

ESCOLA TÉCNICA ESTADUAL PROF. ARMANDO JOSÉ FARINAZZO
CENTRO PAULA SOUZA

Anderson Luiz Rocha Pereira
Eleni Marques Tavares
Francielle da Silva
Gidalias Vicente Carneiro
Joyce Macedo da Silva
Valdir Antônio Toschi

COMBATE A INCÊNDIO: O IMPACTO DAS QUEIMADAS EM
CANAVIAIS

Fernandópolis
2024

Anderson Luiz Rocha Pereira
Eleni Marques Tavares
Francielle da Silva
Gidalias Vicente Carneiro
Joyce Macedo da Silva
Valdir Antônio Toschi

COMBATE A INCÊNDIO: O IMPACTO DAS QUEIMADAS EM CANAVIAIS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como exigência parcial para obtenção da Habilitação Profissional Técnica de Nível Médio de Técnico em Segurança do Trabalho, no Eixo Tecnológico de Segurança, à Escola Técnica Estadual Professor Armando José Farinazzo, sob orientação do Professor Marcos Antonio de Assis.

Fernandópolis
2024

Anderson Luiz Rocha Pereira
Eleni Marques Tavares
Francielle da Silva
Gidalias Vicente Carneiro
Joyce Macedo da Silva
Valdir Antônio Toschi

COMBATE A INCÊNDIO: O IMPACTO DAS QUEIMADAS EM CANAVIAIS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como exigência parcial para obtenção da Habilitação Profissional Técnica de Nível Médio de Técnico em Técnico em Segurança do Trabalho, no Eixo Tecnológico de Segurança, à Escola Técnica Estadual Professor Armando José Farinazzo, sob orientação do Professor Marcos Antonio de Assis.

Examinadores:

Professor examinador

Professor examinador

Professor examinador

Fernandópolis
2024

DEDICATÓRIA

Dedicamos este artigo aos nossos familiares, amigos e professores, que não mediram esforços para que chegássemos até aqui. Dedicamos ao nosso querido orientador, que sempre compartilhou sua experiência de forma construtiva.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus que nos deu a oportunidade, força e coragem para, superar os desafios.

Nossos familiares que nos apoiaram diariamente, dedicando incansavelmente para a conclusão do nosso trabalho.

Aos nossos professores que não mediram esforços nos auxiliando dando todo suporte necessário.

Nossos colegas de curso, que diariamente desenvolvemos um trabalho em equipe.

A nosso orientador pelas correções e ensinamentos que foram fundamentais para a elaboração desse trabalho.

Por fim nossa gratidão a esta instituição de ensino com a oportunidade de desenvolver este trabalho.

EPÍGRAFE

"Se queremos progredir, não devemos repetir a história, mas fazer uma história nova." (Mahatma Gandhi)

COMBATE A INCÊNDIO: O IMPACTO DAS QUEIMADAS EM CANAVIAIS

Anderson Luiz Rocha Pereira
Eleni Marques Tavares
Francielle da Silva
Gidalias Vicente Carneiro
Joyce Macedo da Silva
Valdir Antônio Toschi

RESUMO: Este Trabalho de Conclusão de Curso investiga os impactos das queimadas em canaviais, ressaltando os efeitos negativos para o meio ambiente, a economia e a sociedade. A análise abrange o histórico do uso do fogo na agricultura e sua dualidade como ferramenta de colheita e causa de destruição. Discute-se a transição para a colheita mecanizada que tem como objetivo uma produtividade mais eficiente e melhorar a sustentabilidade do setor. O trabalho também aborda a importância das brigadas de incêndio e o uso de tecnologias, como inteligência artificial e drones, para monitoramento e combate aos focos de incêndio. O estudo de caso apresenta uma análise detalhada das causas das queimadas e suas consequências, propondo estratégias de mitigação e conscientização para garantir uma produção mais sustentável e segura.

Palavras-chave: Queimadas, Canaviais, Sustentabilidade, Prevenção de Incêndios.

ABSTRACT: This Final Course Project investigates the impacts of fires in sugarcane fields, emphasizing their negative effects on the environment, economy, and society. The analysis covers the historical use of fire in agriculture and its dual role as a harvesting tool and a destructive force. It discusses the shift to mechanized harvesting, aiming to reduce pollution and enhance sustainability in the sector. The study also highlights the importance of fire brigades and advanced technologies, like artificial intelligence and drones, for monitoring and combating fire outbreaks. The case study provides an in-depth analysis of the causes and consequences of these fires, proposing strategies for mitigation and awareness to ensure safer and more sustainable production.

Keywords: Fires, Sugarcane Fields, Sustainability, Fire Prevention.

1. INTRODUÇÃO

Há milênios, nas longas e geladas noites de inverno, a ausência de luz representava um desafio significativo para nossos antepassados. Sem o brilho da lua

cheia, a escuridão transformava a noite em um ambiente hostil, repleto de ameaças de predadores à espreita. Como citado por Adilson de Oliveira, do departamento de Física da UFSCar (Ciência Hoje, 2024). Pode-se afirmar que o fogo desempenha um papel significativo no cotidiano da humanidade. Inicialmente, representava proteção, pois afastava animais selvagens e proporcionava calor durante os dias frios. Posteriormente, passou a ser utilizado em caçadas, em tochas, para assustar e capturar presas com mais facilidade. (Lázaro *et al*,2023).

Contudo, de acordo com Oliveira (2014, apud Lázaro *et al.*, 2023, p.9) acredita-se que

Antes de dominar a técnica do fogo, nossos ancestrais tinham que esperar até que um raio caísse em uma árvore, ou até mesmo, esperar que um incêndio ocorresse na floresta e isso deixaria o homem dependente do acaso para adquirir esse precioso bem.

Dessa forma, é notório que o domínio do fogo ainda não era possível e, dependia de eventos naturais para reacender chamas. O autor reforça que ao descobrir como fazer fogo, o homem primitivo ganhou maior mobilidade, como também, a possibilidade de vagar em grupos menores e por lugares mais afastados (Oliveira, 2014, apud Lázaro *et al.*, 2023). Portanto, “durante o processo da nossa evolução, controlar o fogo foi essencial para o desenvolvimento humano” (Lázaro *et al.*, 2023, p.9).

Assim, com descoberta do fogo, as sociedades primitivas ganharam mobilidade e segurança, explorando novos territórios e desenvolvendo utensílios para produzir fogo. O uso de arcos e pedras como a piritita de ferro aprimorou a obtenção de faíscas (Oliveira, 2015). Além do conforto, o fogo possibilitou o avanço cultural e tecnológico, sendo essencial para rituais e a produção de metais. Como ressalta Adilson de Oliveira, ele também impulsionou o desenvolvimento de máquinas térmicas (Ciência Hoje, 2024).

Segundo Lázaro *et al.* (2023, p. 5), embora o fogo tenha desempenhado um papel crucial no desenvolvimento da humanidade, seu uso também gerou consequências negativas para o meio ambiente e para a própria espécie humana. A utilização irresponsável do fogo, movida pelo egocentrismo humano, tem causado impactos como queimadas e incêndios florestais, degradação do solo, extinção de espécies, secamento de nascentes, poluição atmosférica, surgimento de doenças e o

agravamento do aquecimento global, evidenciando os danos provocados pela interferência humana em busca de vantagens individuais.

E com esse olhar foi analisado que o mesmo fogo que trouxe progresso se mostrou destrutivo quando descontrolado, assim destacando especialmente a sua utilização nos canaviais, onde seu uso é dual. A cana-de-açúcar, central no desenvolvimento dos biocombustíveis, tem no Brasil um grande produtor, contribuindo para a redução de emissões de gases de efeito estufa (Diretoria STAB, 2024). No entanto, o uso do fogo para facilitar a colheita é controverso, pois incêndios descontrolados podem causar danos ambientais, perda de biodiversidade e prejudicar a saúde das comunidades vizinhas. A combinação de práticas agrícolas modernas e tecnológicas com o conhecimento histórico é fundamental para minimizar os danos causados pelo fogo e garantir a sustentabilidade no setor sucroalcooleiro. (Ribeiro, 2008).

Este trabalho visa analisar estratégias de prevenção e combate a incêndios em canaviais, por meio de pesquisas de campo, buscando soluções que promovam a conscientização e redução das queimadas.

2.FUNDAMENTAÇÃO TEORICA

2.1. A CULTURA DA CANA-DE-AÇÚCAR NO BRASIL

De acordo com Rodrigues e Ross (2020) embora o Brasil tenha sido descoberto em 1500, o interesse inicial era apenas a extração do pau-brasil. Contudo, a disputa com corsários franceses que traficavam a espécie brasileira e a decadência com o Oriente, a Coroa portuguesa pensando em defender sua colônia, impulsionou estratégias que visavam obter lucros da produção de produtos tropicais ou de metais preciosos.

Há alguns anos, os portugueses haviam iniciado a produção de açúcar, uma das especiarias mais apreciadas pelos europeus, nas suas colônias insulares do Atlântico (Ilha da Madeira e Açores), cujo ambiente era muito similar ao Brasil. A prévia experiência exitosa, associada à disponibilidade de terras e de mão de obra indígena na nova colônia, foi um fator decisivo para a opção de cana-de-açúcar

como primeiro produto a ser cultivado em terras brasileiras (Rodrigues, Ross, p. 16, 2020).

Dessa forma, a cana-de-açúcar ocupa um lugar de destaque na economia brasileira, sendo introduzida por Martim Afonso de Souza em 1533, juntamente com a construção do primeiro engenho em São Vicente. Portanto, a escolha dessa cultura não foi ao acaso, mas sim estratégica, impulsionada pelo alto valor do açúcar no mercado europeu, onde era considerado um produto de luxo (Yogitha, 2020).

A experiência dos portugueses no cultivo da cana nas ilhas atlânticas, como a Ilha da Madeira, contribuiu significativamente para a adaptação dessa planta no território brasileiro, especialmente nas regiões de Pernambuco e Bahia, que se consolidaram como importantes centros de produção açucareira (Yogitha, 2020).

Com o passar dos anos, o manejo da cana-de-açúcar incorporou novas práticas, incluindo o uso do fogo como técnica para facilitar a colheita. A queima pré-colheita, caracterizada pela incineração controlada da palha, visava reduzir o material vegetal e facilitar o corte da cana. Essa prática, amplamente adotada até a mecanização da colheita, reduzia custos operacionais e protegia trabalhadores de animais peçonhentos que habitavam os canaviais. Contudo, a queima também gerou preocupações devido aos seus impactos ambientais, como a emissão de gases poluentes e a degradação do solo (Yogitha, 2020). De acordo com Souza *et al.* (2005), "a queima da palha libera partículas finas que comprometem a qualidade do ar, além de contribuir para o aquecimento global".

A mecanização da colheita trouxe uma alternativa mais sustentável e ambientalmente responsável, buscando minimizar os danos causados pela queima. Segundo Ronquim (2010), "a colheita mecanizada não apenas melhora a produtividade, como também contribui para a preservação da fauna local e a manutenção da qualidade do solo". No entanto, a transição para essa técnica ainda enfrenta desafios, especialmente para pequenos produtores que dependem das técnicas tradicionais.

2.2. INÍCIO DA PRÁTICA DA QUEIMA DA CANA-DE-AÇÚCAR

O uso de queimadas controladas visa a eliminação da palha seca, que dificulta o corte, especialmente em áreas com linhas de plantio estreitas, além de afastar animais peçonhentos (Ronquim, 2010). A queima da cana permite um processo de colheita mais ágil, porém, gera implicações ambientais significativas, além de ser proibida por lei.

Com a expansão da colheita mecanizada, uma alternativa mais eficiente e sustentável surgiu. Este método não requer o uso do fogo, reduzindo a emissão de poluentes e os riscos à saúde da população local (Yogitha, 2020). Apesar dos benefícios, a mecanização ainda enfrenta desafios, especialmente para pequenos produtores, que não têm acesso fácil às novas tecnologias e continuam a depender das queimadas.

A prática da queima, entretanto, tem gerado impactos negativos consideráveis, como o aumento da emissão de gases de efeito estufa e problemas respiratórios nas comunidades próximas (Souza et al., 2005). Estudos demonstram que a fumaça liberada durante as queimadas pode agravar doenças respiratórias e diminuir a qualidade de vida dos habitantes das regiões afetadas (Souza et al., 2005).

Em resposta a esses problemas, legislações mais rígidas foram criadas para regulamentar o uso do fogo na agricultura e promover a transição para métodos de colheita mais sustentáveis. O Decreto Estadual de São Paulo nº 47.700/2003, por exemplo, visa a eliminação progressiva das queimadas em áreas mecanizáveis e não mecanizáveis, promovendo a colheita mecanizada como alternativa (São Paulo, 2003).

Contudo, as queimadas ainda são uma realidade em várias regiões do Brasil, e o desconhecimento ou desrespeito às normativas pode resultar em penalidades severas, como multas e outras sanções por parte dos órgãos de fiscalização ambiental. A conscientização e o treinamento dos produtores são essenciais para garantir uma transição segura e ambientalmente responsável (Ronquim, 2010).

Embora o uso de queimadas controladas na colheita de cana-de-açúcar tenha sido uma prática historicamente eficiente, seus impactos ambientais e à saúde são significativos. A expansão da mecanização agrícola surge como uma solução

mais sustentável. No entanto, a transição completa para métodos mecanizados enfrenta desafios, especialmente entre os produtores que não têm acesso fácil às novas tecnologias.

2.3. PARTICIPAÇÃO DA CULTURA DE CANA-DE-AÇÚCAR NA ECONOMIA

A cana-de-açúcar é um pilar econômico do Brasil, especialmente no setor de biocombustíveis, destacando-se pela produção de etanol e açúcar. A utilização do bagaço para geração de energia nas usinas contribui para a redução de custos operacionais e melhora a sustentabilidade energética. O setor sucroenergético emprega aproximadamente 6% da mão de obra agroindustrial brasileira, consolidando o país como um dos maiores produtores de álcool mundialmente (Agrolink, 2020). Além disso, a cogeração de energia com bagaço participa ativamente do mercado de carbono, colaborando para a redução de emissões de gases de efeito estufa e para o cumprimento das metas ambientais do Brasil.

O impacto da cana-de-açúcar é significativo na economia nacional, representando cerca de 2% do Produto Interno Bruto (PIB). Essa participação reflete a importância do setor para o desenvolvimento sustentável e para a segurança energética do país. No entanto, a manutenção dessa importância econômica depende do desenvolvimento de práticas de combate e prevenção de incêndios nos canaviais. Isso é essencial para evitar perdas de produtividade e preservar o meio ambiente, conforme destaca o engenheiro agrônomo José Luis da Silva Nunes, doutor em Fitotecnia (Agrolink, 2020).

A expansão da produção de etanol no Brasil também se alinha às políticas globais de transição para fontes de energia mais limpas, posicionando o país como um importante ator no cenário dos biocombustíveis. Segundo estudos, o Brasil é o segundo maior produtor mundial de etanol, atrás apenas dos Estados Unidos, contribuindo significativamente para a diversificação da matriz energética global e para a redução da dependência de combustíveis fósseis (Yogitha, 2020). O investimento em práticas agrícolas mais sustentáveis, como a mecanização da colheita e a gestão dos resíduos do bagaço, é crucial para garantir a longevidade do setor e minimizar os impactos ambientais da atividade.

Portanto, o desafio é equilibrar o crescimento da produção com a preservação ambiental, garantindo que o setor continue a evoluir de forma sustentável. Pensando na sua importância econômica, mas também no seu potencial em liderar o caminho para um modelo energético mais comprometido com o meio ambiente.

2.4. IMPACTOS AMBIENTAIS, SOCIAIS E ECONÔMICOS DA QUEIMA DA CANA-DE-AÇÚCAR

No cenário atual, o cultivo de cana-de-açúcar no Brasil abrange mais de oito milhões de hectares, sendo líder mundial na produção de cana e seus derivados. A região Centro-Sul concentra cerca de 90% da produção nacional, sendo o estado de São Paulo o maior produtor (Ronquim, 2010). O estado tem buscado eliminar gradualmente as queimadas através de acordos, promovendo a colheita mecanizada que traz benefícios ambientais como a redução da emissão de poluentes e a melhoria da qualidade do solo. Essa mudança visa reduzir a dependência do fogo, contribuindo para a sustentabilidade e a preservação do meio ambiente.

A transição para a mecanização, embora vantajosa do ponto de vista ambiental e produtivo, também gera impactos sociais. A redução de postos de trabalho na colheita manual é um dos desafios, ainda que novas oportunidades sejam criadas na indústria de equipamentos agrícolas e no setor de manutenção de máquinas. Isso reflete a necessidade de políticas públicas para qualificação profissional dos trabalhadores, de forma a promover uma transição justa e inclusiva (Yogitha, 2020).

As queimadas nos canaviais, além de contribuir para a degradação do solo devido à perda de nutrientes, também afetam a fauna local. Canaviais servem de refúgio para diversas espécies de aves e mamíferos, que são gravemente impactados pelos incêndios. Muitos animais não conseguem escapar das chamas, sofrendo com o calor intenso e a fumaça tóxica. Desde 2002, a Polícia Ambiental de São Paulo tem monitorado os efeitos das queimadas, evidenciando os danos à biodiversidade e ao equilíbrio dos ecossistemas locais.

Além dos impactos ambientais, as queimadas afetam a saúde das comunidades vizinhas, expondo a população à inalação de partículas finas que agravam problemas respiratórios. Estudos mostram que a exposição prolongada à fumaça pode aumentar a incidência de doenças respiratórias em crianças e idosos, sobrecarregando o sistema de saúde (Musitano, 2021).

2.5. CONCEITO DO FOGO

O fogo é resultado de uma reação química que gera calor e luz, caracterizada como combustão de diferentes materiais. Essa reação ocorre devido à liberação de gases em altas temperaturas, que emitem radiação, muitas vezes perceptível a olho nu. Quando um material é aquecido a uma temperatura específica, ele libera gases que, ao se combinarem com o oxigênio e uma fonte de calor, entram em combustão. Esse processo pode ser compreendido por meio do Triângulo do Fogo, composto pelos elementos essenciais: combustível, comburente e calor. Quando esses três fatores estão presentes, ocorre uma reação química em cadeia que mantém a combustão ativa.

Além disso, há uma abordagem ampliada conhecida como o Tetraedro do Fogo, que considera a reação em cadeia como um quarto elemento essencial. Essa reação não é um elemento físico isolado, mas o resultado da interação contínua entre o combustível, o comburente e o calor, garantindo a continuidade do fogo. É importante diferenciar o fogo controlado de um incêndio, que é o fogo em situação descontrolada, capaz de causar danos e prejuízos significativos. Entender os elementos que sustentam a combustão é essencial para prevenir e combater incêndios de forma eficaz (Simiano Lucas e Baumel Luiz 2013).

2.5.1. Propagação do fogo

A condução é o mecanismo de transferência de calor que ocorre quando há contato direto entre corpos ou entre partes de um mesmo corpo, sem

movimentação do material envolvido. Nesse processo, a energia térmica é transmitida de molécula para molécula, sempre fluindo das regiões mais quentes para as mais frias. Esse tipo de transferência é mais comum em sólidos, especialmente em metais, que possuem alta eficiência na condução de calor. Um exemplo típico é o aquecimento de uma barra metálica: ao aquecer uma das extremidades, o calor gradualmente se propaga por toda a barra.

Por outro lado, a convecção é a transferência de calor que ocorre em fluidos, como líquidos ou gases, devido ao movimento das partículas. Quando uma porção do fluido é aquecida, ela se torna menos densa e sobe, enquanto as partes mais frias e densas descem, formando correntes de convecção. Esse movimento contínuo promove a distribuição do calor no fluido. Um exemplo clássico é o aquecimento da água em uma panela: a água próxima ao fundo, aquecida pelo fogo, sobe para a superfície, enquanto a água mais fria da superfície desce, criando um ciclo que distribui o calor de forma uniforme.

Já a radiação térmica é o processo pelo qual o calor é transferido por ondas eletromagnéticas, como as ondas infravermelhas, sem a necessidade de um meio material. Isso significa que o calor pode ser transmitido mesmo no vácuo. No caso de uma fogueira, por exemplo, a energia térmica emitida pelas chamas aquece os objetos próximos e a pele de quem está por perto, não porque o ar ao redor esteja aquecido, mas porque a radiação térmica chega diretamente até eles. Esse processo ocorre independentemente da presença de sólidos, líquidos ou gases entre a fonte de calor e o objeto receptor (Simiano Lucas; Baumel Luiz, 2013).

2.5.2. Método de extinção do fogo

Para que o fogo se sustente, é necessária a presença de quatro elementos fundamentais: combustível, comburente, calor e uma reação em cadeia, formando o chamado tetraedro do fogo. Dessa forma, a extinção de um incêndio pode ser alcançada ao se eliminar qualquer um desses elementos. Entre os principais métodos de extinção, destacam-se o isolamento do material, o abafamento, o resfriamento e a interrupção da reação química.

O método de isolamento consiste em retirar o material que está em combustão ou aquele que se encontra próximo ao fogo, interrompendo sua propagação. Já o abafamento busca impedir ou reduzir o contato entre o oxigênio e o combustível, bloqueando o processo de combustão. Por sua vez, a extinção química ocorre pela interrupção da reação em cadeia, quando agentes extintores interagem com a mistura inflamável, transformando-a em uma substância não inflamável por meio da dissociação molecular provocada pelo calor. Esses métodos, baseados nos princípios do tetraedro do fogo, são amplamente utilizados para o combate e controle de incêndios em diversas situações (Simiano Lucas; Baumel Luiz 2013).

2.6. ÍNDICES DE INCÊNDIOS NA CULTURA CANAVIEIRA E SEUS IMPACTOS REGIONAIS

Os incêndios em áreas de cultivo de cana-de-açúcar têm se tornado uma preocupação crescente, especialmente no estado de São Paulo, onde a incidência de queimadas tem impactos significativos sobre a produção agrícola. Segundo Letícia Fucuchima (2024), cerca de 10% das plantações de cana da Tereos foram atingidas por queimadas, totalizando aproximadamente 30 mil hectares. Essa situação afeta diretamente a safra de 2024/25, reduzindo a qualidade do Açúcar Total Recuperável (ATR) e, conseqüentemente, a matéria-prima disponível para a produção de açúcar.

O MapBiomias Monitor do Fogo destaca que o aumento dos incêndios está associado a períodos de seca e à prática irregular de queimadas em diversas regiões do Brasil. O monitoramento por satélite revela que, em 2024, houve um aumento de focos de calor em áreas agrícolas, incluindo os canaviais paulistas. As queimadas resultam em danos à biodiversidade, perda de nutrientes no solo e compromissos climáticos, além de impactarem negativamente a saúde das comunidades locais devido à emissão de partículas poluentes.

Embora a Tereos tenha mantido sua projeção de moagem em mais de 21 milhões de toneladas de cana, a redução do ATR devido às queimadas reflete a complexidade dos desafios enfrentados pelo setor. A adoção de tecnologias de monitoramento como as do MapBiomias é crucial para identificar áreas de risco e implementar estratégias de prevenção. Assim, a combinação entre ações de

fiscalização e o uso de ferramentas avançadas de detecção precoce de incêndios pode mitigar os impactos ambientais e produtivos das queimadas (Map Biomas, 2024)

A Figura 1 apresenta os dados referentes a ocorrência de incêndios no Estado de São Paulo entre os meses de janeiro e abril dos anos de 2016 a 2024, onde observa-se um aumento considerável de 243% comparado ao ano de 2023.

Figura 1 – Ocorrência de Incêndios



Fonte: G1/Globo.com 2024

2.6.1 Análise das Queimadas de Cana-De-Açúcar com Base nos Dados do Mapbiomas

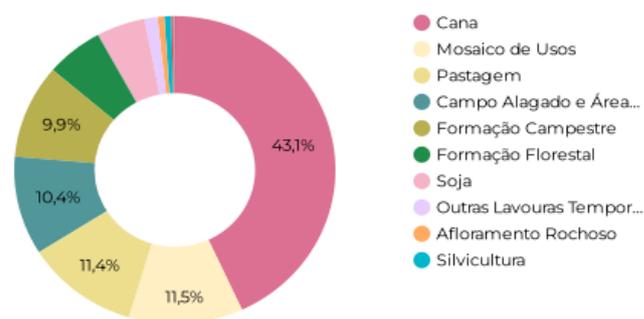
Em 2024, as queimadas em áreas de cana-de-açúcar no Brasil atingiram níveis alarmantes, com um aumento significativo em comparação aos anos anteriores. De acordo com os dados do MapBiomas, de janeiro a agosto de 2024, áreas extensas foram afetadas pelo fogo, especialmente no estado de São Paulo, onde a cana-de-açúcar é uma das principais culturas. O relatório aponta que aproximadamente 500 mil hectares de Mata Atlântica foram queimados em agosto, o que representa um aumento de 683% em relação à média histórica.

Esses incêndios, muitos dos quais ocorrem durante a colheita da cana, têm um impacto direto na qualidade do ar e no solo, resultando em danos ambientais e econômicos. O uso de tecnologias como satélites e drones, promovido por empresas

do setor sucroalcooleiro, tem sido fundamental para monitorar as áreas afetadas e tentar mitigar os efeitos das queimadas. No entanto, a extensão dos danos mostra que ainda há desafios significativos na gestão do fogo e na adaptação às novas práticas agrícolas sustentáveis. Conforme mostra a Figura 2, a cana teve participação de 43,1% da área queimada em agosto de 2024.

A análise do MapBiomas também destaca que 95% dos focos de incêndio têm origem desconhecida, apontando para a necessidade de fiscalização rigorosa e políticas públicas mais efetivas para prevenir queimadas ilegais. O monitoramento contínuo e a implementação de práticas agrícolas mais seguras são essenciais para reduzir os impactos das queimadas na produção de cana e nas comunidades rurais.

Figura 2 – Área queimada nos diferentes tipos de uso e cobertura da terra no bioma Mata Atlântica.



Fonte: (MapBiomas, 2024)

2.7. MEDIDAS DE CONTROLE

As brigadas de incêndio são fundamentais na proteção da vida humana e na preservação de patrimônios em emergências. Atuando em princípios de incêndio, desmaios e outros incidentes, os brigadistas recebem treinamento técnico para fornecer uma resposta inicial rápida e eficaz até a chegada de equipes especializadas. Além do conhecimento prático, o treinamento também foca no controle emocional, essencial para enfrentar situações de alto risco e evitar maiores danos ao patrimônio e perdas humanas.

A atuação das brigadas de incêndio é regida por normas técnicas estaduais, como a NR-23, que estipula a formação e procedimentos a serem adotados por essas equipes em ambientes de trabalho. A emissão do Auto de Vistoria do Corpo de Bombeiros (AVCB) é um dos requisitos para a regularização das atividades de uma empresa, garantindo que os sistemas de prevenção e combate a incêndio estejam em conformidade com as normas vigentes.

Além da atuação direta no combate ao fogo, as brigadas desempenham um papel preventivo, auxiliando na conscientização e treinamento de colaboradores sobre medidas de segurança e planos de evacuação. Essa preparação é especialmente relevante em áreas rurais e industriais, onde a propagação de incêndios pode ser rápida e devastadora. De acordo com o Corpo de Bombeiros Militar (2024), a implementação de brigadas bem treinadas nas empresas não só minimiza os riscos de incêndios, mas também reduz o impacto de possíveis sinistros, garantindo a integridade dos trabalhadores e do meio ambiente.

A importância das brigadas se amplia com o uso de tecnologias avançadas para monitoramento de focos de incêndio e simulações de cenários de risco, que ajudam a antecipar ações de combate. Essas práticas garantem uma resposta rápida e coordenada, fundamental em situações de incêndio, especialmente em áreas agrícolas como os canaviais, onde o controle rápido das chamas é essencial para evitar perdas econômicas e danos ambientais (Santos Antônio, 2006).

2.7.1 Instrução técnica (IT) N° 17/2019 brigada de incêndio

No contexto da prevenção e combate a incêndios, a formação adequada das brigadas de incêndio é essencial, especialmente em setores como o agrícola, onde as queimadas podem gerar grandes impactos ambientais, econômicos e sociais. A Instrução Técnica (IT) N° 17/2019 do Corpo de Bombeiros do Estado de São Paulo, que estabelece diretrizes para a criação, composição, formação e atuação das brigadas de incêndio, surge como uma referência importante no combate a incêndios em áreas de canavial. Essa norma define critérios mínimos para a estruturação das brigadas, como a quantidade de brigadistas necessária conforme o tamanho da área a ser protegida, além de detalhar os procedimentos de treinamento, que abrangem

desde técnicas de evacuação até o uso adequado de equipamentos de combate ao fogo. A IT N° 17/2019, portanto, assegura que as brigadas de incêndio estejam devidamente preparadas para atuar em emergências, contribuindo para a redução dos riscos e mitigação dos danos causados pelos incêndios em plantações de cana-de-açúcar (Corpo de Bombeiros, 2024).

2.8. USO DE TECNOLOGIAS PARA DETECÇÃO PRECOCE DE INCÊNDIOS EM ÁREAS RURAIS

A detecção precoce de incêndios em áreas rurais, como canaviais, se beneficiou amplamente dos avanços tecnológicos recentes. Ferramentas como inteligência artificial (IA), Internet das Coisas (IoT) e drones têm revolucionado a forma como incêndios são identificados e combatidos, melhorando a eficácia das respostas e reduzindo os danos ambientais e econômicos. Abaixo, exploram-se as principais tecnologias e suas aplicações.

2.8.1. Inteligência artificial (IA) e a Internet das coisas (IoT) no monitoramento de incêndios

A IA desempenha um papel crucial ao analisar grandes volumes de dados, como previsões climáticas, históricos de incêndios e imagens de satélite. Esses dados são utilizados para criar mapas de risco e emitir alertas em tempo real, permitindo uma resposta mais rápida das equipes de combate. A integração com a IoT possibilita que sensores instalados em áreas de risco (Figura 2) detectem mudanças de temperatura e umidade, ajudando a prever condições favoráveis à propagação do fogo. Segundo o monitoramento da plataforma MapBiomass, o uso de IA permite identificar áreas de maior vulnerabilidade, antecipando ações de prevenção campo (Forbes Tech, 2024).

Figura -3 Sensores associados à IA.



Fonte: Portal Incêndio (2024)

2.8.2. Drones e satélites na detecção precoce

Drones equipados com câmeras térmicas (Figura 4) têm sido essenciais na detecção de focos de incêndio em áreas de difícil acesso, como plantações de cana. Eles fornecem imagens detalhadas que ajudam a localizar pontos de calor e direcionar os esforços de combate. Além disso, o uso de satélites, incluindo parcerias com agências como a NASA, possibilita o monitoramento em tempo real de grandes áreas, oferecendo uma visão ampla do comportamento das queimadas. Em uma usina em Olímpia-SP, essa tecnologia permitiu reduzir significativamente o tempo de resposta a incêndios, de 23 para 6 minutos, diminuindo a área afetada e as perdas de safra (Nosso Campo, 2019).

Figura 4 - Utilização de drones.



Fonte: Energia Inteligente UFJF (2023)

2.8.3 Realidade virtual e aumentada no treinamento de brigadistas

A realidade virtual (VR) e a realidade aumentada (AR) são empregadas para capacitar brigadistas de forma segura e realista. Com a VR, é possível simular cenários de incêndio (Figura 5), permitindo que os profissionais pratiquem suas respostas em um ambiente controlado. Já a AR fornece informações em tempo real durante operações, como a intensidade das chamas e a localização de vítimas, otimizando a tomada de decisões em campo (Forbes Tech, 2024).

Figura 5 -Treinamento com simulador



Fonte: Corpo de Bombeiros Militar do Paraná (2021)

2.8.4 Impacto das tecnologias na redução de danos

Essas tecnologias são vitais para enfrentar cenários alarmantes, como o aumento das queimadas na região Noroeste de São Paulo. Em períodos de seca, os incêndios se intensificam, afetando áreas de preservação e plantações. A utilização de ferramentas avançadas permite que as usinas antecipem a colheita em áreas de risco, minimizando prejuízos e protegendo o meio ambiente. "Estudos indicam que cerca de 95% dos focos de incêndio em canaviais têm origem desconhecida, ressaltando a importância da rápida detecção tecnológica para uma resposta eficaz" (Nosso Campo, 2019). Isso não apenas preserva a produtividade agrícola, mas também ajuda a proteger a biodiversidade e a saúde das comunidades locais.

2.9. PARTICIPAÇÃO DA LEGISLAÇÃO E POLÍTICAS PÚBLICAS RELACIONADAS A INCÊNDIO EM CANAVIAIS

A legislação brasileira desempenha um papel crucial no controle do uso do fogo em áreas agrícolas, buscando equilibrar a atividade produtiva e a preservação ambiental. A Lei nº 12.651/2012, conhecida como Novo Código Florestal, estabelece diretrizes rigorosas para o uso controlado do fogo, permitindo a queima apenas em situações excepcionais, mediante autorização de órgãos ambientais e com medidas de segurança para prevenir incêndios descontrolados. Além disso, a lei determina a recuperação de Áreas de Preservação Permanente (APP) e de Reserva Legal, fundamentais para a conservação da biodiversidade e para a mitigação dos impactos das queimadas.

A Resolução CONAMA nº 237/1997 reforça a necessidade de licenciamento ambiental para atividades de impacto significativo, como o uso do fogo em canaviais. Esse licenciamento só é concedido mediante estudos técnicos que comprovem a viabilidade e a segurança das práticas de manejo com fogo, garantindo que os processos respeitem as normas ambientais e evitando a ocorrência de incêndios que possam causar danos à fauna, flora e à saúde humana.

O Decreto Estadual de São Paulo nº 47.700/2003 é um marco regional na transição para práticas agrícolas mais sustentáveis, estipulando prazos para a eliminação das queimadas em áreas de cultivo de cana-de-açúcar. As áreas mecanizáveis deveriam abolir o uso do fogo até 2014, enquanto as não mecanizáveis tiveram prazo até 2017 para se adaptar à colheita sem queimadas. Essas mudanças contribuíram significativamente para a redução de emissões de gases poluentes e para a proteção da qualidade do solo e da atmosfera, promovendo a modernização do setor sucroalcooleiro.

A Lei Federal nº 9.605/1998, também conhecida como Lei de Crimes Ambientais, estabelece sanções rigorosas para atividades que causem degradação ambiental, como queimadas não autorizadas. As penalidades incluem multas que podem alcançar valores milionários, além de detenção e prestação de serviços comunitários voltados à recuperação de áreas degradadas. No contexto das queimadas em canaviais, essa legislação reforça a necessidade de licenciamento para o uso do fogo e responsabiliza tanto empresas quanto indivíduos pela proteção dos recursos naturais.

As políticas públicas e a fiscalização contínua são fundamentais para a redução das queimadas no Brasil. Além de legislações restritivas, o incentivo à adoção de tecnologias de monitoramento de incêndios e colheita mecanizada são passos importantes para a sustentabilidade do setor. Essas medidas visam não apenas a proteção ambiental, mas também a melhoria da qualidade de vida das populações que vivem próximas às áreas de cultivo e são diretamente impactadas pela poluição causada pelas queimadas. A continuidade dessas políticas é essencial para garantir uma produção agrícola responsável, que preserve o equilíbrio ecológico e contribua para o desenvolvimento econômico sustentável.

2.10. NORMAS REGULAMENTADORAS

2.10.1 Norma regulamentadora NR (20) segurança e saúde no trabalho com inflamáveis e combustíveis

A Norma Regulamentadora 20 (NR 20) atualizada em 2022 trata da segurança e saúde no trabalho com inflamáveis e combustíveis, sendo relevante para

o contexto dos incêndios em canaviais devido ao uso de substâncias inflamáveis nas operações agrícolas, como no abastecimento de máquinas e equipamentos. A NR 20 estabelece diretrizes para a manipulação, armazenamento e transporte de produtos inflamáveis, exigindo a implementação de medidas preventivas para evitar acidentes que possam gerar incêndios. Isso inclui a capacitação dos trabalhadores, o uso de equipamentos de proteção, a instalação de sistemas de controle de emergências e a criação de planos de resposta a incêndios envolvendo substâncias inflamáveis. Dessa forma, a NR 20 contribui para a segurança no ambiente de trabalho agrícola, ajudando a minimizar os riscos de incêndios causados pelo manuseio inadequado de combustíveis, protegendo tanto os trabalhadores quanto o patrimônio e o meio ambiente.

2.10.2 Norma regulamentadora NR (21) trabalho à céu aberto

A Norma Regulamentadora 21 (NR 21), atualizada em 2023 emitida pelo Ministério do Trabalho, regulamenta as condições de segurança e saúde em atividades ao ar livre, com foco na proteção dos trabalhadores expostos a condições climáticas adversas, como sol intenso, chuva e calor excessivo. Ela estabelece a obrigatoriedade de instalações de apoio, como abrigos para descanso e refeições, áreas sombreadas e acesso a água potável e sanitários próximos. A norma também ressalta a importância de medidas preventivas para evitar acidentes e doenças ocupacionais. No contexto do TCC sobre incêndios em canaviais, a NR 21 é crucial, pois destaca a necessidade de condições adequadas para brigadistas e trabalhadores agrícolas, que enfrentam frequentemente ambientes hostis e riscos físicos no combate a incêndios e no manejo da cana. Essas normas reforçam diretrizes essenciais para o bem-estar e a segurança desses profissionais, garantindo suporte físico e proteção em atividades.

2.10.3 Norma regulamentadora NR (31) segurança e saúde no trabalho agricultura

A Norma Regulamentadora 31 (NR 31) atualizada em 2022 estabelece requisitos específicos para promover a saúde e a segurança dos trabalhadores em atividades rurais, sendo de grande relevância para o contexto dos incêndios em canaviais. Esta norma obriga os empregadores a implementar medidas de prevenção e controle de riscos ambientais, incluindo a adoção de práticas para prevenir incêndios em áreas agrícolas. Entre as exigências estão a capacitação dos trabalhadores para agir em situações de emergência, a disponibilização de Equipamentos de Proteção Individual (EPIs) adequados e de equipamentos de combate a incêndios, além de procedimentos claros para a evacuação em caso de sinistros. Ao exigir que as propriedades agrícolas sigam essas diretrizes, a NR 31 não apenas busca proteger a integridade física dos trabalhadores, mas também contribuir para a mitigação dos impactos ambientais e econômicos causados pelos incêndios, reforçando a importância da segurança no manejo do fogo no setor canavieiro.

2.11. RISCOS À SAÚDE HUMANA DECORRENTES DA INALAÇÃO DE FUMAÇA EM INCÊNDIOS DE CANAVIAIS

A inalação da fumaça proveniente da queima da palha de cana-de-açúcar é um fator de risco significativo para a saúde, especialmente em condições atmosféricas desfavoráveis. As partículas finas presentes na fumaça agravam problemas respiratórios, sendo mais prejudiciais para crianças, idosos e pessoas com doenças respiratórias, como a asma. Os cortadores de cana apresentam maior risco de desenvolver câncer de pulmão devido à exposição prolongada à fumaça. Esses efeitos ressaltam a importância de adotar práticas agrícolas que reduzam a dependência do fogo, minimizando impactos à saúde pública e a pressão sobre os sistemas de saúde locais (Ribeiro Helena 2008).

2.12. USO DE TÉCNICAS SUSTENTÁVEIS PARA A COLHEITA DA CANA-DE-AÇÚCAR SEM QUEIMA

A implementação de técnicas sustentáveis para a colheita de cana-de-açúcar tem sido essencial para reduzir os impactos ambientais e promover a saúde pública. A colheita mecanizada substitui a queima da palha, permitindo um processo mais eficiente e menos poluente. Além disso, o manejo da palha, como sua incorporação ao solo, melhora a fertilidade, reduz a erosão e conserva a umidade do solo. Segundo Souza et al. (2005), práticas como a agricultura de precisão, que utiliza sensores e GPS, ajudam a otimizar o manejo agrícola, reduzindo a necessidade de insumos e o uso de fogo no controle de pragas.

A rotação de culturas e a integração lavoura-pecuária também são estratégias que favorecem a saúde do solo, diminuindo a necessidade de queimadas para renovação do solo. Além disso, o desenvolvimento de variedades de cana resistentes a pragas e adaptadas a diferentes condições climáticas tem sido um avanço importante, eliminando a necessidade da queima como método de manejo.

3. ESTUDO DE CASO: QUEIMADAS DE CANA-DE-AÇÚCAR EM 2024

Em 2024, o Brasil enfrentou um dos piores períodos de queimadas em áreas agrícolas, incluindo vastas plantações de cana-de-açúcar no estado de São Paulo e em regiões da Zona Centro-Sul, que concentra grande parte da produção nacional. As condições climáticas desfavoráveis, como temperaturas elevadas e longos períodos de seca, contribuíram significativamente para o aumento dos focos de incêndio. O impacto foi particularmente severo no setor sucroalcooleiro, afetando tanto a qualidade da colheita quanto a produtividade.

Na região de Olímpia e cidades próximas, a Tereos, uma das maiores produtoras de açúcar do Brasil, registrou perdas consideráveis em suas plantações. Segundo relatórios, cerca de 30 mil hectares de cana foram atingidos pelas chamas, o que representa aproximadamente 10% da área total cultivada pela empresa. Isso resultou em uma queda no Açúcar Total Recuperável (ATR), um índice essencial que

mede a qualidade da cana para a produção de açúcar. Embora a empresa tenha conseguido manter sua projeção de moagem em 21 milhões de toneladas, o ATR reduzido indicou uma menor eficiência na conversão da cana em açúcar e etanol.

Essas queimadas não apenas comprometeram a produção, mas também afetaram a biodiversidade local e a saúde das comunidades próximas às áreas de cultivo. As partículas liberadas na atmosfera pela queima da palha da cana agravaram problemas respiratórios em crianças, idosos e trabalhadores rurais, além de aumentar a demanda nos serviços de saúde locais. A emissão de gases poluentes também contribuiu para a piora da qualidade do ar em cidades próximas.

As políticas de combate às queimadas, embora presentes, enfrentaram desafios na fiscalização e na conscientização dos pequenos produtores, que ainda recorrem às queimadas para facilitar a colheita. A legislação vigente, como o Novo Código Florestal e as resoluções estaduais, permite o uso controlado do fogo, mas somente com autorização prévia dos órgãos ambientais. Porém, a realidade no campo mostrou que a implementação dessas regras nem sempre é rigorosa, o que resultou em penalidades e multas para diversas propriedades que descumpriram as normas.

As usinas de açúcar e álcool intensificaram os investimentos em tecnologias de monitoramento e prevenção de incêndios. Exemplos incluem o uso de satélites para identificar focos de calor e drones equipados com câmeras térmicas para mapear áreas de risco. Essas ferramentas reduziram o tempo de resposta a emergências, mas os desafios relacionados à adaptação dos pequenos produtores e à conscientização sobre práticas mais sustentáveis permaneceram. Em áreas como a região Noroeste de São Paulo, onde a ocorrência de incêndios foi particularmente alta, o uso dessas tecnologias conseguiu diminuir os danos, mas não os evitou por completo.

3.1. ANÁLISE CRÍTICA DO ESTUDO DE CASO: QUEIMADAS DE CANA-DE-AÇÚCAR EM 2024

Com base em pesquisa de campo, colhendo relatos de brigadistas, foi detectado dificuldades que estes profissionais apresentam em desempenhar suas funções com segurança e eficiência e evidencia a complexidade do combate às

queimadas de cana-de-açúcar no Brasil, especialmente em um ano crítico como 2024. Pois apresentou condições climáticas adversas e com rápida propagação do fogo em áreas de cultivo, dessa forma dificultaram a ação das brigadas de combate a incêndios, que enfrentaram desafios específicos na linha de frente. Um ponto que merece destaque é o papel diversificado e altamente exigente que os brigadistas assumem. Já que, como membros das brigadas, esses profissionais não apenas combatem diretamente as chamas, mas também se dedicam a atividades de prevenção, evacuação e primeiros socorros, enfrentando ambientes de trabalho onde calor extremo, fumaça e difícil acesso são uma constante.

Apesar de um treinamento rigoroso que inclui primeiros socorros, métodos de combate ao fogo e simulações práticas, percebe-se que os brigadistas enfrentam obstáculos práticos durante as operações. Além da necessidade de equipamentos de proteção individual (EPIs), como roupas antichamas, máscaras de respiração autônoma e botas de alta temperatura, que sem dúvidas são essenciais, contudo, ainda há margem para melhorias em termos de qualidade e disponibilidade desses materiais. Percebe o relato de falhas nos equipamentos e de dificuldades de acesso a áreas remotas. Reforçando a necessidade de investimentos contínuos na infraestrutura de combate, incluindo a modernização dos veículos e ferramentas. O uso adequado dos EPIs reduz significativamente a exposição a riscos, garantindo que o brigadista possa atuar de forma segura e eficiente. Além disso, as normas de segurança do trabalho no Brasil (como a NR-6) exigem o fornecimento de EPIs pelas empresas, sendo essencial o treinamento contínuo para que os profissionais saibam utilizá-los corretamente. São também itens destacados que merecem atenção o suporte logístico, como a disponibilidade de água, ferramentas de combate e comunicação eficiente, é indispensável para garantir a segurança e o sucesso das operações (Brasil, 2024).

A comunicação entre as equipes é outro fator crítico para a segurança e eficácia das operações. Embora os brigadistas utilizem rádios portáteis e sinais visuais padronizados, a eficácia dessa comunicação pode ser comprometida em situações de risco extremo, como incêndios intensos com ventos fortes ou locais de difícil alcance. Sendo assim, a comunicação clara e rápida é determinante para que as decisões sejam tomadas em tempo hábil, minimizando o alastramento do fogo. A tecnologia pode auxiliar como aplicativos de monitoramento e sistemas de alerta contribuem para a comunicação rápida e eficiente. A adoção dessas tecnologias permite a transmissão

em tempo real de dados sobre as condições do fogo, facilitando a tomada de decisão. A comunicação integrada com suporte tecnológico garante mais precisão e agilidade nas operações de campo. (Brasil, 2024)

Sabe-se que com o uso de tecnologias de monitoramento, como drones e satélites, o combate aos incêndios ganhou precisão e rapidez, mas ainda enfrenta limitações quando se trata de adaptação às necessidades dos pequenos produtores. Enquanto grandes empresas têm recursos para implementar essas tecnologias, os pequenos agricultores podem precisar de apoio técnico e financeiro para incorporá-las em suas práticas de manejo. Uma possível solução para essa dificuldade seria uma maior integração, já que, os brigadistas não atuam isoladamente. A colaboração entre a brigada, a comunidade e outros setores, como o corpo de bombeiros e órgãos ambientais, é essencial para otimizar os esforços. Assim, permite respostas mais rápidas e coordenadas.

Além dos desafios físicos, os brigadistas relatam uma carência de suporte emocional e psicológico adequado após as operações. Esse tipo de suporte é fundamental para a saúde mental dos profissionais e poderia ser mais presente, oferecendo acompanhamento psicológico pós-incêndio e momentos de decompressão para lidar com o estresse e as situações de risco enfrentadas. Estão expostos a ambientes perigosos, onde o medo constante de acidentes e a necessidade de decisões rápidas são fatores estressantes. O estresse acumulado pode gerar efeitos a longo prazo, como fadiga emocional e comprometimento cognitivo. Portanto, a saúde mental dos brigadistas é tão importante quanto seu preparo físico, pois ambas as esferas afetam diretamente seu desempenho e segurança nas operações (Brasil, 2024).

A atuação dos brigadistas em canaviais, garante a segurança dos trabalhadores, a preservação ambiental e a continuidade da produção agrícola. No entanto, para que esses profissionais desempenhem suas funções de maneira eficiente e segura, é necessário ir além do preparo físico e técnico, promovendo uma abordagem de formação integral. Isso inclui o desenvolvimento de competências como a comunicação eficaz, inteligência emocional e a capacidade de agir de forma calma e eficiente em situações de crise.

É notório a necessidade de medidas adicionais que poderiam ser implementadas para melhorar a segurança dos brigadistas e a eficácia do combate aos incêndios. Portanto, suprir as necessidades dos brigadistas passa pela

combinação de investimentos em EPIs, preparo técnico, comunicação eficaz e apoio psicológico contínuo. Ao integrar todos esses elementos, as organizações podem garantir não apenas operações mais seguras e eficazes, mas também a preservação da saúde física e mental dos profissionais que estão na linha de frente no combate a incêndios. Como também, a modernização dos EPIs e a criação de políticas públicas que incentivem práticas agrícolas menos dependentes do uso do fogo. As novas tecnologias, incluindo o monitoramento via satélite e a inteligência artificial, oferecem um avanço importante, mas é essencial que sejam parte de um sistema de prevenção mais integrado e acessível a todos os atores envolvidos, desde grandes empresas até pequenos produtores.

3.2. PROPOSTAS DE MÉTODOS DE PREVENÇÃO E PREPARO DAS EMPRESAS PARA COMBATER AS QUEIMADAS DE CANA-DE-AÇÚCAR

A prevenção de queimadas em áreas de cana-de-açúcar é um desafio que exige planejamento estratégico e a adoção de tecnologias avançadas. As empresas do setor sucroalcooleiro têm buscado métodos de monitoramento e práticas de manejo que minimizem o risco de incêndios, garantindo tanto a sustentabilidade da produção quanto a preservação ambiental.

3.2.1. Monitoramento tecnológico e mapeamento de riscos

Empresas do setor têm investido no uso de drones, satélites e inteligência artificial (IA) para o monitoramento de áreas de plantio. Essas tecnologias são capazes de identificar focos de calor em tempo real e gerar mapas de risco baseados em dados climáticos e históricos de incêndios. Essa abordagem permite uma reação rápida e precisa, prevenindo que focos iniciais de incêndios se transformem em grandes queimadas.

O uso de sensores de temperatura e umidade do solo também contribui para o controle das condições que favorecem a propagação do fogo. A integração

desses dados com sistemas de IA possibilita que os gestores agrícolas planejem intervenções antes mesmo do surgimento de focos de incêndio, o que reduz significativamente os danos potenciais.

3.2.2. Treinamento de brigadas internas e parcerias com órgãos públicos

O treinamento de brigadas internas nas usinas e fazendas de cana-de-açúcar é essencial para que as empresas estejam preparadas para agir em emergências. Essas brigadas são treinadas para identificar rapidamente os focos de incêndio e iniciar os procedimentos de combate antes da chegada das equipes especializadas do Corpo de Bombeiros.

Além disso, muitas empresas têm buscado estabelecer parcerias com órgãos ambientais e de segurança pública, visando a integração de ações de fiscalização e prevenção de incêndios. Essas parcerias incluem treinamentos conjuntos, campanhas de conscientização e acesso a tecnologias de monitoramento oferecidas por instituições governamentais.

3.2.3. Barreiras naturais e manejo de palha

O manejo adequado da palha da cana-de-açúcar é um dos pontos críticos na prevenção de queimadas. Práticas como a incorporação da palha no solo, em vez de sua queima, ajudam a manter a umidade do solo e a reduzir a propagação de fogo. Além disso, a criação de barreiras naturais, como áreas de vegetação nativa entre os canaviais, pode dificultar a propagação das chamas, funcionando como uma contenção natural.

Empresas também têm investido em práticas de agricultura de precisão para otimizar o uso dos recursos naturais, como água e nutrientes, contribuindo para a saúde do solo e a resistência a queimadas. Essa abordagem melhora a resiliência dos cultivos em períodos de seca, uma das principais condições para a propagação de incêndios.

3.2.4. Descrição técnica e operacionais do caminhão-pipa utilizando pelos brigadistas no combate a incêndio

O caminhão-pipa é um equipamento central para análise, devido ao seu papel essencial no apoio às brigadas de incêndio. Ele funciona como uma fonte móvel de água, fundamental para operações em áreas sem acesso a hidrantes ou fontes naturais, como regiões rurais ou florestais. Sua importância no combate imediato ao fogo é notável, reduzindo a propagação das chamas e servindo como ferramenta estratégica para criar barreiras úmidas e resfriar áreas vulneráveis.

Esse veículo é equipado com um tanque de aço com capacidade para 12.000 litros de água, um canhão superior, dois canhões laterais chamados "bico de pato" localizados nos lados direito e esquerdo do equipamento, uma mangueira de 50 metros, duas mangueiras de 30 metros e um reservatório na parte superior do tanque contendo um líquido chamado LGÉ (líquido gerador de espuma). Esse líquido, ao entrar em contato com a água, forma uma espuma que facilita o combate a incêndios de classes A e B.

O acionamento desses equipamentos é realizado diretamente de dentro da cabine do motorista. Os canhões laterais são utilizados para criar um aceiro úmido lateral, evitando a propagação do fogo. Já o canhão superior é destinado a ataques mais longos às chamas, pois possui grande alcance, giro de 360° e é controlado por um joystick dentro da cabine. Para auxiliar no controle, o sistema conta com quatro câmeras, cujas imagens são transmitidas para uma tela, facilitando a visão do operador sobre o local das chamas.

Quando os brigadistas estão combatendo as chamas em roças ou locais onde há lugar para eles se reabastecerem, o mesmo é feito no local. Mas, quando há uma intervenção em lugares remotos, onde não há represas ou lagoas para fazerem o reabastecimento, a própria usina conta com um sistema de apoio de dois tanques de 60 mil litros de água, que servem como fonte de reabastecimento.

3.3. DESAFIOS E PERSPECTIVAS

Apesar dos avanços nas práticas de prevenção, pequenos produtores ainda enfrentam dificuldades na modernização e adoção de novas tecnologias. A implementação de métodos mais seguros e sustentáveis é frequentemente dificultada pelos custos elevados de equipamentos e pela necessidade de treinamentos especializados. Nesse contexto, políticas públicas que incentivem a modernização e forneçam apoio financeiro tornam-se essenciais para que as práticas de prevenção sejam amplamente adotadas.

A conscientização dos produtores e das comunidades sobre os riscos das queimadas é fundamental. Campanhas educativas e programas de capacitação promovem uma cultura de preservação ambiental e manejo seguro, contribuindo para a redução dos incêndios em canaviais. Além disso, a colaboração entre empresas, governo e comunidades locais é imprescindível para a eficácia das estratégias de combate ao fogo.

Embora o setor sucroalcooleiro esteja avançando na adoção de tecnologias e práticas sustentáveis, a criação de um ambiente colaborativo e a promoção de inovação são vitais para garantir a resiliência da produção diante dos desafios ambientais e das mudanças climáticas. Incentivar a inovação, facilitar o acesso a novas tecnologias e fortalecer a parceria entre os diferentes atores do setor são passos fundamentais para construir um futuro mais sustentável e seguro para a produção de cana-de-açúcar.

Para que essas práticas sejam adotadas, o governo poderia criar uma linha de crédito para que os pequenos produtores possam ter acesso a essas tecnologias e também às capacitações necessárias para o manuseio das mesmas.

Com isso, os pequenos produtores teriam mais poder de ação, juntamente com as grandes indústrias, no combate às chamas, trazendo uma solução mais efetiva e podendo até reverter o crescimento dos índices de queimadas neste ano de 2024, um ano marcado pelo alto índice de queimadas ao longo de seu curso.

Essa parceria só tem a melhorar, pois, com a participação conjunta, o fogo que se propaga sem controle pelas fazendas dos pequenos produtores poderia ser extinto, evitando, assim, que se espalhe pelas grandes plantações e cause destruição por onde passa.

4. CONCLUSÃO

O estudo desenvolvido revelou a complexidade dos impactos das queimadas em canaviais, abrangendo dimensões ambientais, sociais e econômicas. As queimadas, que historicamente facilitaram a colheita, hoje representam sérias ameaças à saúde pública e ao equilíbrio ecológico, contribuindo para a degradação do solo, perda de biodiversidade e a emissão de poluentes atmosféricos. Esse cenário destaca a necessidade urgente de transição para práticas agrícolas mais sustentáveis, como a colheita mecanizada e o monitoramento por tecnologias avançadas, que permitem mitigar os danos ambientais e otimizar a produção.

Entretanto, a adoção dessas tecnologias enfrenta desafios consideráveis, sobretudo entre os pequenos produtores. A modernização esbarra em custos elevados e na falta de acesso a treinamentos especializados, evidenciando a necessidade de políticas públicas que ofereçam suporte financeiro e assistência técnica. A efetividade dessas políticas é crucial para incentivar práticas de manejo que conciliem produtividade e sustentabilidade, garantindo a viabilidade econômica do setor sucroalcooleiro sem comprometer o meio ambiente.

Adicionalmente, a colaboração entre empresas, governos e comunidades locais se mostra fundamental para superar os desafios impostos pelas mudanças climáticas e pela pressão por uma agricultura mais limpa. A integração de ações e a promoção da inovação tecnológica são pilares para a construção de um setor mais resiliente e equilibrado, capaz de alinhar desenvolvimento econômico à preservação dos recursos naturais. Somente por meio de uma abordagem cooperativa e voltada para o futuro será possível assegurar a sustentabilidade da produção de cana-de-açúcar, garantindo benefícios para o ambiente e para a sociedade como um todo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGROLINK. **Cana-de-açúcar: uma cultura de sucesso para a economia brasileira.** Disponível em: <https://croplifebrasil.org/conceitos/cana-de-acucar-uma-cultura-de-sucesso-para-a-economia-brasileira/>. Acesso em: 08 set. 2024.

AGROLINK. José Luis da Silva Nunes. **Importância econômica da cana-de-açúcar. 2020.** Disponível em: https://www.agrolink.com.br/culturas/cana-de-acucar/informacoes-da-cultura/informacoes-gerais/importancia-economica-da-cana-de-acucar_438260.html. Acesso em: 14 set. 2024.

BRASIL. **Diretrizes de Vigilância em Saúde do Trabalhador: brigadista florestal. Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde, Departamento de Vigilância em Saúde Ambiental e Saúde do Trabalhador. Brasília: Ministério da Saúde, 2024.** Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/guias-e-manuais/2024/diretrizes-de-vigilancia-em-saude-do-trabalhador-brigadista-florestal>. Acesso em: 28 out. 2024.

BRASIL. **Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 13 fev. 1998.** Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9605.htm. Acesso em: 4 out. 2024.

BRASIL. **Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. Diário Oficial da União, seção 1, Brasília, DF, 28 maio 2012.** Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm. Acesso em: 2 out. 2024.

BRASIL. **Ministério do trabalho e emprego. Norma regulamentadora.** Disponível em <https://www.gov.br/trabalho-e-emprego/pt-br/aceso-a-informacao/participacao-social/conselhos-e-orgaos-colegiados/comissao-tripartite-partitaria-permanente/normas-regulamentadora/normas-regulamentadoras-vigentes/norma-regulamentadora-no-20-nr-20>. Acesso em: 10 nov. 2024

BRASIL. **Ministério do trabalho e emprego. Norma regulamentadora.** Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-emprego/pt-br/aceso-a-informacao/participacao-social/conselhos-e-orgaos-colegiados/comissao-tripartite-partitaria-permanente/normas-regulamentadora/normas-regulamentadoras-vigentes/norma-regulamentadora-no-21-nr-21>. Acesso em: 10 nov. 2024.

BRASIL. **Ministério do trabalho e emprego. Norma regulamentadora.** Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-emprego/pt-br/aceso-a-informacao/participacao-social/conselhos-e-orgaos-colegiados/comissao-tripartite-partitaria-permanente/normas-regulamentadora/normas-regulamentadoras-vigentes/norma-regulamentadora-no-31-nr-31>. Acesso em 10 nov. 2024

BRASIL. **Resolução CONAMA nº 237, de 19 de dezembro de 1997. Dispõe sobre o licenciamento ambiental. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 30 dez. 1997.** Disponível em: <https://www.mma.gov.br/port/conama/res/res23797.pdf>. Acesso em: 4 out. 2024.

CIANORTE. Eleutério Langowski. **Quima da cana – uma prática usada e abusada. 2007.** Disponível em: <https://smastr16.blob.core.windows.net/etanolverde/efeitosDaQueimaDeCana.pdf>. Acesso em: 15 set. 2024.

CIBERDÚVIDAS DA LÍNGUA PORTUGUESA. **Origem da palavra fogo.** Disponível em: <https://ciberduvidas.iscte-iul.pt/consultorio/perguntas/origem-da-palavra-fogo-outra-vez/7451#:~:text=A%20palavra%20fogo%20prov%C3%A9m%20do,de%20fogo%20%20casa%20%20fam%C3%ADlia>. Acesso em: 01 set. 2024.

CIÊNCIA HOJE. **A descoberta que mudou a humanidade. 2024.** Disponível em: <https://cienciahoje.org.br/coluna/a-descoberta-que-mudou-a-humanidade/>. Acesso em: 01 set. 2024.

CLIMA TEMPO. Amanda Sampaio. **Focos de fogo em SP. 2021.** Disponível em: <https://images.app.goo.gl/ejB9HRohwJdMWpk98>. Acesso em: 22 set. 2024.

COLETÂNIA DE MANUAIS TÉCNICOS DOS BOMBEIROS. Coronel PM Antônio dos Santos. **Treinamentos prático de brigada de incêndio. 2006.** Disponível em: <https://www.bombeiros.com.br/imagens/manuais/manual-44.pdf>. Acesso em: 23 out. 2024.

CONSULT FIRE. Corpo de Bombeiros Militar. **Qual a importância de uma brigada de incêndio nas empresas. 2024.** Disponível em: <https://www.previnsa.com.br/blog/descubra-qual-a-importancia-de-uma-brigada-de-incendio-nas-empresas/>. Acesso em: 22 set. 2024.

CROPLIFE BRASIL. Yogitha B. **Cana-de-açúcar: uma cultura de sucesso para a economia brasileira: 2020.** Disponível em: <https://croplifebrasil.org/conceitos/cana-de-acucar-uma-cultura-de-sucesso-para-a-economia-brasileira/>. Acesso em: 08.set.2024.

DIA A DIA EDUCAÇÃO. 1º Tenente QOBM Lucas Frates Simiano e 1º Sargento QPM Luiz Fernando Silva Baumel. **Manual de prevenção e combate a princípios de incêndios: 2013.** Disponível em: http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/marco2015/cursobrigada/modulo6_combateincendios.pdf . Acesso em: 05 dez. 2024.

FORBES. Redação Forbes Tech. **5 tecnologias que podem ajudar no monitoramento e combate a incêndios. 2024.** Disponível em: <https://forbes.com.br/forbes-tech/2024/08/5-tecnologias-que-podem-ajudar-no-monitoramento-e-combate-a-incendios/>. Acesso em: 29 set. 2024.

G1. NOSSO CAMPO. Redação do programa. **Usina de cana-de-açúcar usam satélites para monitorar incêndios. 2019.** Disponível em: <https://g1.globo.com/sp/sorocaba-jundiai/nosso-campo/noticia/2019/07/28/usinas-de-cana-de-acucar-usam-satelites-para-monitorar-incendios.ghtml>. Acesso em: 29 set. 2024.

JUSBRASIL. Freitas, Caio. **Queimar plantação de cana-de-açúcar é ilegal? 2021.** Disponível em: <https://www.jusbrasil.com.br/artigos/queimar-plantacao-de-cana-de-acucar-e-ilegal/1252886388>. Acesso em: 08 set. 2024.

LÁZARO, E. B. et al. **O ser humano e o domínio do fogo. Gestão & Tecnologia, Faculdade Delta, Goiânia, GO, v.1, ed.36, p. 4-16, jan./jun. 2023.** Disponível em: <file:///C:/Users/55139/Downloads/149-Texto%20do%20artigo-615-1-10-20230714.pdf>. Acesso em: 14 out. 2024.

MAPBIOMAS. **Monitor do Fogo: Destaques de 2024.** Disponível em: <https://plataforma.brasil.mapbiomas.org/monitor-do-fogo>. Acesso em: 09 out. 2024.

MUSITANO, M. **O homem e o fogo. 2021.** Disponível em: <https://www.invivo.fiocruz.br/cienciaetecnologia/o-homem-e-o-fogo/>. Acesso em: 01 set. 2024.

OLIVEIRA, T. Z. **Salão do Conhecimento. 2015.** Disponível em: <https://www.publicacoeseventos.unijui.edu.br/index.php/salaconhecimento/issue/view/169>. Acesso em: 01 set. 2024.

PORTAL INCÊNDIO. **Conheça a Inteligência Artificial que Monitora Floresta e Reduz Incêndio em Até 90%! Disponível em: https://portalincendio.com.br/conheca-a-inteligencia-artificial-que-monitora-florestas-e-reduz-incendios-em-ate-90-.** Acesso em: 15 out. 2024.

REV. SAÚDE PÚBLICA. Ribeiro, Helena. **Queimadas de cana-de-açúcar: efeito à saúde respiratória. 2008.** Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rsp/a/CLL98Jd3TZpNGGDJQhFFQBB/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 01 set. 2024.

RODRIGUES, G. S. de S. C.; ROSS, J. L. S. **A trajetória da cana-de-açúcar no Brasil: perspectivas geográfica, histórica e ambiental. Uberlândia: EDUFU, 2020.** Disponível em: <https://edufu.ufu.br/catalogo/ebooks-gratuitos/trajetoria-da-cana-de-acucar-no-brasil-perspectivas-geografica-historica-e>. Acesso em 15 set.2024.

RONQUIM, C. C. **Queimada na colheita da cana-de-açúcar: impactos ambientais, sociais e econômicos. 2010.** Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/281107782_Queimada_na_colheita_da_cana-de-acucar_impactos_ambientais_sociais_e_economicos. Acesso em: 14 set. 2024.

RPA NEWS. Letícia Fucuchima. **Tereos vê 10% do canavial atingido por fogo e cita seca como fator para 2024.** Disponível em:

<https://revistarpanews.com.br/tereos-ve-10-do-canavial-atingido-por-fogo-e-cita-seca-como-fator-para-2025-26/>. Acesso em: 18 set. 2024.

SÃO PAULO (Estado). **Decreto Estadual nº 47.700/2003. São Paulo, 2003.**
SÃO PAULO (Estado). **Instrução Técnica (IT) N° 17/2019 – Brigada de Incêndio.**
São Paulo: **Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Estado de São Paulo, 2019.** Disponível em: <https://bombeiros.com.br/instrucao-tecnica-no-17-2019-brigada-de-incendio/>. Acesso em: 23 out. 2024.

SOUZA, Z. P.; PAIXÃO, R. A.; CESARIN, L. **Sistemas de colheita de cana-de-açúcar. Scielo Brasil, 2005.** Disponível em:
<https://www.scielo.br/j/pab/a/zvzh5Gkskb9pzNP4DpDj85k/#>. Acesso em: 04 out. 2024.