

UNIVERSIDADE FEDERAL DO TRIÂNGULO MINEIRO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA AMBIENTAL

ANDERSON PASSOS DE SOUZA

BIOMASSA SECA COMO COMBUSTÍVEL PARA INCÊNDIOS EM ÁREAS CULTIVADAS  
COM CANA-DE-AÇÚCAR (*Saccharum officinarum L.*)

UBERABA

2023

ANDERSON PASSOS DE SOUZA

BIOMASSA SECA COMO COMBUSTÍVEL PARA INCÊNDIOS EM ÁREAS CULTIVADAS  
COM CANA-DE-AÇÚCAR (*Saccharum officinarum L.*)

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental, da Universidade Federal do Triângulo Mineiro, como requisito parcial para obtenção do título de mestre.

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Vicente Ferreira.

UBERABA

2023

Espaço destinado a inserção da Ficha Catalográfica.

ANDERSON PASSOS DE SOUZA

BIOMASSA SECA COMO COMBUSTÍVEL PARA INCÊNDIOS EM ÁREAS CULTIVADAS  
COM CANA-DE-AÇÚCAR (*Saccharum officinarum L. officinarum L.*)

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental, da Universidade Federal do Triângulo Mineiro, como requisito parcial para obtenção do título de mestre.

30 de janeiro de 2023.

Banca Examinadora:

---

Prof. Dr. Ricardo Vicente Ferreira (Orientador)  
Universidade Federal do Triângulo Mineiro

---

Prof. Dr. Leandro de Oliveira Silva  
Instituto Militar de Engenharia

---

Prof. Dr. José Luiz Rodrigues Torres  
Instituto Federal do Triângulo Mineiro Campus Uberaba

“Vivo por quem eu morreria.”

À incrível Juliana, esposa perfeita, cujo coração ilumina nosso caminho.

À Gabriel e Julia, a quem, o amor que lhes tenho transborda às palavras.

Aos meus saudosos pais “Sô Antônio” e “Dona Zica”, sempre presentes pelos exemplos que busco honrar.

Aos meus irmãos e amigos desta jornada.

## **AGRADECIMENTOS**

Obrigado, dona Maricélia, minha primeira professora na escola primária.

Obrigado, Professor Ricardo Ferreira, mestre inspirador que abraçou a desafiadora missão de conduzir este enferrujado estudante pelos meandros acadêmicos.

Obrigado, Professor José Luiz Torres, que com sua notória humildade e sabedoria estendeu as mãos a mais um aluno.

Obrigado, Carlos Valera, Ronaldo Lopes e Gabriel Fernandes, amigos e incentivadores tenazes.

Agradeço destacadamente aos colegas mestrandos e professores pela paciência, respeito e amizade analógicas, ainda que tenhamos interagido basicamente em ambiente virtual, pandêmico. Sem vocês, não chegaria até aqui.

À Universidade Federal do Triângulo Mineiro, agradeço pela oportunidade de obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia Ambiental.

## RESUMO

O Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar e no estado de Minas Gerais seu cultivo possui prognóstico de expansão. Os incêndios em vegetação dão causa a desastres ao redor do mundo, significando danos à saúde e ao meio ambiente, além de prejuízos econômicos e sociais. Em Minas Gerais há recorrência desses eventos nos meses de julho a setembro. A pesquisa buscou caracterizar os combustíveis da palhada pós-colheita em lavoura de cana-de-açúcar após o primeiro e o segundo cortes/colheitas. O objetivo deste estudo foi identificar e quantificar a carga potencial de incêndio da palha residual das áreas cultivadas com cana-de-açúcar. As áreas de estudo localizam-se nos municípios de Uberaba e Conquista em áreas comerciais de produção da cana-de-açúcar. Para amostragem foram selecionados seis talhões sem registro de chamuscas desde o plantio. Em cada um deles colheu-se dez amostras com uso de gabarito de 1m<sup>2</sup>. Utilizou-se um aferidor para classificar os combustíveis segundo as faixas de diâmetro, sendo combustível fino aquele de 0 a 0,70 cm de diâmetro, que corresponde a 1h de *timelag* de incêndio; e combustível grosso medindo de 0,71 a 2,5 cm, correspondente a 10h de *timelag*. Após pesagem, uma sub-amostra de cerca de 200g da palhada foi separada e secada para cálculo da umidade percentual do combustível. A análise dos resultados foi feita por estatísticas descritivas e distribuição em *boxplot*. A média dos valores dos combustíveis grossos (246,50g) e os finos (269,53g) possuem maior uniformidade entre si no primeiro corte, mas esta média se distancia no segundo corte (finos 2.130,20g e grossos 96,60g). A palhada de primeiro corte apresentou uma umidade média de 21,5%, desvio padrão de 6,45% e 75% dos dados mostram-se com umidade abaixo de 25%, isto coloca estes combustíveis abaixo da umidade de extinção de 30%, segundo a literatura específica, o que os torna disponíveis para queima. Assim, conclui-se que a palhada de canaviais é um tipo de combustível predominantemente fino e morto, disponível para queima durante um incêndio florestal, queimada ou queima prescrita. A palhada pós primeiro corte, possui 2,70 T·ha<sup>-1</sup> de combustíveis finos, o que representa 52,23% do total de combustíveis e 43.124,8 MJ/ha de carga-incêndio. Quando remanescente de segundo corte, são 21,3 T·ha<sup>-1</sup> de combustíveis finos, o que perfaz 96,6% do total de combustíveis depositados no solo, representando 340.832 MJ/ha.

**Palavras-chave:** Canavial. Dano ambiental. Incêndio. Prevenção.

## ABSTRACT

Brazil is the world's largest producer of sugarcane and in the state of Minas Gerais its cultivation has an expansion prognosis. Vegetation fires cause disasters around the world, causing damage to health and the environment, as well as economic and social damage. In Minas Gerais there is recurrence of these events from July to September. The research aimed to characterize the fuels of postharvest straw in sugarcane plantation after the first and second cuts/harvests. The study area is located in the municipalities of Uberaba and Conquista. For sampling, 6 areas were selected without record of flames since planting. In each of them, 10 samples were collected using 1m<sup>2</sup> jig. A sealer was used to classify the fuels according to the diameter ranges, being fine fuel that of 0 to 0.7 cm in diameter, which corresponds to 1 h of fire timelag; and coarse fuel measuring from 0.71 to 2.5 cm, corresponding to 10h of timelag. After weighing, a sub-sample of about 200g of the straw was separated and dry to calculate the percentage humidity of the fuel. The results were analysed by descriptive statistics and boxplot distribution. The average values of the coarse fuels (246.50g) and the thin (269.53g) have greater uniformity in the first cut, but this average is distanced in the second cut (fine 2,130.20g and 96.60g thick). The first cut straw presented an average humidity of 21.5%, standard deviation of 6.45% and 75% of the data are shown to be moisture below 25%, this puts these fuels below the extinction humidity of 30%, according to the specific literature, which makes them available for burning. Thus, it is concluded that sugarcane straw is a type of predominantly fine and dead fuel, available for burning during a forest fire, burned or prescribed burning. The first cut after straw has 2.70 T·hα<sup>1</sup> of fine fuels, which represents 52.23% of the total fuels and 43,124.8 MJ/ha of fire load. When the second cut remains, there are 21.3 T·hα<sup>1</sup> of fine fuels, which makes up 96.6% of the total fuels deposited in the soil, representing 340,832 MJ/ha.

**Keywords:** Sugarcane plantation. Environmental damage. Fire. Prevention.



## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> – A região estudada em Uberaba e Conquista - MG.....	24
<b>Figura 2</b> – Locais de amostragem delimitados dentro dos municípios de Uberaba e Conquista - MG, em 2022.....	25
<b>Figura 3</b> – Aspecto de um talhão selecionado para amostragem.....	27
<b>Figura 4</b> – Localização dos talhões selecionados para amostragem.....	28
<b>Figura 5</b> – Coleta de biomassa seca.....	28
<b>Figura 6</b> – Aferidor de diâmetro.....	29
<b>Figura 7</b> – Amostra coletada e acondicionada.....	29
<b>Figura 8</b> – Pesagem da amostra em campo.....	30
<b>Figura 9</b> – Parcela recolhida da amostra, pesada em campo.....	30
<b>Figura 10</b> – Pesagem da parcela de amostra antes da secagem, em laboratório.....	31
<b>Figura 11</b> – Secagem das parcelas de amostra.....	31
<b>Figura 12</b> – Pesagem das parcelas após 72h de secagem.....	32
<b>Figura 13</b> – Histogramas de umidade das parcelas de amostras.....	36
<b>Figura 14</b> – Gráfico boxplot da umidade das parcelas de amostras.....	37
<b>Figura 15</b> – Gráfico de valores médios da massa das amostras de combustível.....	38

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> – Diâmetro da biomassa de cana-de-açúcar depositado sobre o solo após a colheita no primeiro e segundo corte.....	34
<b>Tabela 2</b> – Umidade das parcelas de amostras de combustível.....	36
<b>Tabela 3</b> – Massas de combustíveis convertidas para $T \cdot ha^{-1}$ .....	39

## LISTA DE SIGLAS

CBMMG - Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais

GRD - Gestão do risco de desastres

IFTM - Instituto Federal do Triângulo Mineiro

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia

INMETRO - Instituto Nacional de Metrologia

IPCC – *Intergovernmental panel on climate change*

IT - Instrução técnica

PNPDC - Política Nacional de Proteção e Defesa Civil

POP - Procedimento operacional padrão

RRD - Redução do risco de desastres

UFTM - Universidade Federal do Triângulo Mineiro

UMC - Umidade do material combustível

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>12</b>
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>14</b>
2.1 CARACTERIZAÇÃO DA CANA-DE-AÇÚCAR.....	14
2.2 ASPECTOS SOCIOECONÔMICO-AMBIENTAIS.....	15
2.3 ASPECTOS LEGAIS.....	18
2.4 COMBUSTÍVEIS VEGETAIS E OS INCÊNDIOS FLORESTAIS.....	19
2.5 DIFERENÇAS ENTRE INCÊNDIOS, QUEIMADAS E QUEIMAS PRESCRITAS.....	21
<b>3 MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>24</b>
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL.....	24
3.1.1 Localização da área de estudo.....	24
3.1.2 Clima da região.....	26
3.1.3 Tipo de solo.....	26
3.2 CRITÉRIOS DE SELEÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL.....	26
3.3 METODOLOGIA.....	27
3.4 ANÁLISES DOS DADOS.....	33
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>34</b>
<b>5. CONCLUSÃO.....</b>	<b>40</b>
<b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>42</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O uso da cana-de-açúcar como alimento humano possui registros que remontam, ao menos, 8 mil anos e sua expansão está registrada na história da humanidade. Ela é cultivada em larga escala, é um dos vegetais mais produzidos em todo o planeta e é matéria-prima para vários outros produtos. É notória a sua importância para a economia mundial, seja pela geração de empregos na lavoura, bem como pela comercialização de biocombustíveis, alimentos diversos e geração de energia elétrica.

O Brasil é o maior produtor mundial e dentre todas as unidades federativas, Minas Gerais figura entre as mais proeminentes. Observando-se as regiões mineiras, nota-se que a região do Triângulo Mineiro lidera a produção estadual de cana-de-açúcar e a área plantada.

Em todo o país a colheita da cana-de-açúcar historicamente ocorria de forma manual e para cuja eficiência era necessário eliminar a biomassa, circunstância em que os agricultores se valiam das queimadas, o que resultava em grande poluição atmosférica, do solo e da água. As queimadas visavam também reduzir os acidentes de trabalho, representados por cortes e picadas de animais peçonhentos.

Com o passar do tempo e o endurecimento da legislação, numa busca pela mitigação da poluição, a prática das queimadas da palha dos canaviais foi sendo repelida por ser ambientalmente inadequada. Paralelamente a esta evolução do ambiente jurídico, houve expansão da mecanização na colheita e a melhoria das técnicas de manejo da biomassa, que deixou de ser queimada e passou a ser depositada sobre o solo.

Dentre os aspectos positivos desta evolução técnica pode ser citada a maior proteção do solo contra os processos erosivos que eram comuns nas áreas de canavial, uma maior ciclagem de nutrientes dos resíduos da cana para o solo, também uma maior manutenção da umidade do solo e o aumento da biodiversidade de organismos no solo. Obviamente, a poluição do ar foi reduzida, pois deixou de ocorrer a queima e a liberação de gases tóxicos e materiais particulados para o ambiente.

Entretanto, como aspectos negativos da deposição da biomassa sobre o solo há que se destacar que algumas pragas que eram controladas com a queima, passaram a desenvolver seu ciclo na palha depositada sobre o solo. A colheita mecanizada resulta em compactação do solo, progressiva a cada ciclo, o que interfere na diminuição da infiltração de água do solo. Estando a palhada posta sobre o terreno, aumentaram os problemas com a queima desta biomassa.

Enquanto o termo ‘queimada’ seja utilizado para designar a técnica em que o fogo é ateado intencionalmente na vegetação, visando um objetivo específico e as chamas são monitoradas e controladas, o termo ‘incêndio’ é adequado para designar as ocorrências em que as chamas estão descontroladas na vegetação e sua origem é predominantemente decorrente de ações criminosas.

Neste cenário, o presente estudo mostra-se oportuno, uma vez que se pretende contribuir para a redução da poluição ambiental através do avanço das técnicas de prevenção, haja vista que os sinistros neste tipo de vegetação oferecem grande desafio às equipes de combate em função da sua velocidade de deslocamento e intensidade das chamas.

Em busca por referências científicas acerca dos incêndios e queimadas em canaviais, observou-se importantes lacunas a serem preenchidas, denotando a relevância do presente estudo, que pretende contribuir dando foco ao material combustível existente nos canaviais, para uma melhor compreensão dos incêndios e possibilidade de avanço nas técnicas de prevenção e combate.

A hipótese aventada é de que a quantidade de biomassa seca existente num canavial representa carga-combustível para incêndios severos. O objetivo desta pesquisa é, portanto, quantificar a carga-incêndio da biomassa seca depositada sobre o solo de uma lavoura de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum L.*).

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 CARACTERIZAÇÃO DA CANA-DE-AÇÚCAR

Por ser uma planta de clima tropical, as lavouras de cana-de-açúcar estão principalmente situadas na faixa geográfica entre as latitudes 35° Norte e 35° Sul (RODRIGUES; ROSS, 2020). Ela cresce agrupada em touceiras, é constituída por uma porção subterrânea e outra aérea. Pertencem à porção aérea os colmos, as folhas e as flores. Constitui a porção subterrânea as raízes e os rizomas, estrutura de onde se origina uma nova touceira após cada corte. O colmo constitui a parte principal da cana, pois é dele que é extraído o sumo ou caldo, insumo para a produção de açúcar, álcool e demais produtos derivados, como o caldo de cana, a rapadura e a aguardente. Os colmos possuem forma cilíndrica e na primeira rebrota alcançam aproximadamente 2 m de altura, mas há variedades modernas que podem chegar a até 6 m.

A água participa da composição química do colmo de uma cana madura e normal na proporção média de 70%, havendo 15% de bagaço fibroso, 13% de açúcar e há ainda a presença de 2% de outras substâncias (STEDUTO et al., 2012). As folhas da cana-de-açúcar são fixadas nos seus colmos através de uma estrutura chamada bainha. A folhagem é abundante e são exatamente as folhas as estruturas responsáveis pela valiosa elaboração dos açúcares, pela respiração e pela transpiração da planta.

A partir dos anos 1970, no ciclo de cultivo da cana-de-açúcar no Brasil, as folhas passaram a ser sistematicamente queimadas na fase da pré-colheita, para facilitar o corte. Esse método persistiu até o surgimento das atuais tecnologias industriais de processamento em larga escala em usinas, quando somente os colmos passaram a ser colhidos. Embora as folhas e flores também fossem cortadas por processos mecanizados, elas passaram a ser deixadas como cobertura do solo no mesmo local da colheita. (RODRIGUES; ROSS, 2020).

O plantio da cana-de-açúcar é feito por meio de toletes, que são as mudas. A primeira fase do desenvolvimento é a germinação, ou brotação, que ocorre por volta do 20º e do 30º dia após o plantio, ocasião em que o broto ou colmo primário desenvolve-se em direção à superfície do solo ao mesmo tempo em que surgem as raízes, surgem as folhas. A segunda fase é chamada de perfilhamento, momento em que surgem os colmos secundários, terciários, e nota-se a formação da touceira. Após a formação de todos os perfilhos, inicia-se a segunda fase de crescimento da cana-de-açúcar. Com o aumento da altura da planta, há um aumento na matéria seca total, o que resulta no acúmulo de açúcar na base. Quando a planta atinge a altura mínima de 2 metros, entra-se na terceira

fase, conhecida como maturação. Nesse estágio, o crescimento da planta cessa e sua energia é direcionada para a concentração de açúcar. Nesta fase, ocorre o amarelamento das folhas superiores e a secagem das inferiores. Este é o momento de colher a cana-de-açúcar, conforme aponta o estudo de Rodrigues e Ross (2020).

A etapa pós-colheita do ciclo das lavouras canavieiras, em que foram colhidos os vegetais vivos e indisponíveis para queima (colmos) é constituída de um arranjo de combustíveis lançados sobre o solo e leva o nome de palhada. A palhada foi selecionada para análise neste estudo devido à sua alta suscetibilidade a incêndios florestais. Isso ocorre porque predominam sobre o solo materiais vegetais mortos, que são finos e leves, funcionando como combustíveis facilmente inflamáveis.

A palhada de cana-de-açúcar é caracterizada como uma camada dos resíduos fibrosos e heterogêneos que compreendem, na sua maioria, os topos de plantas e folhas secas das plantas recém-colhidas de uma lavoura de cana-de-açúcar. Assim, a palhada pode ser descrita como a camada de material vegetal morto proveniente da cana-de-açúcar e representa a última etapa do ciclo de cultivo dessa gramínea (CARVALHO et al., 2016).

## 2.2 ASPECTOS SOCIOECONÔMICO-AMBIENTAIS

Há, pelo menos, 8.000 anos a humanidade serve-se da cana-de-açúcar *in natura* como fonte de alimentação humana e animal. Provavelmente originada na Índia, a cana-de-açúcar foi levada por povos orientais aos países costeiros do Mar Mediterrâneo e do Oceano Índico. Mais tarde, membros dos exércitos das Cruzadas apreciaram o uso do açúcar durante as suas campanhas no Extremo Oriente e ao retornarem para a Europa, rapidamente constituíram pujante comércio do novo alimento conhecido no Mediterrâneo, o que se manteve intenso até, pelo menos, o século XVI, provavelmente quando através das navegações o plantio foi difundido para terras tropicais mais acessíveis aos europeus (RODRIGUES; ROSS, 2020).

Na sequência da marcha da história e com o desenvolvimento das tecnologias de processamento, surgiram e popularizaram-se outras formas de uso e consumo, sendo os mais populares o açúcar para a alimentação e o álcool como combustível de fonte renovável para veículos automotores (LUCCHESI, 2001). No século XX, com o advento do etanol sendo produzido de forma robusta para atender a demanda crescente, ele passou a ser uma importante alternativa de uso aos combustíveis não renováveis, e ainda mais modernamente o bagaço passou a



ser queimado para a geração de energia elétrica (RODRIGUES; ROSS, 2020).

O Brasil destaca-se como o maior produtor mundial de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.). A maior parte das suas plantações é destinada à produção de açúcar e álcool, havendo regiões canavieiras em distintas unidades da federação (SILVA et al., 2021; TORRES et al., 2013). Minas Gerais figura como uma das principais regiões brasileiras de cultivo. Castro (2018) salientou que no estado mineiro, 59% das usinas sucroenergéticas estão localizadas na região administrativa do Triângulo Mineiro, onde o presente estudo foi desenvolvido.

Através da observação do sensoriamento remoto dos focos de queimadas (INPE, 2021), nota-se que o estado de Minas Gerais é anualmente afetado por incêndios em canaviais, e há prognóstico de agravamento devido as pressões socioeconômicas para o aumento da área plantada, a tendência de alteração da matriz energética nacional, levando a uma crescente substituição da predominância de combustíveis fósseis pelos renováveis, como a cana-de-açúcar (WISSMAN; SHIKIDA, 2017). Coincidindo com esta afirmação, os dados de Siamig (2020) indicam que entre 2005 e 2019, houve expansão de 156% da área plantada no estado.

A produção de cana-de-açúcar tem aumentado em todo o mundo em razão da tendência de substituição de combustíveis fósseis por fontes de energias renováveis, sendo o Brasil, atualmente, o maior produtor mundial (MORAIS et al., 2015; SILVA et al., 2021). Steduto et al. (2012) destacaram que a *Saccharum officinarum* L. é o alimento mais cultivado em todo o planeta.

A atividade canavieira, tal qual diversas outras atividades antrópicas, é uma modificadora de ambientes e, portanto, possui impactos no meio ambiente. Há aqueles adstritos aos locais de plantio, como os poluentes remanescentes no solo decorrentes do manejo químico da lavoura, contudo, mas há os que se manifestam noutros ecossistemas, como a emissão atmosférica dos gases de efeito estufa e materiais particulados, cujo deslocamento pode alcançar e produzir malefícios a muitos quilômetros de distância, conforme afirmam Rodrigues e Ross (2020).

A produção de cana-de-açúcar ganhou novo impulso no Brasil através do programa governamental federal Proálcool, que fomentou a agricultura, a indústria de processamento e a indústria de montadoras e fabricantes de automóveis. Este impulso tornou-se ainda mais representativo em função da popularização dos veículos de tecnologia bicombustível, equipados com motores do tipo *flex*, segundo Rodrigues e Ross (2020), que concluem que este crescimento se mantém até a atualidade. Isto ocorre também pelo interesse comunitário e governamental em substituir o uso dos combustíveis fósseis não-renováveis por aqueles biocombustíveis,

conformando uma alternativa para a mitigação do Efeito Estufa (IPCC, 2007).

Sob a perspectiva de estudar os impactos sobre a saúde humana em regiões canavieiras, Arbex et al. (2014) detectaram o aumento significativo das pneumonias no período da queima e 6% de aumento de internações durante os dois dias seguintes. Já o estudo de Ramos et al. (2019) concluiu que houve acréscimo de 16% do risco de internações hospitalares em crianças. Novamente, Ramos et al. (2019) concluíram que o aumento de poluentes particulados no ar eleva o risco de internação da população atingida mesmo após quatro dias de exposição.

Em São Paulo, estado vizinho à área estudada, Lopes e Ribeiro (2006) aplicaram técnicas de geoprocessamento e constataram correlação entre as ocorrências de queima da palha da cana-de-açúcar e a incidência de adoecimento respiratório nas regiões estudadas. Observou-se maior incidência de doenças respiratórias nas regiões de queima, Ribeiro (2008) concluiu que a saúde de uma considerável parcela da população (predominantemente os idosos, as crianças e pessoas com comorbidades respiratórias) é afetada pela queima da *Saccharum officinarum L.*, gerando pressão sobre o sistema de atendimento à saúde, além de gerar gastos financeiros com o tratamento dos adoecidos.

O absentéismo escolar infantil em regiões canavieiras foi aspecto abordado por Mauro et al. (2015) e exemplifica um dos impactos sociais dos incêndios em canaviais. Eles observaram que as queimadas podem estar relacionadas com os problemas respiratórios que levaram estudantes a não comparecerem às aulas. Contudo, afirmam que outros estudos são necessários para consolidação dessa hipótese que ainda foi pouco estudada.

Ao analisarem as implicações da queima de palha de cana-de-açúcar sobre a saúde humana, Souza e Nascimento (2016) reforçaram a importância de ampliar os dados, destacando sua relevância na formulação de políticas de saúde municipais. Os autores reforçam a relevância de incentivos à proibição da prática queima nos canaviais.

Ramos et al. (2019) concluíram que a queima noturna de palha de cana-de-açúcar em regiões canavieiras é o maior fator contribuinte de agravos à saúde respiratória em cidades interioranas e que os poluentes atmosféricos, ainda que estejam em níveis aceitos pela legislação brasileira, podem produzir efeitos maléficos a quilômetros de distância.

Apesar da grande importância econômica que a cultura da cana-de-açúcar desempenha na economia brasileira, a cadeia produtiva possui elevado potencial poluidor e seus impactos ambientais requerem atenção constante, haja vista a emissão de materiais particulados e de gases

nocivos à camada atmosférica de ozônio quando praticada a queima da palha, seja ela intencional ou não. Ainda sob este prisma, há impactos referentes às alterações do uso e ocupação do solo, também das alterações do padrão de interação superfície-atmosfera que podem ocorrer durante o ciclo de manejo dos canaviais. Esta constatação denota que persistem certas limitações referentes ao emprego pleno de biocombustíveis frente às fontes não renováveis, porquanto aqueles possam englobar custos ambientais assaz elevados (FRANÇA; AGUIAR; RUDORFF, 2009).

### 2.3 ASPECTOS LEGAIS

A fim de contextualizar as implicações legais dos incêndios florestais no Brasil, será abordado sucintamente o lastro legal aplicável ao tema. Dentre outras, destaca-se a lei federal nº 12.608/2012 que, ao versar sobre a proteção e defesa civil, pontua a relevância da prevenção e do planejamento no enfrentamento dos eventos adversos e também dos desastres (BRASIL, 2012). A mesma lei atribui ao poder público em todas as suas esferas a obrigação de concatenar os recursos próprios e de terceiros visando o bem comum, com a garantia da incolumidade dos cidadãos, das propriedades, através da prevenção e da mitigação dos riscos de desastres, devendo estimular o estudo dos eventos adversos e da formulação de estratégias de fomento à mitigação dos desastres. O legislador incluiu neste diploma legal a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDC), que instituiu a premissa de que as políticas públicas devem primar pela prevenção dos desastres, tendo como reflexo o debate amplo e as múltiplas contribuições que a sociedade brasileira poderá abarcar no intento de reduzir, tanto os desastres, objetivo maior da atividade de proteção e defesa civil, quanto reduzir o risco de desastres. Compete à Administração Pública adotar as medidas necessárias à recuperação de áreas degradadas, seja por recursos próprios, por articulação de esforços ou através da criação de obrigações impostas aos proprietários destas áreas.

Também a Constituição (1988), definiu que o meio ambiente é um bem comum do povo que deve ser protegido para que se mantenha ecologicamente equilibrado, além de ser essencial à qualidade de vida. Cabe ao Poder Público e à sociedade o dever de defendê-lo e preservá-lo para que seja usufruído pelas gerações presentes e futuras.

No estado de Minas Gerais, o Corpo de Bombeiros Militar (CBMMG) é o órgão público que detém a responsabilidade de exarar diretrizes de prevenção e segurança contra incêndios em áreas de risco de incêndio, por interpretação direta da Lei Complementar nº 54 (MINAS GERAIS, 1999), que deu a esta corporação a atribuição de coordenar e executar as ações de defesa civil,

proteção e socorrimento públicos, prevenção e combate a incêndio, perícias de incêndio e explosão em locais de sinistro, busca e salvamento (MINAS GERAIS, 1989), o que inclui os canaviais. A corporação produziu a Instrução Técnica nº 11 (CBMMG, 2005), que versa sobre procedimentos práticos a serem adotados durante um incêndio florestal. Este documento constitui a base da atuação das equipes de campo em situações genéricas.

Mais tarde, o CBMMG produziu o POP nº 0-04.015 (CBMMG, 2021), documento técnico que contém aspectos práticos específicos para o combate aos incêndios em canaviais, o que reforça a percepção de que a temática em estudo segue ganhando espaço junto ao poder público no tocante às formas de enfrentamento técnico da questão através da padronização de boas práticas de manejo do fogo em lavouras de *Saccharum officinarum L.*

## 2.4 COMBUSTÍVEIS VEGETAIS E OS INCÊNDIOS FLORESTAIS

O processo de combustão dos vegetais é dividido em três fases, respectivamente pré-aquecimento, combustão com chama e combustão sem chama. Na fase de pré-aquecimento ocorre a evaporação da umidade do combustível (a temperaturas superiores a 100°C) e com temperaturas superiores a 200 °C observam-se os compostos que resultam da decomposição térmica da celulose, numa fase chamada de volatilização. Estes gases gerados inflamam-se numa faixa de temperatura entre 300 e 400 °C, onde, ao se combinarem com o oxigênio, produzem chamas. A sustentação da combustão ocorre após a ignição e demanda uma quantidade variável de energia, dependendo do teor de umidade do combustível (MOREIRA et al., 2010). Nota-se, assim, a relevância da umidade no processo de queima. Quanto mais úmido, mais energia será requerida para que o combustível vegetal possa se desidratar e se tornar disponível para a combustão.

*Timelag* é um conceito bastante relevante nesse processo, sendo definido como o intervalo de tempo necessário para que a umidade do material combustível reduza cerca de 63% da diferença entre um valor inicial uniforme de equilíbrio e um novo equilíbrio, após uma mudança ambiental instantânea. O *timelag* varia substancialmente com o diâmetro do combustível, como é afirmado por Byram (1963).

As propriedades dos combustíveis mais relevantes a serem observadas, que exercem íntima influência sobre o comportamento do fogo, de acordo com Moreira et al. (2010), são o tipo dos vegetais, o seu arranjo (estrutura), a sua carga, a distribuição por classes de dimensão (diâmetro), a sua continuidade física e, por fim, o seu teor de umidade. Os mesmos autores afirmam que a

velocidade da combustão se altera conforme o arranjo dos combustíveis, sendo que o arejamento é um fator que favorece a marcha das chamas e uma maior compactação torna o avanço mais lento.

Os combustíveis finos mortos, cujo *timelag* é de 1h, são aqueles que possuem diâmetro de até 0,7 cm e representam um parâmetro elementar que influencia o comportamento dos incêndios florestais. Determiná-los é fundamental para os estudos de predição, atividades de prevenção e também para a gestão dos combates (WHITE et al., 2014).

Coincidindo com essa assertiva, mas com abordagem reversa, Rothermel (1972) argumenta que os combustíveis de maior espessura possuem efeito insignificante para o espalhamento dos incêndios florestais, podendo muitas vezes ser desconsiderados.

Os combustíveis mortos são mais suscetíveis à variação da sua umidade e isto se deve ao seu tamanho e às condições de umidade ambientais locais. Não havendo precipitações, esse valor ficará relacionado às transferências de umidade entre o vegetal e o ambiente, em natural busca pelo equilíbrio através de adsorção e dessorção (WHITE, 2016).

Uma ação de combate eficiente, que tenha rapidez e precisão, dependerá do conhecimento sobre o comportamento do fogo para que seja possível definir os métodos mais adequados de extinção das chamas (WHITE et al., 2013).

Considerando que a força dos elementos da natureza é incontrolável pelo ser humano, resta buscar disciplinar as ações antrópicas para mitigar o desastre, direcionando os esforços para a prevenção dos eventos adversos ou para maior efetividade das ações de combate. Nesta linha, Soares (2000) afirma que as florestas homogêneas plantadas, como é o caso dos canaviais, são biomas potencialmente mais suscetíveis aos incêndios, sendo latente a busca pelo estabelecimento de técnicas de proteção contra o fogo desde a implantação dos povoamentos.

De acordo com Soares (1985) os combustíveis com elevado teor de umidade, assim considerados os valores iguais ou superiores a 30%, não costumam entrar em combustão, não queimam. A este aspecto dá-se o nome de “umidade de extinção”. Quanto maior a umidade, maior o gasto de energia calorífica para reduzir esta umidade e então entrar o combustível na categoria dos disponíveis para queima.

A palha da cana-de-açúcar foi estudada por Romão e Lourenço (2019), que atribuíram a ela o poder calorífico de 13 MJ/kg (assim considerado a 15% de umidade), valor que será a base para referência de cálculos na presente pesquisa.

É oportuno pontuar que os incêndios florestais, sejam de qualquer origem, são eventos adversos que consomem a vegetação e se propagam influenciados pelas condições climáticas e do relevo (BATISTA; SOARES, 2003). Os seus inclementes danos e prejuízos possuem amplo espectro, mas podem ser categorizados como humanos, ambientais, sociais e econômicos. O mais evidente destes é a poluição do ar atmosférico, contudo, também devem ser consideradas as lesões físicas, as mortes de pessoas e animais, a destruição da vegetação e de bens materiais, a deterioração de nascentes d'água, do solo e dos nutrientes do subsolo, a interrupção de linhas de transmissão de energia elétrica, os acidentes automobilísticos derivados do bloqueio do tráfego de rodovias, a interrupção de pousos e decolagens de aeronaves em aeroportos, a evacuação de residências, empresas e escolas tomadas pela fumaça e, por fim, o aumento da demanda por atendimento em unidades de atenção à saúde pelo adoecimento da população (WISSMAN; SHIKIDA, 2017).

## 2.5 DIFERENÇAS ENTRE INCÊNDIOS, QUEIMADAS E QUEIMAS PRESCRITAS

É importante distinguir três conceitos intimamente relacionados para uma correta compreensão do tema em estudo: os incêndios, as queimadas e as queimas prescritas. Embora todos envolvam chamas, podem ser diferenciados por suas origens, objetivos e efeitos específicos.

Chamamos de incêndios os eventos nos quais as chamas consomem a vegetação de forma descontrolada, sem distinção, influenciadas pelas condições climáticas e topográficas. Predominantemente, os incêndios são originados por ações humanas decorrentes de imprudência, imperícia ou negligência do manuseio de fontes de calor, mas há também aqueles originados por deliberado ímpeto de vandalismo, de piromania ou para a supressão criminosa de espécimes vegetais. A natureza também pode originar incêndios através de atividades vulcânicas e das raríssimas quedas de corpos celestes flamejantes e, ainda através das descargas atmosféricas durante tempestades (BATISTA; SOARES, 2003). A estas últimas, habitualmente, atribui-se a totalidade dos incêndios florestais de origem natural no Brasil.

As queimadas, por sua vez, são as chamas ateadas intencionalmente pelo gestor da área plantada visando facilitar a colheita e o transporte dos colmos combate. As queimadas ocorrem em áreas previamente delimitadas e contam com aparato logístico e humano para o controle das chamas desde o seu início (TORRES et al., 2020).

De forma parecida, existem as queimas prescritas, nas quais o fogo é ateadado com vistas a atender objetivos mais específicos, mais detalhados, por exemplo, reduzir em 60% o combustível de 1h de *timelag*, 30% de 10 h e 80% de 100 h. Tanto as queimadas quanto as queimas prescritas são realizadas sob condições climáticas mais específicas e adequadas ao combate (TORRES et al., 2020). O intento final do proprietário da área é realizar a supressão dos vegetais finos vivos ou mortos, afugentar animais peçonhentos e os insetos. Sob determinadas circunstâncias a legislação brasileira permite a realização de queimadas e queimas prescritas. Seja qual for a modalidade é notório que estes eventos geram poluentes mutagênicos e teratogênicos contaminantes (MUGICA-ALVAREZ, 2018).

A dimensão da área queimada num incêndio florestal tende a ser mais extensa que das queimadas e queimas prescritas, haja vista que a detecção das suas chamas muitas vezes ocorre tardiamente, ampliando também os danos e prejuízos (BATISTA; SOARES, 2003).

Ao conjunto destes múltiplos resultados desfavoráveis atribui-se a designação de desastre, cabendo ao Poder Público articular e capitanear os esforços para a busca da redução dos sinistros, haja vista que, além dos danos e prejuízos, durante a ocorrência de incêndios em canaviais e como contramedida, há também uma aguda mobilização de recursos logísticos e humanos para o combate às chamas, esforço que engloba órgãos públicos, empresas e voluntários, devido à dimensão do desafio prático que a faina representa (BRASIL, 2012).

A Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil de Minas Gerais (SEDEC) definiu a atividade de proteção e defesa civil como um conjunto de ações preventivas, de socorro, assistenciais, reabilitadoras e reconstrutivas destinadas a evitar ou minimizar desastres, preservar o moral da população e restabelecer a normalidade social, é coerente afirmar que o presente trabalho está alinhado a esta atividade e seus resultados poderão contribuir tanto para a prevenção de sinistros, quanto para a preparação do ambiente a ser impactado e ainda para a resposta no momento de crise (BRASIL, 2012).

Diante deste cenário, compreender as características dos combustíveis nas lavouras de cana-de-açúcar é vital, pois é a energia destes combustíveis que sustenta a combustão e interfere na propagação do incêndio. É imperativo quantificar estes combustíveis e classificá-los, como forma de robustecer o conhecimento técnico que resulte em melhoria da gestão dos indesejados incêndios e das queimadas (MOREIRA et al., 2010).

A relevância do estudo está no fornecimento de dados sobre o material inflamável existente em canaviais, etapa elementar para a lapidação das técnicas, protocolos e equipamentos existentes, com vistas à redução do desastre.

O uso formal do termo desastre difere da sua utilização rotineira pelo senso comum popular, que o emprega para referir-se ao evento adverso, assim definido como uma ocorrência desfavorável, prejudicial ou imprópria, o fenômeno causador de um desastre tal como um furacão, um incêndio, uma geada, o colapso de uma barragem, dentre inúmeros outros (BRASIL, 2012). A palavra desastre estará corretamente utilizada quando referir-se ao resultado de eventos adversos, naturais ou provocados pelo homem, sobre um ecossistema vulnerável, causando danos humanos, materiais e ambientais e consequentes prejuízos econômicos e sociais, de forma que um evento adverso que se abata em ambiente resiliente não produzirá um desastre (BRASIL, 2012).

A carga-incêndio representada pela biomassa de áreas pós-colheita em plantações de cana-de-açúcar representa um risco a ser protegido por medidas de prevenção e combate a incêndios florestais.

Portanto, compreender as características dos combustíveis nas lavouras de cana-de-açúcar é de fundamental importância, uma vez que a energia contida nesses materiais sustenta a combustão e influencia a propagação do fogo. A quantificação e classificação desses combustíveis são essenciais para subsidiar o conhecimento técnico e aprimorar a gestão melhor coordenada contra os incêndios indesejados e as queimadas. A base da presente pesquisa está na importância do levantamento e caracterização de dados sobre o material inflamável existente nos canaviais, que é um procedimento necessário para a melhoria das técnicas, protocolos e equipamentos, visando à redução dos riscos e prejuízos associados aos desastres decorrentes dos incêndios.



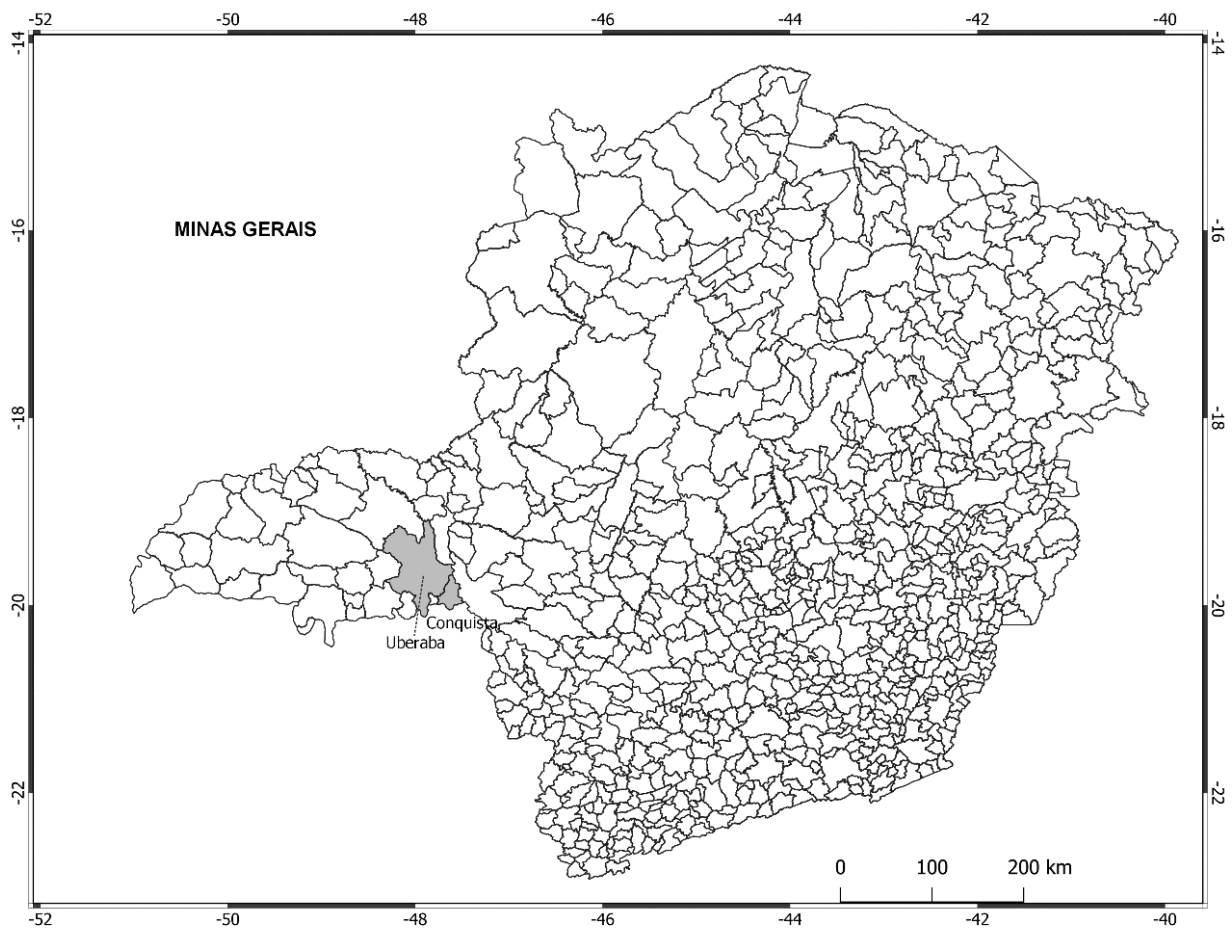
### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL

##### 3.1.1 Localização da área de estudo

O estudo foi realizado em áreas de cultivo de cana-de-açúcar, situadas nos municípios de Uberaba e Conquista, ambos localizados na porção ocidental do Estado de Minas Gerais (Figura 1), entre as coordenadas geográficas de 19°45' de latitude Sul, 47° 55' de longitude Oeste, na altitude de 752 metros acima do nível do mar (Figura 2).

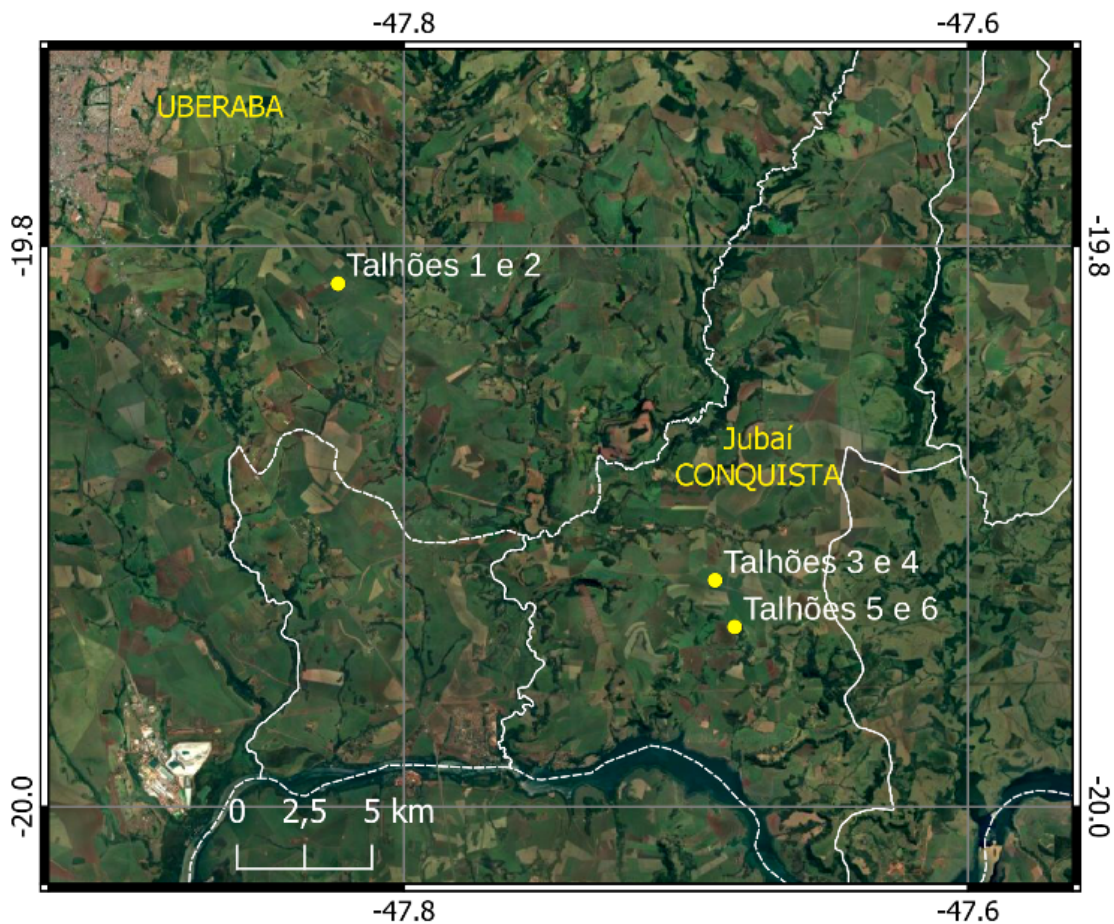
**Figura 1** – A região estudada em Uberaba e Conquista - MG.



Fonte: Do Autor, 2022.

O município de Uberaba conta com uma área cultivada de 117,3 mil hectares, que representa 20,5% do seu território (571,6 mil hectares), tendo produção estimada de 7,97 milhões de toneladas na safra 2020/21. Atualmente, Uberaba lidera o ranking das 100 principais cidades produtoras de cana do Brasil, enquanto que Conquista - MG, que tem área territorial de 50.027 hectares, tem cerca de 40% desta área (20.000 hectares) cultivada com cana-de-açúcar (IBGE, 2022). Foram avaliadas 2 áreas amostras no município de Uberaba e outra em Conquista, MG, conforme ilustrado na Figura 2.

**Figura 2** – Locais de amostragem delimitados dentro dos municípios de Uberaba e Conquista - MG, em 2022.



Fonte: Do Autor, 2022.

### 3.1.2 Clima da região

O clima da região é classificado como do tipo Aw, isto é, tropical quente úmido, com seu inverno frio e seco, segundo a classificação atualizada de Kopen (Beck et al., 2018). A precipitação média anual é de 1584,2 mm. O total médio de chuvas no mês mais seco da série é de 12,5 mm (mês de agosto) e no mês mais chuvoso foi de 283,6 mm (mês de janeiro), conforme Silva, Guimarães e Tavares (2003).

O período crítico de incêndios florestais na região, onde ocorre maior quantidade de focos de incêndios, está localizado no período seco do ano, entre os meses de julho a setembro (INPE, 2021), onde a redução da umidade ambiental reflete em uma vegetação natural e resíduos vegetais mais secos, que aumenta o risco de queimadas ou por incêndios.

### 3.1.3 Tipo de solo

Na região do Triângulo Mineiro predominam os Latossolos Vermelho (66,8%), e Latossolo Roxo (17,7%), que apresentando textura média, variando de arenoso a argiloso, podendo ser classificados de uma forma geral como sendo latossolos de diferentes graus de fertilidade (EMBRAPA, 1982; NISHIYAMA, 1989).

## 3.2 CRITÉRIOS DE SELEÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL

Para iniciar o estudo realizou-se, previamente, a devida seleção da área experimental, de modo a garantir a correta caracterização dos dados. Para a seleção dos talhões para realização de amostragem de palhada foi estabelecido o critério de inexistência de incêndios desde o plantio inicial, ocorrência que traria interferências nos dados analisados pela destruição dos combustíveis depositados no solo. Ou seja, foram selecionados apenas talhões em que a quantidade de combustível existente fosse presumidamente a total remanescente desde a última colheita ou corte.

Na região de estudo pratica-se a colheita mecanizada da cana-de-açúcar. Com esta técnica, os colmos (que são estruturas com diâmetro predominantemente acima de 2,51 cm e, portanto indisponíveis para queima), foram ceifados na base da planta e recolhidos para o processamento industrial, ao passo que as folhas (combustíveis finos, mortos e disponíveis para queima e que têm

diâmetro de até 0,7 cm), foram igualmente ceifados, contudo restaram depositadas automaticamente no solo para protegê-lo das intempéries, manter a umidade e outros fins pós-colheita (CARVALHO; CERRI; KARLEN, 2019).

### 3.3 METODOLOGIA

A pesquisa de campo foi definida como descritiva e quantitativa, sem hipótese prévia, e as variáveis analisadas foram a quantidade e o diâmetro dos materiais combustíveis existentes.

Os dados colhidos foram registrados em caderneta de campo e posteriormente transcritos em planilhas eletrônicas do *software* MS Excel para a elaboração de gráficos.

A metodologia adotada é a proposta por Rothermel (1972) e por Brown, Oberheu e Johnston (1982), que pode ser assim detalhada em etapas:

Foram identificados talhões de palhada para os quais o proprietário possuía os dados necessários à pesquisa (Figuras 3 e 4);

**Figura 3** – Aspecto de um talhão selecionado para amostragem.



Fonte: Do Autor, 2022.

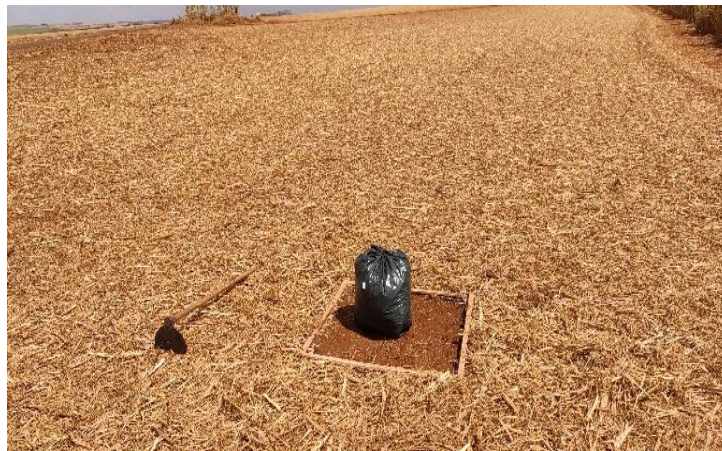
**Figura 4** – Localização dos talhões selecionados para amostragem.



Fonte: Do Autor, 2022.

A partir de um ponto aleatório do talhão, foi posicionado no solo um gabarito de madeira com área interna de  $1\text{m}^2$  (Figura 5);

**Figura 5** – Coleta de biomassa seca.



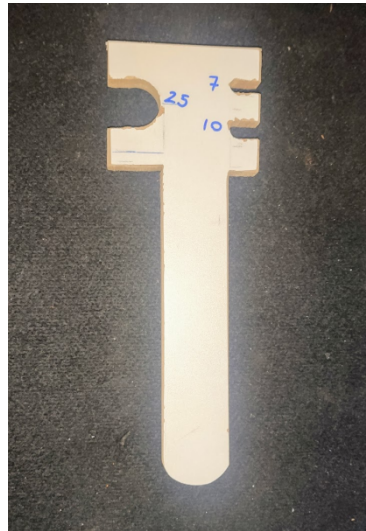
Fonte: Do Autor, 2022.

Em cada talhão, foram colhidas 10 amostras, selecionadas em distância regular de 20 metros lineares e direção diagonal às linhas de plantio, buscando registrar as variações ao longo do talhão.

Os combustíveis vegetais existentes acima do solo foram manualmente recolhidos. Com o uso do aferidor de diâmetros foram classificados os combustíveis (Figura 6), conforme as faixas:

- 0 a 0,7 cm (até 1h de *timelag*);
- 0,71 a 2,5 cm (10h de *timelag*);

**Figura 6** – Aferidor de diâmetro.



Fonte: Do Autor, 2022.

Os combustíveis foram acondicionados, conforme a sua faixa de diâmetro, em sacos ou recipientes plásticos secos identificados (Figura 7);

**Figura 7** – Amostra coletada e acondicionada.



Fonte: Do Autor, 2022.

A pesagem foi realizada imediatamente em campo, com a utilização de balança com precisão de 1g (Figura 8);

**Figura 8** – Pesagem da amostra em campo.



Fonte: Do Autor, 2022.

Uma parcela de aproximadamente 200 g foi recolhida de cada amostra (Figura 9);

**Figura 9** – Parcela recolhida da amostra, pesada em campo.



Fonte: Do Autor, 2022.

As parcelas foram re-acondicionadas em sacos perfurados de papel e então foram pesadas (Figura 10) em laboratório.

**Figura 10** – Pesagem da parcela de amostra antes da secagem, em laboratório.



Fonte: Do Autor, 2022.

Para secagem as parcelas foram acondicionadas em estufa elétrica de ventilação forçada, a temperatura de 65 °C, conforme procedimento utilizado por Torres et al. (2013) (Figura 11).

**Figura 11** – Secagem das parcelas de amostra.



Fonte: Do Autor, 2022.

Após 72h de secagem as parcelas foram novamente pesadas (Figura 12).



**Figura 12** – Pesagem das parcelas após 72h de secagem.



Fonte: Do Autor, 2022.

Os dados colhidos em campo foram organizados em planilhas eletrônicas do *software MS Excel*.

As informações sobre o talhão onde foi feita a amostragem, tais como a variedade da cana-de-açúcar, as datas de plantio e colheita, o corte, foram fornecidos pelo proprietário das áreas estudadas a partir sistema informatizado próprio, usado para gestão das lavouras.

A massa dos recipientes utilizados para pesagem em cada etapa foi subtraída para os cálculos. A balança utilizada foi a Urano US 20/2 POP-S, de propriedade do IFTM, com aferição válida feita pelo Inmetro. Também durante a pesagem os recipientes foram abrigados do vento intenso, situação que poderia interferir nos resultados.

A estufa utilizada foi a SOLAB SL-100, de propriedade do IFTM, com aferição pelo Inmetro.

As amostras foram coletadas 72 h após a última chuva, conforme dados do INMET.

A umidade, que é a quantidade de água presente no combustível, é representada em termos percentuais do seu peso seco, foi calculada com a utilização da fórmula normalmente aplicada, que subtrai do peso úmido o peso seco e então divide o resultado desta operação pelo peso úmido multiplicado por 100 (WHITE, 2014).

Assim, temos:

$$UMC = \frac{Pu - Ps}{Pu} * 100. \quad (\text{eq. 1})$$

Onde:

UMC: Umidade da matéria combustível (Unidade: %);

Pu: Peso úmido da matéria combustível (Unidade: massa úmida da amostra, geralmente em gramas);

Ps: Peso seco da matéria combustível (Unidade: massa seca da amostra, geralmente em gramas);

### 3.4 ANÁLISES DOS DADOS

Após realização da parte experimental, o tratamento dos dados foi realizado através de planilhas eletrônicas. Os valores obtidos foram compilados e, em seguida, realizadas as análises estatísticas descritivas para obtenção da média, mediana e desvio padrão mínimo e máximo.

Após a obtenção desses dados, foi possível identificar parâmetros de similaridade através da média e da mediana ou outras eventuais relações existentes entre as características da biomassa seca em estudo por meio de correlação.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta a análise estatística dos dados coletados. Ao analisar os diâmetros das parcelas de amostra, observou-se que no primeiro corte houve predominância de combustíveis com diâmetro de até 7 mm, visto que os valores foram semelhantes. Já no segundo corte, os valores médios para diâmetros de até 7 mm foram 95% maiores em comparação aos diâmetros maiores que 7 mm.

**Tabela 1** – Diâmetro da biomassa de cana-de-açúcar depositado sobre o solo após a colheita no primeiro e segundo corte.

Variáveis descritivas	Massa de combustível (g)	
	Até 7 mm	> 7 mm
	1º corte	
N	30	30
Média	269,53	246,50
Mediana	274	179
Desvio padrão	200,87	297,67
Mínimo	36	0
Máximo	940	1590
	2º corte	
N	30	30
Média	2.130,20	96,60
Mediana	1991	62
Desvio padrão	849,21	131,68
Mínimo	1022	0
Máximo	4.380	672

Fonte: Elaborado pelo Autor, 2022.

Em relação às amostras do primeiro corte, pode-se traçar um paralelo entre os combustíveis das duas categorias. A amplitude dos materiais grossos foi de 1590 g, enquanto que dos finos foi menor, de 904 g, porém com maior quantidade de *outliers* superiores.

O valor médio (269,53 g) dos finos está bastante próximo da mediana (274 g), sugerindo maior coincidência à curva normal, maior uniformidade de valores. Já os combustíveis grossos apresentam maior variação entre a média (246,5 g) e a mediana (179 g).

Embora os valores médios de ambos tenham sido próximos, houve maior desvio padrão dos combustíveis grossos (297,67 g) e há nestes uma assimetria à direita, enquanto nos finos houve leve assimetria à esquerda.

Em relação às amostras do segundo corte, há nítida dicotomia entre as duas categorias estudadas. A amplitude dos valores dos combustíveis grossos foi de 672 g, substancialmente menor que no primeiro corte (1.590 g). Em ambos os cortes houve registro de valor zero nas amostras de combustíveis grossos.

A diferença pode ser considerada pequena entre as médias e as medianas de cada categoria, denotando regularidade de valores, mas é possível perceber em ambas as categorias uma assimetria negativa. Houve maior desvio padrão entre os valores registrados para os combustíveis finos (849,21 g).

Conforme delineado por Schroeder e Buck (1970), a umidade é uma propriedade preponderante que influencia a probabilidade de combustão de um material. À medida que o teor de umidade aumenta, aumenta a exigência energética para a ignição do material. É importante ressaltar que, antes da ocorrência da combustão, é imperativo que toda a água presente no material seja previamente evaporado, conforme destacado por White (2014). Destarte, é de grande importância que tal propriedade seja devidamente analisada.

Com relação a umidade da palha depositada na superfície do solo, houve variação dos valores médios, pois foram 60% superiores no primeiro, quando comparado ao segundo corte (Tabela 2), da ordem de 60,73%, reduzindo de 246 para 96,60 g. A variação dos dados referentes aos combustíveis finos foi em sentido inverso, com aumento de 638,69% de acréscimo dos valores médios, que passaram de 269,53 para 1.991 g.

**Tabela 2** – Umidade das parcelas de amostras de combustível.

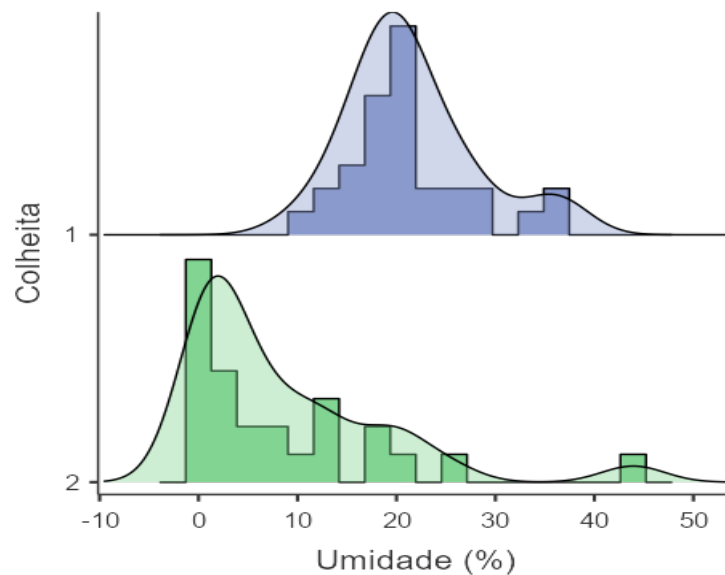
Variáveis descritivas	Umidade %
1º corte	
N	30,00
Dado perdido	0,00
Média	21,50
Mediana	20,60
Desvio padrão	6,45
Mínimo	9,78
Máximo	37,00
2º corte	
N	25,00
Dado perdido	5,00
Média	8,68
Mediana	4,90

**Tabela 2** – Umidade das parcelas de amostras de combustível.

Desvio padrão	10,40
Mínimo	0,00
Máximo	43,90

Fonte: Elaborado pelo Autor, 2022.

Para realizar a análise da umidade dos combustíveis foram elaborados histogramas (Figura 13) nos quais se observam os distintos perfis entre as parcelas referentes ao primeiro corte e aqueles referentes ao segundo corte da cana-de-açúcar.

**Figura 13** – Histogramas de umidade das parcelas de amostras.

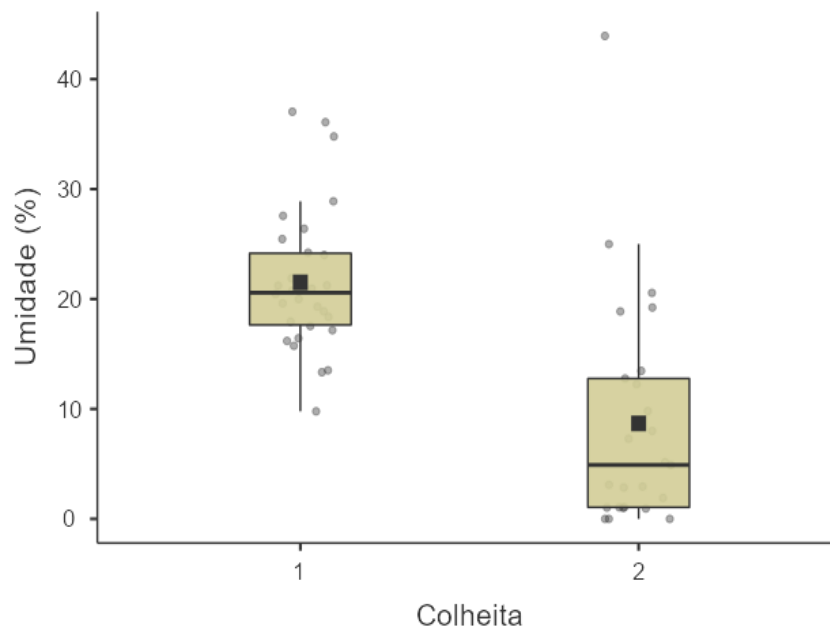
Fonte: Do Autor, 2022.

No histograma do primeiro corte nota-se maior coincidência em relação à curva normal, tendo 21,5% de umidade como valor médio.

Já em análise à umidade das parcelas de amostras de segundo corte percebe-se uma assimetria positiva em relação à curva normal, com valor médio expressivamente mais baixo, da ordem de 8,68% de umidade.

Em complementação à análise descritiva foi elaborado o gráfico *boxplot* (Figura 14) para ambas as categorias de parcelas de amostra. Nos valores referentes ao primeiro corte percebe-se a proximidade entre a média e a mediana dos registros, além de uma reduzida diferença interquartil Q1 e Q3, mesmo havendo *outliers*.

**Figura 14** – Gráfico *boxplot* da umidade das parcelas de amostras.



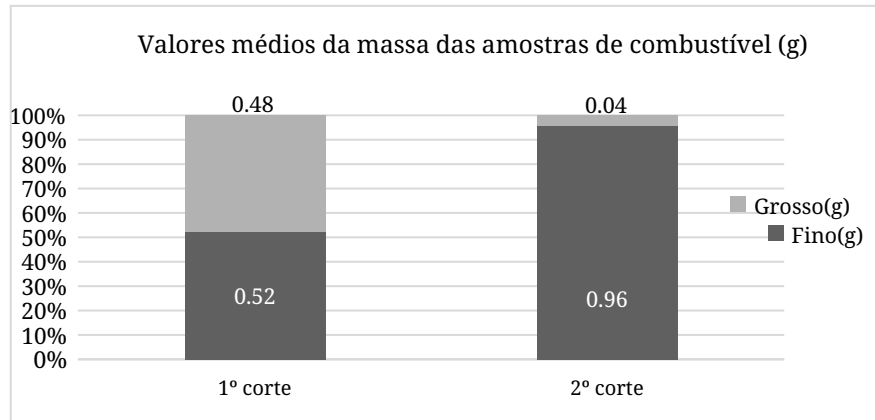
Fonte: Do Autor, 2022.

A análise das informações referentes ao segundo corte, num paralelo com as amostras de primeiro corte, apresentam maior amplitude o que se manifesta no gráfico como uma forma mais compacta, enquanto estas estão organizadas numa figura mais alongada, denotando maior diferença interquartil entre Q1 e Q3, além de ocorrer semelhante afastamento entre média e mediana de valores.

Nas parcelas de amostra referentes ao primeiro corte, pode-se afirmar que 75% dos dados mostram-se com umidade abaixo de 25% e em relação àquelas afetadas ao segundo corte, há 75% dos registros abaixo de 15% de umidade. Isto coloca estes combustíveis abaixo da umidade de extinção (30%) mencionada por Soares (1985) e, portanto, disponíveis para queima.

Ao totalizar as amostras referentes ao primeiro e segundo cortes e em cada categoria de diâmetro (Figura 15), obtém-se um total de 516,03 g e 2.226,80 g respectivamente.

**Figura 15** – Gráfico de valores médios da massa das amostras de combustível.



Fonte: Do Autor, 2022.

Observou-se na Figura 15 o expressivo aumento percentual de combustíveis finos em relação ao total (100%) na serrapilheira do primeiro corte (52,23%) para o segundo corte (95,66%). Ao observar este procedimento, constatou-se que ele vai ao encontro das conclusões de Rothermel (1972), ou seja, trata-se de um ambiente propício à propagação das chamas, haja vista a deposição de combustíveis finos e leves como serrapilheira. Rothermel (1972) e White et al. (2014) afirmaram que os elementos-chave para a evolução dos incêndios florestais são os combustíveis finos, podendo ser desconsiderados os combustíveis grossos, em alguns casos. Entende-se serem os canais adequados à esta peculiaridade, já que prevalecem os combustíveis finos, cujo *timelag* é de 1h. Em contrapartida, este mesmo resultado representa certa discrepância com a afirmação genérica de Soares (1985), de que 70 a 80% dos combustíveis numa floresta são de diâmetro fino, os dados não se contradizem, sendo apenas mais específicos neste estudo.

A unidade de medida da massa de combustíveis remanescente no solo pós-colheita mecanizada foi convertida de metro quadrado (amostra) para tonelada por hectare, para que fosse ajustada à métrica consolidada em estudos pretéritos, como forma de facilitar as análises quantitativas. Os valores estão expressos na Tabela 3.

**Tabela 3** – Massas de combustíveis convertidas para T·ha<sup>-1</sup>.

Massas de combustíveis convertidas para T·ha <sup>-1</sup>			
Corte	Fino (T·ha <sup>-1</sup> )	Grosso (T·ha <sup>-1</sup> )	Total (T·ha <sup>-1</sup> )
1º corte	0.52	0.48	1.00
2º corte	0.96	0.04	1.00

**Tabela 3** – Massas de combustíveis convertidas para T·ha<sup>-1</sup>.

1º corte	2,70	2,47	5,16
2º corte	21,30	0,97	22,27

Fonte: Elaborado pelo Autor, 2022.

Notou-se uma maior regularidade das massas de combustíveis grossos, tanto no primeiro quanto no segundo cortes. Ressaltando que combustíveis grossos são assim denominados aqueles com diâmetro superior a 0,71cm.

A carga-incêndio de um talhão de palhada de cana-de-açúcar pode ser calculada a partir do valor do poder calorífico do combustível fino, de 13 MJ/kg (com 15% de umidade) utilizado por Romão e Lourenço (2019), multiplicado pela massa disponível para queima. No caso deste estudo, será utilizado o valor da massa média registrada nos dois cenários estudados, a saber:

$$\text{- 1º corte: } 13\text{MJ/kg} \cdot 0,26953 \text{ kg/m}^2 = 3,51 \text{ MJ/m}^2$$

$$\text{- 2º corte: } 13\text{MJ/kg} \cdot 2,1302 \text{ kg/ m}^2 = 27,70 \text{ MJ/m}^2.$$

A carga de incêndio da palhada de um canavial de 1º corte é de 3,51 MJ/m<sup>2</sup>, ao passo que para referenciar uma palhada de 2º corte o valor é de 27,70 MJ/m<sup>2</sup>. Esta variação representa um acréscimo de 689,17% da carga incêndio em apenas um ciclo de plantio. Torres et al. (2013) citando Souza et al. (2005) e outros, afirmam que nos sistemas de colheita mecanizada, a quantidade de palha deixada sobre o solo é da ordem de 10 a 20 T·ha<sup>-1</sup>. No presente estudo foi possível apreciar estes números e chegou-se a valores que oscilam de 5,16 T·ha<sup>-1</sup> (primeiro corte) até os mais desfavoráveis (segundo corte), 22,27 T·ha<sup>-1</sup>.



## 5. CONCLUSÃO

Por meio deste estudo foi possível realizar a estimativa quantitativa de biomassa em um canavial após o primeiro e segundo corte. Tais dados são de altíssima relevância, uma vez que contribuem para o embasamento teórico com foco nos incêndios, visto que são escassos estudos que visam esta abordagem.

Houve um predomínio de 52,23% de combustíveis finos na palhada de primeiro corte e 95,66% na palhada de segundo corte. No primeiro corte ocorreu  $5,16 \text{ T}\cdot\text{ha}^{-1}$  de combustíveis, sendo  $2,7 \text{ T}\cdot\text{ha}^{-1}$  combustíveis finos, com carga-incêndio média de  $3,51 \text{ MJ/m}^2$ . No segundo corte houve  $22,27 \text{ T}\cdot\text{ha}^{-1}$ , sendo  $21,3 \text{ T}\cdot\text{ha}^{-1}$  de combustíveis finos, o que representa uma carga-incêndio média de  $27,7 \text{ MJ/m}^2$ . Foi possível observar que a carga-incêndio sofreu um aumento de 689,17% do primeiro para o segundo corte.

No primeiro corte, houve predominância de combustíveis com diâmetros menores, especialmente até 7 mm, com valores médios próximos e menor variação, indicando uma uniformidade na distribuição dos diâmetros. No segundo corte, essa predominância se inverteu, apresentando aumento nos valores médios dos diâmetros menores que 7 mm em comparação aos diâmetros maiores. Esta variação importante nos diâmetros da biomassa pode influenciar no comportamento do fogo e na probabilidade de combustão, pois a umidade é um fator preponderante nesse processo.

A análise da umidade das amostras evidenciou variação entre os cortes. No primeiro corte, a umidade média foi de 21,50%, enquanto no segundo corte reduziu para 8,68%. Essa variação da umidade pode influenciar diretamente na propagação do fogo, uma vez que à medida que a umidade aumenta, há necessidade de mais energia para a ignição do material.

Outra constatação foi que a conversão das massas de combustíveis depositados no solo para toneladas por hectare ao mostrar diferenças expressivas entre os dois cortes de cana de açúcar e a maior quantidade de serrapilheira do segundo corte em relação ao primeiro, leva a hipótese de que os ambientes carregados de palhada da cana de açúcar são muito propícios à propagação de chamas, já que os incêndios florestais são propensos aos combustíveis finos.

O estudo experimental realizado nesta pesquisa apresenta algumas limitações que podem ter impactado os resultados obtidos. Para alcançar uma conclusão mais definitiva, seria fundamental ampliar o número de amostras, visando dar maior robustez à análise estatística e garantir uma representatividade mais ampla dos dados, e permitir maior generalização da pesquisa.

Faz-se necessário destacar que a seleção das áreas amostradas talvez não tenha representado plenamente a diversidade da região em estudo, o que poderia afetar, também, a generalização dos resultados. A variação na umidade das amostras pode ter influenciado a interpretação dos dados. Por isso, mesmo fazendo uso de metodologias reconhecidas, é necessária uma investigação mais detalhada, considerando fatores externos como o tipo de solo, diversidade vegetal, fertilidade e variações climáticas específicas das áreas amostradas. Essas variáveis podem limitar a aplicabilidade dos resultados em diferentes contextos.

Os resultados obtidos neste estudo indicam que as diferenças nos diâmetros, umidade e distribuição da palhada da cana-de-açúcar decorrentes de diferentes cortes, são elementos importantes na avaliação do potencial de propagação de incêndios e na implementação de estratégias preventivas eficazes para áreas suscetíveis a esse tipo de ocorrência. No que se refere ao grande aumento da carga-incêndio entre os cortes, estende-se que esta observação pode contribuir para futuras pesquisas de desenvolvimentos de estratégias, tecnologias ou ações a fim de evitar eventuais incêndios.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARBEX, M. A. et al. The effect of air pollution on pneumonia-related emergency department visits in a region of extensive sugar cane plantations: a 30-month time-series study. **Journal of Epidemiology and Community Health**, v. 68, n. 7, p. 669-674, 2014.

BATISTA, A. C.; SOARES R. V. **Manual de prevenção e combate a incêndios florestais**. Curitiba: Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná, 2003. 52 p.

BECK, H. E. et al. Present and future Köppen–Geiger climate classification maps at 1-km resolution. **Scientific Data**, v.1, p.1-12, 2018.

BRASIL. Presidência da República. Lei nº 12.608, de 10 de abril de 2012. Institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil - PNPDEC; dispõe sobre o Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil - SINPDEC e o Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil - CONPDEC. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 2012. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/lei/l12608.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12608.htm). Acesso em: 26 ago. 2020.

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil: promulgada em 5 de outubro de 1988**. Brasília, DF, 2018. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/constituicao/constituicao.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm). Acesso em: 10 abr. 2020.

BROWN, J. K.; OBERHEU, R. D.; JOHNSTON, C. M. **Handbook for inventorying surface fuels and biomass in the interior west**. USDA General Technical Report INT-129, Ogden, UT: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Intermountain Forest and Range Experimental Station. 48 p., 1982.

BYRAM, G. B. **An analysis of the drying process in forest fuel material**. USDA Forest Service, Southern Forest Fire Laboratory, Macon, 1963. Disponível em <https://www.fs.usda.gov/treesearch/pubs/47925>. Acesso em: 24 set. 2020.

CARVALHO, J. L. N., et al. Agronomic and environmental implications of sugarcane straw removal: a major review. **GCB Bioenergy**, v. 9, n. 7, p. 1181-1195, 2016.

CARVALHO, J.L.N.; CERRI, C.E.P.; KARLEN, D.L. Sustainable Sugarcane Straw Special Issue: Considerations for Brazilian Bioenergy Production. **BioEnergy Research**, v. 12, p. 746–748, 2019.

CASTRO, B. A. A. **Análise do setor sucroenergético do Triângulo Mineiro**. Bárbara Alves Araújo de Castro - Belo Horizonte: SEBRAE Minas, 2018. 54 p.: il.

CBMMG - CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DE MINAS GERAIS (Brasil). **Instrução Técnica nº 11, de 25 de outubro de 2005**. Dispõe sobre Plano de Intervenção de Incêndio. Belo Horizonte, MG, 2005.

CBMMG - CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DE MINAS GERAIS (Brasil). **POP –**

**Procedimento Operacional Padrão nº 0-04.015, 2021.** Dispõe sobre orientações para o Combate de Incêndios em Canavial. Belo Horizonte, MG, 2021.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos – **Levantamento de reconhecimento de meia intensidade dos solos e avaliação da aptidão agrícola das terras do Triângulo Mineiro.** Rio de Janeiro, 1982. 562 p.

STEDUTO, P.; HSIAO, T. C.; FERERES, E.; RAES, D. **Crop yield response to water.** FAO Irrigation and Drainage Paper 66, Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2012. 505 p. Disponível em: <https://www.fao.org/3/i2800e/i2800e.pdf>. Acesso em: 02 nov. 2021.

FRANÇA, D. A.; AGUIAR, D. A.; RUDORFF, B. F. T. Relação entre queima da cana-de-açúcar e saúde: estudo preliminar em municípios da Região Administrativa de Araçatuba – SP. *In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14., 2009, Natal, RN. Anais.* São José dos Campos, SP: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, 2009, p. 7537-7544. Disponível em: <http://martesid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2008/11.17.22.57/doc/7537-7544.pdf>. Acesso em: 14 ago. 2021.

IBGE. **Produção agrícola:** lavoura de cana-de-açúcar em Uberaba e Conceição das Alagoas 2021/2021. Rio de Janeiro: IBGE, 2022. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/uberaba/pesquisa/14/10193?ano=2020&tipo=ranking&indicador=10248>. Acesso em: 18 set. 2022.

INPE (Brasil). **Banco de Dados de Queimadas.** São José dos Campos, SP: INPE, 2021. Disponível em: <http://www.inpe.br/queimadas/bdqueimadas>. Acesso em: 20 set. 2021.

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. Climate change 2021. **The physical science basis: part of the working group I contribution to the fourth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.** New York: Cambridge University, 2007.

LOPES, F. S.; RIBEIRO, H. Mapeamento de internações hospitalares por problemas respiratórios e possíveis associações à exposição humana aos produtos da queima da palha de cana-de-açúcar no estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, v. 9, n. 2, p. 215-225, 2006.

LUCCHESI, A. A. Cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L. spp.). **Ecofisiologia de culturas extrativas: cana-de-açúcar; seringueira; coqueiro; dendezeiro e oliveira.** Cosmópolis: Stoller do Brasil, 2001.

MAURO, C. C. et al. Queimadas e saúde: relação entre faltas escolares e incidência das queimadas de cana-de-açúcar. **Revista Saúde Pública**, v. 49, 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rsp/a/WtSHZr5J9PydSVpjkPx3zKR/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 26 ago. 2020.

MINAS GERAIS. Lei Complementar nº 54, de 13 dezembro de 1999. Dispõe sobre a organização básica do Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais - CBMMG e dá outras

providências. Minas Gerais, Belo Horizonte, **Diário do Executivo**, 14 dez. 1999, p. 1, col. 1.

MINAS GERAIS. [Constituição (1989)]. Assembleia Legislativa do Estado de Minas Gerais. **Constituição do Estado de Minas Gerais**. 26. Ed. Belo Horizonte: Assembleia Legislativa do Estado de Minas Gerais, 2020. *E-book*, 489 p. Disponível em: <http://www2.senado.leg.br/bdsf/handle/id/70446>. Acesso em: 9 out. 2020.

MORAIS, L. K. de, et al. **Melhoramento Genético da Cana-de-açúcar**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros. Série Documentos, v. 200, 40 p., 2015. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/142119/1/Doc-200.pdf>. Acesso em: 10 abr. 2021.

MOREIRA, F. et al. **Ecologia do fogo e gestão de áreas ardidas**. Lisboa: Isa press, 2010. 323 p. v. 1. ISBN 978-972-8669-48-5.

MUGICA-ALVAREZ, V. et al. Sugarcane burning emissions: Characterization and emission factors. **Atmospheric Environment**, v. 193, p. 262-272, 2018. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/327575415\\_Sugarcane\\_burning\\_emissions\\_Characterization\\_and\\_emission\\_factors](https://www.researchgate.net/publication/327575415_Sugarcane_burning_emissions_Characterization_and_emission_factors). Acesso em: 15 set. 2020.

NISHIYAMA, L. Geologia do Município de Uberlândia e áreas adjacentes. **Sociedade & Natureza**, v.01, n.1, p. 9-15, 1989.

RAMOS, D. et al. Impacto da queima da cana-de-açúcar sobre internações hospitalares por doenças respiratórias. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 24, n. 11, p. 4133-4140, 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/csc/v24n11/1413-8123-csc-24-11-4133.pdf>. Acesso em: 14 ago. 2021.

RIBEIRO, H. Queimadas de cana-de-açúcar no Brasil: efeitos à saúde respiratória. **Revista De Saúde Pública**, v. 42, n. 2, p. 370–376, 2008.

RODRIGUES, G. S. S. C.; ROSS, J. L. S. **A trajetória da cana-de-açúcar no Brasil: perspectivas geográfica, histórica e ambiental**, Uberlândia: EDUFU, 2020. 272 p. *E-book*. Disponível em: [http://www.edufu.ufu.br/sites/edufu.ufu.br/files/edufu\\_a\\_trajetoria\\_da\\_cana-de-acucar\\_no\\_brasil\\_2020\\_ficha\\_corrigida.pdf](http://www.edufu.ufu.br/sites/edufu.ufu.br/files/edufu_a_trajetoria_da_cana-de-acucar_no_brasil_2020_ficha_corrigida.pdf). Acesso em: 18 set. 2022.

ROMÃO, E. L.; LOURENÇO, F.S.E.S.; Utilização da palha de cana-de-açúcar torrificada como biocombustível na geração de energia. CONGRESSO SUL-AMERICANO DE RESÍDUOS SÓLIDOS E SUSTENTABILIDADE, 2., 2019. **Anais**. Bauru, SP: Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais e de Saneamento – IBEAS, 2019. Disponível em: <https://www.ibeas.org.br/conresol/conresol2019/V-030.pdf>. Acesso em: 2 mar. 2021.

ROTHERMEL, R. C. A mathematical model for predicting fire spread in wildland fuels. **Research Paper INT-115**. Ogden, UT: U.S. Department of Agriculture Intermountain Forest and Range Experiment Station, 40 p., 1972. Disponível em: <https://www.fs.usda.gov/treearch/pubs/32533>. Acesso em: 11 set.2020.

SCHROEDER, M. J.; BUCK, C. C. **Fire weather**: a guide for application of meteorological information to forest fire control operations. USDA Forest Service, Agriculture Handbook 360, 1970, 229 p.

SIAMIG - **Cana-de-açúcar**: série história plantada, safras 2005/06 a 2017/08. Destinatário: Anderson Passos. Uberaba, MG, 26 ago. 2020. 1 mensagem eletrônica.

SILVA, D. L. G., et al. Cana-de-açúcar: aspectos econômicos, sociais, ambientais, subprodutos e sustentabilidade. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 7, p. 1-17, 2021. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/14163/15000>. Acesso em: 20 set. 2021.

SILVA, J. W.; GUIMARÃES, E. C.; TAVARES, M. Variabilidade temporal da precipitação mensal e anual na estação climatológica de Uberaba-MG. **Ciência e agrotecnologia**, v. 27, n. 3, 2003. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542003000300023>. Acesso em: 23 out. 2022.

SOARES, R. V. Novas tendências no controle de incêndios florestais. **Revista Floresta**, v. 30, n. 1/2, 2000. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/floresta/article/view/2363/1975>. Acesso em: 26 ago. 2020.

SOARES, R. V. **Incêndios Florestais, controle e uso do fogo**. Curitiba: Fundação de Pesquisas Florestais, 1985, 213 p.

SOUZA, L. S. V. de; NASCIMENTO, L. F. C. Air pollutants and hospital admission due to pneumonia in children: a time series analysis. **Revista da Associação Médica Brasileira**, v. 62, n. 2, p. 151-156, 2016. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/ramb/v62n2/0104-4230-ramb-62-02-0151.pdf>. Acesso em: 25 ago. 2020.

SOUZA, Z. M.; PRADO, R. M.; PAIXÃO, A. C. S.; CESARIN, L. G. Sistemas de colheita e manejo a palhada de cana-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, n. 3, p. 271-278, 2005. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2005000300011318>. Acesso em 22 jan. 2021.

TORRES, F. T. P. et al. **Manual de Prevenção e Combate de Incêndios Florestais**. Viçosa, MG: Os Editores, 2020. 178 p. Disponível em: <https://www.cemig.com.br/wp-content/uploads/2021/03/manual-prevencao-combate-incendios-florestais.pdf>. Acesso em: 2 fev. 2022.

TORRES, J. L. R. et al. Atributos físicos, químicos do solo e biomassa em sistemas de colheita de cana-de-açúcar. **Revista de ciências agrárias - Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v. 56, n. 4, p. 311-318, 2013.

WHITE, B. L. A. **Modelagem Matemática E Avaliação Do Comportamento Do Fogo Em Liteira De Eucalipto**. 2014. 190 f. Tese (Doutorado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, SE, 2014.

WHITE, B. L. A.; RIBEIRO, A. S.; WHITE, L. A. S.; RIBEIRO, G. T. Caracterização do

material combustível superficial no Parque Nacional Serra de Itabaiana – Sergipe, Brasil. **Ciência Florestal**, v. 24, n. 3, p. 699-706, 2014.

WHITE, B. L. A.; WHITE, L. A. S.; RIBEIRO, G. T.; SOUZA, R. M. Fire behavior predicting models efficiency in Brazilian commercial eucalypt plantations. **Cerne**, v. 22, n. 4, p. 389-396, 2016.

WHITE, B. L. A.; RIBEIRO, G. T.; SOUZA, R. M. O uso do BehavePlus como ferramenta para modelagem do comportamento e efeito do fogo. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 33, n. 73, p. 73-84, 2013.

WISSMAN, M. A.; SHIKIDA, P. F. A. Impactos econômicos, ambientais e sociais da agroindústria canavieira no Brasil. **Revista Desenvolvimento, Fronteiras e Cidadania**, v. 1, n. 1, p. 134-160, 2017.