um conceito. **Princípios e fundamentos ecológicos aplicados na busca de uma produção sustentável**, p. 63, 2021.

XAVIER; S. A. B.; MOREIRA; T. B. R.; CASSA, N.; CRESPO, A. M.; LOUBACK, G. C.; PERON; I. B.; VARDIERO, L. G. G.; SOUZA, M. N. Agroecologia aplicada aos procedimentos de recuperação de áreas degradadas. In: SOUZA, M. N. (Org.) **Tópicos em recuperação de áreas degradadas**. Vol. V. – Canoas, RS: Mérida Publishers, 2023. 348 p. ISBN: 978-65-84548-12-1. DOI: <https://doi.org/10.4322/mp.978-65-84548-12-1.c3>