

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIAS AMBIENTAIS

LAÍS BERRO GOMES

**MODELAGEM DE DISPERSÃO ATMOSFÉRICA APLICADA
AO ESTUDO DA QUEIMADA DE PALHA DE CANA-DE-
AÇÚCAR NO MUNICÍPIO DE RIO BRILHANTE/MS: UM
ESTUDO DE CASO.**

CAMPO GRANDE – MS
ABRIL/2011

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIAS AMBIENTAIS

LAÍS GOMES BERRO

**MODELAGEM DE DISPERSÃO ATMOSFÉRICA APLICADA
AO ESTUDO DA QUEIMADA DE PALHA DE CANA-DE-
AÇÚCAR NO MUNICÍPIO DE RIO BRILHANTE/MS: UM
ESTUDO DE CASO.**

Dissertação apresentada para a obtenção do grau de
Mestre do Programa de Pós-Graduação em Tecnologias
Ambientais da Universidade Federal de Mato Grosso do
Sul.

ORIENTADOR: Prof. Dr. Júlio César Gonçalves.

Aprovada em: 1º de abril de 2011

Banca examinadora:

Prof. Dr. Julio Cesar Gonçalves
Orientador – UFMS

Prof. Dr. Emanuel Fernando Reis de Jesus
UFBA

Prof. Dr. Widinei Alves Fernandes
UFMS

CAMPO GRANDE – MS
ABRIL/2011

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, Carlos Berro e Eloisa Castro Berro, pelo contínuo estímulo ao mestrado, em especial à minha mãe pelas tentativas de adiantar a defesa desta dissertação. Ao meu esposo André Gomes, pela paciência, e ao meu filho Otávio, que sempre será incentivado, em primeiro lugar, ao estudo.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por sempre se mostrar estar ao meu lado nos momentos mais difíceis, em que as horas de dificuldades foram contornadas com paciência e perseverança, permitindo que todos os meus sonhos se tornassem realidade.

Ao nosso orientador, Prof. Júlio César Gonçalves, pelo incentivo, simpatia e discussões sobre o andamento desta dissertação.

Particularmente, ao amigo Silvio de Oliveira, pelas trocas de informações, pelo auxílio no modelo de dispersão, por não poupar esforços para que esta dissertação um dia fosse realidade, sendo que sem o seu apoio, com certeza, este texto não teria a mesma qualidade.

À minha irmã Lívia, à minha cunhada Marcela, e Marlene, pelos dias de paciência com Otávio enquanto desenvolvia esta pesquisa.

Aos meus amigos, em especial ao Denivaldo, que acreditaram em mim, dando todo o apoio, mesmo desanimada, com um bebezinho no colo.

SUMÁRIO

DEDICATÓRIA	ii
AGRADECIMENTOS	iii
SUMÁRIO	iv
LISTA DE FIGURAS.....	vi
LISTA DE TABELAS.....	vii
LISTA DE QUADROS.....	viii
LISTA DE ABREVIATURAS.....	ix
RESUMO.....	x
ABSTRACT	xi
1 INTRODUÇÃO	12
2 OBJETIVOS	16
3 ASPECTOS METODOLÓGICOS	17
3.1 INFORMAÇÕES METODOLÓGICAS E LIMITAÇÕES	18
4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	19
4.1 POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA E SUA LEGISLAÇÃO	19
4.2 A AGROINDÚSTRIA SUCROALCOOLEIRA E A PRÁTICA DA QUEIMA DA PALHA DA CANA-DE-AÇÚCAR	24
4.3 IMPACTOS CAUSADOS PELA PRÁTICA DA QUEIMA DA PALHA DA CANA- DE-AÇÚCAR PELA INDÚSTRIA SUCROALCOOLEIRA	31
4.3.2 Impactos sobre a saúde humana	38
4.4 O SETOR SUCROALCOOLEIRO EM MS E SUA LEGISLAÇÃO DE QUEIMA DA PALHA DA CANA-DE-AÇÚCAR	45
5 ESTUDO DE CASO: QUEIMA DA PALHA DA CANA-DE-AÇÚCAR NO MUNICÍPIO DE RIO BRILHANTE/MS	53
5.1 MUNICÍPIO DE RIO BRILHANTE	53
5.2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA ESCOLHIDA	55
5.3 DISPERSÃO DE POLUENTES ATMOSFÉRICOS E O MODELO FONTE ÁREA DO AERMOD	57
5.5 ÁREA DE DOMÍNIO DAS CONCENTRAÇÕES E A GRADE TOPOGRÁFICA. 65	
5.6 PADRÃO DE QUALIDADE DO AR.....	68

5.7 EMISSÕES ATMOSFÉRICAS DE PARTÍCULAS TOTAIS EM SUSPENSÃO	
PTS.....	68
5.7.1 Cálculo da emissão de PTS.....	69
6 RESULTADOS E DISCUSSÕES	71
7 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	76
8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	79
ANEXO.....	74

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 4.1 - Queimada da palha de cana-de-açúcar em Dourados/MS.....	27
FIGURA 4.2 - Colheita mecanizada sem queima.....	29
FIGURA 4.3 - Indicação da incidência das complicações decorrentes da inalação dos poluentes do ar.....	39
FIGURA 5.1 - Mapa de MS com a localização do município de Rio Brilhante.....	53
FIGURA 5.2 - Local selecionado para o do estudo em Rio Brilhante/MS.....	56
FIGURA 5.3 - Talhão de cana-de-açúcar escolhido para a realização da modelagem atmosférica.....	57
FIGURA 5.4 - Rosa dos ventos anual de 2009 na região de Rio Brilhante. Fonte: INMET....	62
FIGURA 5.5 - Grade da área de domínio no município de Rio Brilhante para modelagem de dispersão.....	66
FIGURA 5.6 - Grade topográfica sobre o município de Rio Brilhante.....	67
FIGURA 6.1 - Mapa das isoconcentrações de PTS, médias de 24 horas.....	72
FIGURA 6.2 - Localização do ponto de máxima concentração de PTS, média de 24 horas...	73
FIGURA 6.3 - Mapa das isoconcentrações de PTS, médias anuais.....	74
FIGURA 6.4 - Localização do ponto de máxima concentração de PTS, médias anual.....	75

LISTA DE TABELAS

TABELA 4.1 – Composição natural do ar atmosférico presente na troposfera.....	20
TABELA 4.2 – Padrões nacionais de qualidade do ar.....	23
TABELA 4.3 – Critérios para episódios agudos de poluição do ar.....	23
TABELA 4.4 - Contribuição dos gases de efeito estufa na atmosfera.....	34
TABELA 4.5 - Emissões durante a queima de cana-de-açúcar para a colheita.....	35
TABELA 4.6 – Área plantada e produção do setor sucroalcooleiro.....	47
TABELA 4.7 – Evolução da Produção de Cana-de-açúcar, Açúcar e Alcool em Mato Grosso do Sul.....	50
TABELA 5.1 – Produção anual de cana-de-açúcar no município de Rio Brilhante /MS.....	54
TABELA 5.2 – Total das colheitas cruas e mecanizadas autorizadas pela Prefeitura de Rio Brilhante/MS para a safra de 2010/2011.....	55
TABELA 5.3 – Distribuição de frequência da direção e velocidade do vento da Estação Meteorológica de Rio Brilhante, ano 2009, do INMET.....	61
TABELA 5.4 - Padrões de qualidade do ar para Partículas Totais em Suspensão.....	68
TABELA 5.5 – Pontos coordenados que formam o retângulo da área de estudo.....	69
TABELA 5.6– Parâmetros de entrada no modelo de dispersão.....	70
TABELA 6.1 – Resultados da modelagem para obtenção das concentrações de PTS, média de 24h e anuais.....	71

LISTA DE QUADROS

QUADRO 4.1 – Classificação das substâncias poluentes.....	21
QUADRO 4.2 – Ações dos poluentes no organismo humano.....	39
QUADRO 4.3 - Qualidade do ar e efeitos na saúde humana.....	41
QUADRO 4.4– Relação de Usinas Sucroalcooleiras em MS – ano 2010.....	48
QUADRO 5.1 – Resumo do conjunto de dados micrometeorológicos que compõem os arquivos *.SFC e o *.PFL.....	60

LISTA DE ABREVIATURAS

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change

EMPRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

INPE – Instituto nacional de pesquisas espaciais

CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente

AERMOD – MAS/EPA Regulatory Model

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IBAMA – Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis

CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental

ÚNICA – União das Agroindústrias Canavieiras

IEA – Instituto de Economia Agrícola

USEPA ou EPA – U.S. Environmental Protection Agency

CTC – Centro de Tecnologia Canavieira

CDI-MS – Conselho de Desenvolvimento Industrial de MS

SEMAC – Secretaria de Estado de Meio Ambiente, do Planejamento, da Ciência e Tecnologia

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia

RESUMO

Gomes, L. B. (2011). Modelagem de dispersão atmosférica aplicada ao estudo da queimada de palha de cana-de-açúcar no município de Rio Brilhante/MS: um estudo de caso. Campo Grande, 2011. 85 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Brasil.

A poluição atmosférica tem sido um dos principais temas de interesse no meio científico, haja vista sua implicação na qualidade da saúde humana, dos ecossistemas e dos bens construídos, identificando-se com uma dimensão fundamental na busca do desenvolvimento sustentável. O rápido crescimento do setor sucroalcooleiro nos últimos anos, devido ao incentivo à produção de etanol, é responsável pelo aumento das queimadas de cana-de-açúcar para eliminação da palha e suas consequências sobre o meio ambiente e a saúde de trabalhadores das usinas e da comunidade em geral. Entre os diversos poluentes atmosféricos, o material particulado (MP), partícula total em suspensão (PTS), foi o escolhido para ser abordado neste trabalho, em função das altas taxas de emissões dessas partículas na queima da palha da cana-de-açúcar, e dos danos que essas podem causar à ao meio ambiente. A principal ferramenta deste trabalho é um modelo matemático de dispersão atmosférica, intitulado Fonte Área do Programa AERMOD (*AMS/EPA Regulatory Model*), que consiste em representar por meio de equações escritas em um programa computacional os processos físicos e químicos que ocorrem na atmosfera, aplicado em uma área de domínio no município de Rio Brilhante/MS, com a finalidade de avaliar o comportamento da fonte de emissão (Partículas Totais em Suspensão) de uma área que realiza a queima da palha da cana-de-açúcar antes da colheita. O resultado do estudo de dispersão atmosférica em uma grade de área com extensão de 900 km² demonstrou que houve impactos negativos altamente significativos nos limites da área de domínio da pluma de fumaça da queimada de cana. De acordo com os limites definidos na Resolução CONAMA nº 3, de 28 de junho de 1990, a máxima concentração diária ultrapassa em 4,6 vezes o padrão de PTS de 240 µg/m³, média de 24h; como também ultrapassa em 2,2 vezes o padrão anual de 80 µg/m³.

Palavras-chave: poluição atmosférica; palha da cana-de-açúcar; estudo dispersão atmosférica.

ABSTRACT

Gomes, L. B. (2011). Modelagem de dispersão atmosférica aplicada ao estudo da queimada de palha de cana-de-açúcar no município de Rio Brillhante/MS: um estudo de caso. Campo Grande, 2011. 85 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Brasil.

Air pollution has been a major topic of interest in science, given its implication on the quality of human health, ecosystems and built assets, identifying with a fundamental dimension in the pursuit of sustainable development. The rapid growth of ethanol producers in recent years due to the incentive to its production is responsible for an increase in the burning of sugar cane for straw elimination and the consequences on the environment and health of plant workers and community in general. Among the various air pollutants particulate matter-PM (total suspended particle - PTS), was chosen to be addressed in this work due to the high emission rates of these particles in burning the sugar cane, and damage these can cause health and community. The main tool of this paper is a mathematical model of atmospheric dispersion Area Source Program AERMOD (AMS / EPA Regulatory Model), which consists of representing equations through a computer program written in the physical and chemical processes occurring in the atmosphere, applied to a domain area in Rio Brillhante/MS, aiming to evaluate the behavior of the emission source (total suspended particles) from an area that conducts burning sugar cane straw prior to harvesting. The result of the study of atmospheric dispersion within a grid of an area of 900 km² area, showed highly significant negative impacts within the limits of the domain area of the plume of smoke from burning cane. In accordance with the limits defined in CONAMA Resolution n°. 03, June 28, 1990, the maximum daily concentration exceeds 4.6 times the standard PTS 240 µg/m³, 24-hour average, and also exceeds 2.2 times the annual standard of 80 µg/m³.

.

key words: air pollution; straw cane sugar; study of atmospheric dispersion

1 INTRODUÇÃO

Muitas atividades desenvolvidas na superfície da Terra resultam em alterações na composição do ar, tornando-o nocivo ao homem e a outras formas de vida, causando danos ao meio ambiente. Essas substâncias que alteram a composição do ar são denominadas poluentes atmosféricos (MOTTA, 2006, p. 196).

De maneira geral, as pessoas associam a poluição exclusivamente aos centros urbanos, entendendo que esses poluentes são emitidos por veículos em suas ruas ou pelas chaminés de suas fábricas. Entretanto, uma parte significativa da população do planeta convive com outra fonte de poluição que atinge principalmente os países em desenvolvimento: a queima de biomassa.

Toda atividade agroindustrial gera algum tipo de poluição ambiental. O uso do fogo e a consequente poluição do ar contribuem para o aumento dos impactos negativos sobre o meio ambiente. Esses efeitos variam de acordo com as condições climáticas de cada local, podendo ultrapassar muitas vezes as fronteiras dos países, constituindo um motivo de preocupação mundial.

Nos países em desenvolvimento, esse quadro de poluição ambiental é mais crítico do que em países desenvolvidos, pois o intenso processo de industrialização e urbanização, aliado a uma legislação ambiental sem eficácia ou inexistente, contribui significativamente para o agravamento da poluição do ar.

A cana-de-açúcar, matéria prima para a fabricação do etanol, tem como tradição, em seu cultivo, uma das práticas mais antigas na agricultura, a denominada queima da palha da cana-de-açúcar. Muitos são os motivos que ainda levam ao uso constante dessa prática, embora outro tanto de motivos existam para que ela seja eliminada.

O acelerado crescimento do setor sucroalcooleiro nos últimos anos, em razão do incentivo à produção de etanol, é responsável pelo aumento das queimadas de cana-de-açúcar para eliminação da palha, bem como, pelo aumento de suas consequências sobre o meio ambiente e à saúde de trabalhadores das usinas e da comunidade local.

Dados mostram que oitenta por cento da combustão de biomassas ocorrem nas latitudes intertropicais. Essa combustão constitui a maior fonte de produção de gases tóxicos, material particulado e gases do efeito estufa no planeta, influenciando a química e a física da atmosfera, mudando significativamente o *ph* da água da chuva, e afetando o balanço térmico

da atmosfera pela interferência na quantidade de radiação solar refletida no espaço (ARBEX *et al.*, 2004).

Estimativas realizadas por pesquisadores da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) mostram que o aumento da área colhida de cana-de-açúcar e da produtividade entre 1990 e 1996 foi responsável por um acréscimo de dezessete por cento na produção canavieira; em contrapartida, os índices de emissões de gases de efeito estufa, nesse mesmo período, aumentaram em torno de dez por cento. (MAGDA A. *et al*, 1997, p. 22).

A queima da cana-de-açúcar ocorre porque a queimada proporciona maior segurança dos trabalhadores contra ataques de animais peçonhentos, bem como, um ritmo mais rápido de trabalho, já que após a queima a cana-de-açúcar fica livre do excesso de palha e de ervas daninhas (MARINHO *et al.*, 1991).

Segundo Szmrecsányi (1994, p. 73-74), a queima anual dos canaviais, às vésperas da colheita, provoca a destruição e a degradação de ecossistemas, tanto nas lavouras como nas proximidades, além de causar a liberação de poluentes altamente prejudicial à saúde, afetando todo o entorno da região canavieira.

O Autor, nesse mesmo trabalho, analisando dados do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), concluiu que o volume de gás ozônio lançado na atmosfera durante o período de queimada chega a duplicar, atingindo padrões inadequados de concentração.

De acordo com Menezes (2006, p. 2), os poluentes, quando lançados na atmosfera, são submetidos aos efeitos de dispersão, transporte e turbulência atmosférica e aos processos de reatividade química, seja por meio da reação com outros poluentes ou com a umidade ambiente, sedimentação ou deposição. As condições climáticas são as principais responsáveis pela dispersão dos poluentes. Os parâmetros meteorológicos (direção e velocidade de vento, temperatura média, umidade relativa, pressão atmosférica e a radiação solar global) atuam simultaneamente no sentido de transportar e dispersar os níveis de poluição de uma determinada região para outra.

Dessa maneira, faz-se necessário definir estratégias que possibilitem, aos níveis urbanos, regionais e globais, reduzir os efeitos negativos da poluição atmosférica na saúde humana, no equilíbrio dos ecossistemas e consequentemente minimizar problemas como a destruição da camada de ozônio e o efeito estufa. O conhecimento dos mecanismos de dispersão e do transporte de poluentes atmosféricos é fundamental para o gerenciamento e, consequentemente, a proteção da qualidade do ar. Para atender às demandas sobre a qualidade do ar foram desenvolvidos, nas últimas décadas, estudos sobre o transporte e a dispersão de poluentes na atmosfera (MORAES, 2004, p. 1).

Dependendo do tamanho do complexo gerador da poluição do ar, é necessário projetar uma rede de monitoramento da qualidade do ar para que haja uma boa representatividade da distribuição espacial da medição dos poluentes na área de influência das fontes de emissões. Essa projeção é feita por meio da utilização de modelos matemáticos de dispersão atmosférica, por ser uma ferramenta prática, que reproduz com certo grau de confiabilidade resultados muito próximos da realidade física. Por meio dos resultados de um determinado modelo, se estimará o dimensionamento de uma rede de qualidade do ar, assim como, a instalação de novos empreendimentos industriais. Quanto mais refinado for o modelo, mais exatos serão seus resultados (STERN *et al.*, 1984).

A modelagem pode ser compreendida como uma representação simples da realidade. Os modelos surgiram a partir da necessidade de compreender como a natureza e seus componentes se relacionam.

Os trabalhos encontrados na literatura, nacional e internacional, para validação de modelos matemáticos, são específicos para a área em que foram desenvolvidos, em função das características micrometeorológicas locais. Daí a necessidade de se adequar os modelos matemáticos para a região em estudo.

Entre os diversos poluentes atmosféricos, o material particulado (MP), partícula total em suspensão (PTS), foi o escolhido para ser abordado neste trabalho em razão das altas taxas de emissões dessas partículas na queima da palha da cana-de-açúcar, e dos danos que esses podem causar ao meio ambiente e à saúde dos trabalhadores e da comunidade local.

O Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), por meio da Resolução nº 3/1990, definiu como padrão primário de qualidade do ar, para a PTS, os seguintes valores: 80 μgm^3 de concentração média anual máxima e 240 μgm^3 para 24 horas. O valor anual não pode ser excedido mais que uma vez ao ano.

A preocupação com os impactos relacionados diretamente com a prática da queima da palha da cana-de-açúcar no setor agrícola sucroalcooleiro no Estado de Mato Grosso do Sul é um dos motivos da realização deste trabalho, uma vez que essa atividade causa uma série de impactos ambientais.

Instalada no município de Rio Brillhante/MS, a usina “W” foi escolhida visto que foram repassados pela gerência os dados para processar as dezoito mil toneladas de cana-de-açúcar diárias, referentes ao processo industrial. A denominação “W” foi uma forma de caracterizar a usina, já que a gerência da indústria solicitou que não fossem citados nomes na presente pesquisa.

O trabalho está apresentado em sete itens.

O primeiro item refere-se à introdução e o segundo detalha os objetivos do estudo. Já o terceiro caracteriza a metodologia utilizada.

A revisão bibliográfica, no item quatro, apresenta a problemática da poluição atmosférica gerada pela indústria sucroalcooleira na prática da queima da palha da cana-de-açúcar, bem como, suas implicações sobre a atmosfera e sobre a saúde humana. Apresenta, ainda, o setor sucroalcooleiro em Mato Grosso do Sul.

O item cinco evidencia os aspectos metodológicos do trabalho, a escolha do modelo de dispersão atmosférica utilizado, as bases e a fundamentação física desse modelo. Detalha também os dados meteorológicos, bem como, os parâmetros básicos para estimativa das concentrações de emissão de PTS em uma área de queima de palha da cana-de-açúcar no município de Rio Brilhante.

Os resultados e discussões sobre as taxas de emissão da área queimada de cana-de-açúcar são apresentados no item seis e, finalmente, no item sete são apresentadas as conclusões e recomendações.

No item oito, encontram-se as referências bibliográficas utilizadas para a realização deste trabalho.

2 OBJETIVOS

O objetivo do presente trabalho é realizar a modelagem matemática de dispersão atmosférica Fonte Área do Programa *AMS/EPA Regulatory Model* (AERMOD) aplicado em uma área localizada no município de Rio Brilhante/MS, com a finalidade de avaliar os impactos atmosféricos a partir das emissões de PTS de uma área que realiza a queima da palha da cana-de-açúcar antes da colheita.

Objetivos específicos

O desenvolvimento do trabalho considerou os seguintes objetivos específicos:

- Analisar os impactos ambientais na baixa atmosfera e na saúde humana ocasionados pela atividade agrícola da queima da palha da cana-de-açúcar, utilizada como método facilitador da colheita.
- Levantamento do setor sucroalcooleiro em Mato Grosso do Sul, principalmente no município de Rio Brilhante/MS, atual líder no ranking estadual de produção de cana-de-açúcar e vice-líder brasileiro.
- Realizar um estudo de caso a partir da modelagem de dispersão atmosférica AERMOD de emissões de partículas totais em suspensão sobre uma área de queimada de palha da cana-de-açúcar no município de Rio Brilhante-MS.

3 ASPECTOS METODOLÓGICOS

A pesquisa aplicada neste trabalho, conforme Silva (2001), tem como natureza uma pesquisa aplicada, pois objetiva gerar conhecimentos para aplicação prática dirigidos à solução de problemas específicos. Envolve verdades e interesses locais.

Do ponto de vista da forma de abordagem, esta pesquisa é quantitativa, pois considera que tudo pode ser quantificável, o que significa traduzir em números opiniões e informações para, então, classificá-las e analisá-las. Mas é também qualitativa, visto que considera haver uma relação dinâmica entre o mundo real e o sujeito, isto é, um vínculo indissociável entre o mundo objetivo e a subjetividade do sujeito, já que esse não pode ser traduzido em números.

Do ponto de vista de seus objetivos, esta pesquisa é exploratória, descritiva e explicativa. A pesquisa exploratória visa proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo explícito ou a construir hipóteses. Envolve levantamento bibliográfico e análise de exemplos que estimulem a compreensão. A pesquisa descritiva visa descrever as características de determinada população ou fenômeno ou o estabelecimento de relações entre variáveis. Já a pesquisa explicativa visa identificar os fatores que determinam ou contribuem para a ocorrência dos fenômenos e aprofunda o conhecimento da realidade, pois explica a razão, o “porquê” das coisas. Quando realizada nas ciências naturais, requer o uso do método experimental, e nas ciências sociais, o uso do método observacional (GIL, 1991, citado por SILVA, 2001).

Já do ponto de vista dos procedimentos técnicos, a pesquisa foi classificada como: Bibliográfica, quando elaborada a partir de material já publicado, constituído principalmente de livros, artigos, de periódicos e, atualmente, com material disponibilizado na Internet; Documental, quando elaborada a partir de materiais que não receberam tratamento analítico; Experimental, quando se determina um objeto de estudo, seleciona-se as variáveis que seriam capazes de influenciá-lo, define-se as formas de controle e de observação dos efeitos que a variável produz no objeto; e estudo de caso, quando envolve o estudo profundo e exaustivo de um ou poucos objetos de maneira que se permita o seu amplo e detalhado conhecimento.

3.1 INFORMAÇÕES METODOLÓGICAS E LIMITAÇÕES

O presente estudo de caso permitiu a modelagem de dispersão atmosférica a partir das emissões de partículas totais em suspensão sobre uma área de queimada de palha da cana-de-açúcar no município de Rio Brilhante-MS.

O município de Rio Brilhante está localizado no Sudoeste de Mato Grosso do Sul. Trata-se de uma região agropecuária e sucroalcooleira, pertencente à microrregião da Grande Dourados, à distância de 161 km da capital, Campo Grande. Possui uma população estimada em 30.647 habitantes e uma área de 3.987 km² (IBGE, 2009).¹

A escolha de Rio Brilhante/MS se deve ao fato de o município liderar o ranking estadual de produção de cana-de-açúcar e por possuir uma estação automática medidora de meteorologia. Sem essas informações meteorológicas locais seria impossível realizar a modelagem de dispersão. O trabalho utilizou dados meteorológicos (direção e velocidade de vento, temperatura média, umidade relativa, pressão atmosférica e a radiação solar global) referentes ao ano de 2009.

Como já citado, a usina “W” foi escolhida porque foram repassados pela gerência os dados para processar as dezoito mil toneladas de cana-de-açúcar diárias, referentes ao processo industrial.

A opção escolhida para identificar uma área de queimada de cana-de-açúcar foi aleatória, em ocasião de pesquisa por imagens do programa “google earth” de uma área plantada de cana-de-açúcar próxima a uma usina instalada em Rio Brilhante, onde possivelmente é, ou foi, uma fonte área emissora de PTS. Essa foi a alternativa encontrada, já que nenhuma usina de fabricação de álcool e açúcar, localizada em Rio Brilhante/MS, tanto menos a Prefeitura, não disponibilizaram as informação de áreas onde ocorrem a queima da palha da cana-de-açúcar para colheita.

Os dados obtidos (tamanho da área, coordenadas, topografia e meteorologia) foram inseridos no programa de dispersão AERMOD View, software de dispersão gaussiana de poluentes atmosféricos, desenvolvido para múltiplas fontes com emissões constantes de poluentes.

Informações sobre o programa de dispersão utilizado estão no item cinco deste trabalho.

¹ Em: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>. Acesso em 09 e dezembro 2010

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA E SUA LEGISLAÇÃO

Poluente atmosférico é qualquer substância na atmosfera cuja concentração possa vir a prejudicar o homem, outros animais, a vegetação e materiais. Os poluentes incluem quase todas as composições naturais ou artificiais de matéria em suspensão atmosférica passível de ser aerotransportada. Apresentam-se na forma de partículas sólidas, líquidas e/ou heterogêneas, gases, ou em combinações daí resultantes. Geralmente, dividem-se em dois grupos: (1) os que são emitidos diretamente por fontes identificáveis e (2) os que são produzidos na atmosfera pelas interações entre dois ou mais poluentes primários, ou por reação com constituintes atmosféricos normais, com ou sem fotoativação. Pesquisadores norte-americanos identificaram cerca de cem contaminantes atmosféricos, que se dividem nas seguintes categorias: sólidos, compostos sulfúricos, químicos orgânicos voláteis, compostos nitrogenados, compostos oxigenados, compostos halogenados, compostos radioativos e odores (Environmental Protection Agency dos Estados Unidos (EPA), 1994).

O Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, por meio da Resolução nº 3, de 28 de junho de 1990, define padrões de qualidade do ar e poluente atmosférico:

Art. 1º- São padrões de qualidade do ar as concentrações de poluentes atmosféricos que, ultrapassadas, poderão afetar a saúde, a segurança e o bem-estar da população, bem como ocasionar danos à flora e à fauna, aos materiais e ao meio ambiente em geral.

Parágrafo Único - Entende-se como poluente atmosférico qualquer forma de matéria ou energia com intensidade e em quantidade, concentração, tempo ou características em desacordo com os níveis estabelecidos, e que tornem ou possam tornar o ar:

I - impróprio, nocivo ou ofensivo à saúde;

II - inconveniente ao bem-estar público;

III - danoso aos materiais, à fauna e flora;

IV - prejudicial à segurança ao uso e gozo da propriedade e às atividades normais da comunidade.

O ar atmosférico é o envoltório gasoso da Terra, presente na troposfera, e constituído principalmente de nitrogênio e oxigênio. Retirando-se do ar o anidrido carbônico e a água nele contida, 78,11% do volume restante cabem ao nitrogênio, 20,95% ao oxigênio, e 0,934% ao argônio.

Conforme Pino *et al.* (1996), tem-se que a composição do ar atmosférico presente na troposfera, ilustrado na TABELA 4.1, é basicamente composto por oxigênio (21%),

nitrogênio (78%), gás carbônico (0,03%) e mais seis gases (0,97%) – argônio, criptônio, hélio, neônio, radônio e xenônio.

TABELA 4.1 – Composição natural do ar atmosférico presente na troposfera.

PPM por volume*		%	Ppm por volume*		%
N2	780900	78,09	CO	0,1	0,0001
O2	209000	20,01	O3	0,02	0,000001
Ar	9300	0,90	NOx	0,002	0,0000001
H2O	0 à 7000	--	NE	18	0,02
CO2	320	0,30	CH4	1,5	0,001

*litros de mistura presentes em 10 milhões de litros de ar.

Fonte: Pino *et al.* (1996).

Conforme Mota (2006, p.196-197), os poluentes atmosféricos são classificados em dois tipos: primários e secundários.

Os poluentes primários são aqueles emitidos diretamente das fontes para a atmosfera, sendo os principais: material particulado (fumos, poeiras, névoas); monóxido de carbono (CO); dióxido de carbono (CO₂); óxidos de nitrogênio (NO_x e NO₂); compostos de enxofre (SO₂ e H₂S); hidrocarbonetos e clorofluorcarbonos. Já os secundários são aqueles formados na atmosfera, por meio de reações químicas, a partir de poluentes primários. Entre esses, destacam-se os oxidantes fotoquímicos, resultantes da reação entre os hidrocarbonetos e os óxidos de nitrogênio, na presença da luz solar. O ozônio (O₃) é o oxidante fotoquímico que provoca mais danos ao meio ambiente (GOLDEMBERG, 1989, citado por MOTA, 2006, p.104).

As substâncias poluentes podem ser classificadas conforme ilustradas no QUADRO 4.1.

QUADRO 4.1 – Classificação das substâncias poluentes.

Compostos de Enxofre	Compostos de Nitrogênio	Compostos Orgânicos	Monóxido de Carbono	Compostos Halogenados	Material Particulado	Ozônio
SO2	NO	hidrocarbonetos	CO	HCl	Mistura de compostos no estado sólido ou líquido	O3
SO3	NO2	álcoois		HF		formaldeído
Compostos de enxofre reduzido: (Mercaptanas, Dissulfeto de carbono, etc.)	NH3	aldeídos		cloretos		acroleína
	HNO3	cetonas				
	Nitratos	ácidos orgânicos		PAN, etc.		

Fonte: CETESB (2010) ²

A Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB)², informa que sob a denominação geral de material particulado encontra-se um conjunto de poluentes constituídos de poeiras, fumaças e todo tipo de material sólido e líquido que se mantém suspenso na atmosfera por causa de seu pequeno tamanho, como as Partículas Totais em Suspensão (PTS), Partículas Inaláveis (MP₁₀) e Fumaça (FMC). O material particulado pode também se formar na atmosfera a partir de gases como dióxido de enxofre (SO₂), óxidos de nitrogênio (NO_x) e compostos orgânicos voláteis (COVs), que são emitidos principalmente em atividades de combustão, transformando-se em partículas como resultado de reações químicas no ar

Ainda conforme site da CETESB, o tamanho das partículas está diretamente associado ao seu potencial para causar problemas à saúde, sendo que quanto menores maiores os efeitos provocados. O particulado pode também reduzir a visibilidade na atmosfera. O material particulado pode ser classificado como:

▪ **Partículas Totais em Suspensão (PTS)**

Podem ser definidas de maneira simplificada como aquelas cujo diâmetro aerodinâmico é menor que cinquenta µm.

² Em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/ar/Informa??es-B?sicas/21-Poluentes>. Acesso em: 10 de janeiro 2011.

- **Partículas Inaláveis (MP₁₀)**

Podem ser definidas de maneira simplificada como aquelas cujo diâmetro aerodinâmico é menor que dez µm. Essas partículas inaláveis podem ainda ser classificadas como partículas inaláveis finas – MP_{2,5} (<2,5µm) e partículas inaláveis grossas (2,5 a 10µm).

- **Fumaça (FMC)**

Está associada ao material particulado suspenso na atmosfera proveniente dos processos de combustão. O método de determinação da fumaça é baseado na medida de refletância da luz que incide na poeira (coletada em um filtro), o que confere a esse parâmetro a característica de estar diretamente relacionado ao teor de fuligem na atmosfera.

No Brasil, o CONAMA, por meio da Resolução nº 3, de 28/06/90, estabeleceu as normas nacionais de qualidade do ar (TABELA 4.2). Essa Resolução prevê normas relativas aos padrões primários e secundários. Os padrões primários podem ser entendidos como níveis máximos toleráveis de contaminantes atmosféricos que, superados, podem afetar a saúde da população. Os padrões secundários constituem os níveis desejados de concentração dos contaminantes, sendo, portanto, as concentrações de poluentes abaixo das quais se prevê o mínimo efeito adverso sobre o bem-estar da população, assim como o mínimo dano à fauna, à flora, aos materiais e ao meio ambiente em geral.

Os padrões primários contêm uma margem de segurança adequada para proteger crianças, idosos e pessoas com doenças respiratórias. Já os padrões secundários não consideram diretamente a saúde humana, mas levam em conta os danos à fauna e flora, aos materiais e edifícios, bem como as mudanças climáticas, problemas de visibilidade e conforto pessoal (BRAGA *et al.*, 2002).

Os padrões de qualidade do ar são o objetivo a ser atingido mediante à estratégia de controle fixada pelos padrões de emissão e deverão orientar a elaboração de Planos Regionais de Controle de Poluição do Ar, esses padrões são baseados em estudos científicos dos efeitos produzidos por poluentes específicos e estabelecidos em níveis que possam propiciar uma margem de segurança adequada.

TABELA 4.2 – Padrões nacionais de qualidade do ar.

POLUENTE	TEMPO DE AMOSTRAGEM	PADRÃO PRIMÁRIO $\mu\text{g}/\text{m}^3$	PADRÃO SECUNDÁRIO $\mu\text{g}/\text{m}^3$	MÉTODO DE MEDIÇÃO
Partículas Totais em Suspensão	24 horas (1) MGA (2)	240 80	150 60	Amostrador de grandes volumes
Dióxido de Enxofre	24 horas MAA (3)	365 80	100 40	Pararosanilina
Monóxido de Carbono	1 hora (1) 8 horas	40.000 (35 ppm) 10.000 (9 ppm)	40.000 (35 ppm) 10.000 (9 ppm)	Infravermelho não dispersivo
Ozônio	1 hora (1)	160	160	Quemiluminescencia
Fumaça	24 horas (1) MAA (3)	150 60	100 40	Refletância
Partículas Inaláveis	24 horas (1) MAA (3)	150 50	150 50	Separação Inercial/Filtração
Dióxido de Nitrogênio	1 hora (1) MAA (3)	320 100	190 100	Quemiluminescencia

(1) Não deve ser excedido mais que uma vez ao ano.

(2) Média geométrica anual.

(3) Média aritmética anual.

Fonte: Resolução CONAMA nº 3 (1990).

Interpretados os dados acima, pode-se considerar “ar poluído” aquela amostra que estiver com os resultados acima do nível do padrão primário.

A mesma Resolução do CONAMA estabelece também os níveis de qualidade do ar para elaboração do Plano de Emergência para Episódios Críticos de Poluição do Ar, visando providências dos governos de Estado e dos Municípios, conforme demonstrado na TABELA 4.3, assim como de entidades privadas e comunidade geral, com objetivo de prevenir grave e iminente risco à saúde da população.

TABELA 4.3 – Critérios para episódios agudos de poluição do ar.

PARÂMETROS	NÍVEIS		
	ATENÇÃO	ALERTA	EMERGÊNCIA
Dióxido de Enxofre ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) - 24 h	800	1.600	2.100
Partículas Totais em Suspensão (PTS) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) -24h	375	625	875
SO ₂ x PTS ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)($\mu\text{g}/\text{m}^3$) - 24 h	65.000	261.000	393.000
Monóxido de Carbono (ppm) – 8 h	15	30	40
Ozônio ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) - 1 h	400	800	1.000
Partículas Inaláveis ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) - 24 h	250	420	500
Fumaça ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) - 24 h	250	420	500
Dióxido de Nitrogênio ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) – 1 h	1.130	2.260	3.000

Fonte: Resolução CONAMA nº 03 (1990).

As condições meteorológicas, pode melhorar ou piorar a qualidade do ar, já que muitos parâmetros meteorológicos, como o vento, são inversamente proporcionais a diluição de poluentes. Por essa ocasião que a qualidade do ar piora no inverno, quando as condições meteorológicas são mais desfavoráveis à dispersão dos poluentes.

Geralmente os indivíduos com uma boa saúde não percebem os efeitos causados pela poluição do ar, exceto quando a poluição do ar é muito alta. Entretanto, existem determinados grupos de pessoas que são sensíveis mesmo a níveis baixos de poluição do ar como, por exemplo, os asmáticos e outros que possuem doenças pulmonares, além de idosos e crianças, normalmente mais sensíveis (DEFRA, 2005).

A ação dos poluentes (gases e partículas) no sistema respiratório depende da intensidade que eles atingem no pulmão, que, no caso da partícula é influenciada pelo seu diâmetro aerodinâmico e para os gases, o principal fator é a solubilidade das moléculas nas diferentes regiões do sistema respiratório e cardiovasculares.

Conforme Chiarelli (2009), observa-se que vários estudos vêm demonstrando uma forte associação entre a inalação de material particulado e a manifestação de doenças cardiovasculares. A exemplo disso, tem-se os estudos de Ibal-Mulli e col. (2004); Klot e col. (2005); Nemmar e col. (2005); Martins e col. (2006); Rückerl e col. (2007); Miller e col. (2007); Chen e col. (2007). Estudos esses que utilizam diferentes fontes e métodos e concluem basicamente que há associação entre inalação do PM10 e internações hospitalares, e mesmo a morte, por doenças cardiovasculares.

Outros pesquisadores, como Koken e Col. citados por Chiarelli (2009), também observaram a ligação entre exposição por curtos ou longos períodos ao CO com eventos e morte por fatores cardiovasculares. Nesse sentido, tem-se, ainda, Chen e Col. citados por Chiarelli (2009), que também depreenderam que a exposição crônica ao CO causa diversos problemas à saúde e eventos cardiovasculares em especial.

4.2 A AGROINDÚSTRIA SUCROALCOOLEIRA E A PRÁTICA DA QUEIMA DA PALHA DA CANA-DE-AÇÚCAR

O Brasil desde o final do último milênio vem registrando uma expansão do agronegócio e, nele, dos agrocombustíveis, em particular do etanol proveniente da cana-de-açúcar.

Substituir a gasolina pelo álcool etílico, para diminuir os impactos da crise do petróleo, com o Programa Brasileiro de Álcool (Pró-Álcool), criado em 1975, gerou aproximadamente dez milhões de automóveis movidos a gasolina a menos rodando no Brasil, reduzindo a dependência do país ao petróleo importado.

O Pró-Álcool foi criado por Decreto Presidencial, “visando ao atendimento das necessidades do mercado interno e externo e da política de combustíveis automotivos”.

A principal motivação para o lançamento do programa foi o forte impacto negativo na economia nacional causado pelos dois “choques do petróleo”, respectivamente, em 1973 e 1978.

O Pró-Álcool alavancou o desenvolvimento de novas regiões produtoras como o Paraná, Goiás, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul. Em menos de cinco anos, a produção de pouco mais de trezentos milhões de litros ultrapassou a cifra de onze bilhões de litros, caracterizando o maior programa de energia renovável já estabelecido em termos mundiais (SANTOS, 2009, p. 41).

A evolução crescente do setor sucroalcooleiro no país ocorre devido ao crescimento da demanda de combustíveis renováveis (etanol) e produção de alimento (açúcar). A cultura da cana-de-açúcar, em razão dos elevados valores resultantes de sua comercialização e pelo número de empregos diretos e indiretos que gera, possui grande importância na agricultura mundial, sendo umas das espécies mais cultivadas no mundo.

O setor sucroalcooleiro faz do Brasil o maior produtor mundial de cana-de-açúcar e o único país do mundo a implantar em larga escala um combustível alternativo ao petróleo. Hoje, o álcool é reconhecido mundialmente pelas suas vantagens ambientais, sociais e econômicas, e os países do primeiro mundo já estão interessados em nossa tecnologia (UNIÃO DA INDÚSTRIA DE CANA-DE-AÇÚCAR (ÚNICA), 2002).

Segundo Arbex (2001, p.60), a produção de veículos movidos exclusivamente a álcool atingiu noventa e cinco por cento da produção nacional nos anos oitenta. A consequência imediata desse fato foi o aumento significativo das áreas agrícolas utilizadas para a produção de cana-de-açúcar, substituindo culturas tradicionais como, por exemplo, café, milho, algodão, laranja, etc. A expansão da cultura de cana-de-açúcar abrangeu praticamente todo o território nacional.

Segundo informações da ÚNICA³, até a safra 2012/2013, no Estado de Mato Grosso do Sul, há a pretensão de se implantar 51 empreendimentos (usinas) sucroalcooleiros.

³ CARVALHO, H. M., *Impactos econômicos, sociais e ambientais devido à expansão da oferta de etanol*. (Em: <<http://alainet.org/active/20674&lang=es>>. Acesso em: 20 agosto 2010.

Embora os benefícios econômicos apresentados pelo setor sucroalcooleiro sejam amplos, alguns aspectos ambientais precisam ser revisados, sendo que um dos mais importantes é a prática da queimada antes do corte, que apresenta um alto potencial de impacto ambiental.

Com a crescente utilização do álcool como combustível em veículos automotores, houve uma melhora na qualidade do ar nos grandes centros urbanos. Existe, porém, um contraponto: a cana-de-açúcar é uma cultura agrícola singular, uma vez que, por razões de produtividade e de segurança, sua colheita é realizada após a queima dos canaviais, o que gera uma grande quantidade de elemento particulado negro denominado fuligem da cana-de-açúcar. Esse material particulado modifica as características do ambiente nas regiões onde a cana-de-açúcar é cultivada, colhida e industrializada (ARBEX *et al.*, 2004).

No Brasil, a colheita da cana-de-açúcar é realizada duas vezes por ano: no setor nortenordeste, é realizado de dezembro a maio, e na região Centro-Sul, de abril a novembro (MARINHO; KIRCHHOFF, 1991, citados por ARBEX, 2001, p.68).

Em Mato Grosso do Sul, a safra da cana-de-açúcar, entre os meses de abril e novembro coincide com o período de baixas precipitações pluviométricas com raros dias de chuva e período excessivamente seco, característicos de um clima tropical (inverno seco e verão úmido). Dessa forma, aumentam as chances de as queimadas terem maiores impactos negativos sobre a qualidade do ar e sobre a saúde das pessoas que vivem nas regiões canavieiras.

Existem diversas espécies de cana-de-açúcar com características distintas. Em geral, porém, e se bem tratadas, elas podem chegar a quase quatro metros de altura e ter grande volume de folhas, de 40 a 150 toneladas/hectare, enquanto a maioria das outras culturas produz de 01 a 04 toneladas/hectare, isto é, a cana-de-açúcar produz cerca de cem vezes mais matéria orgânica fibrosa do que as outras culturas. As canas-de-açúcar são plantadas com 1,5m de espaçamento, e é incrível constatar que o canavial torna-se totalmente impenetrável à medida que a cana-de-açúcar cresce tal o volume de folhas.

De acordo com Marinho e Kirchhoff (1992, p.107), citados por Arbex (2001), vê-se que quando a cana-de-açúcar amadurece sua folhagem seca, possibilitando o risco de incêndios acidentais com os trabalhadores no interior do canavial, sendo este, além disso, habitat de animais peçonhentos como cobras, aranhas, etc. As probabilidades de ferimento com o facão no corte de cana-de-açúcar não queimada são maiores, devido à dificuldade de se trabalhar com palha atrapalhando a visão. O desgaste físico do operador torna-se maior, por necessitar maior quantidade de movimentos para o corte.

Segundo Langowski (2007 p.8), tem-se que a queimada consiste em atear fogo no canavial de forma que aproximadamente trinta por cento da biomassa existente seja destruída. A biomassa destruída são as folhas secas e as folhas verdes. Não interessa para a indústria (seja açúcar ou álcool) a movimentação e manejo dessa biomassa constituída por folhas, pois ela não tem participação na produção de álcool ou açúcar na fase industrial. Portanto, considera-se matéria prima descartável.

Segundo Lora (2000), em muitos países pratica-se a queima da cana-de-açúcar antes do corte. A principal justificativa é a diminuição dos custos da colheita em até cinquenta por cento e a eliminação de roedores e outras pragas.

Ilustra-se com a FIGURA 4.1 uma queimada de palha da cana-de-açúcar em Dourados – MS.



FIGURA 4.1 Queimada da palha de cana-de-açúcar em Dourados/MS.
Fonte: www.douradosagora.com.br⁴

De acordo com o mesmo autor, a prática da queima da cana-de-açúcar, é antiga e largamente utilizada em todo o país, pois trata-se de uma técnica que permite o aumento da produtividade do trabalhador rural durante a colheita. Além disso, reduz o custo de carregamento da cana-de-açúcar de açúcar do campo até a usina, aumentando a eficiência e o rendimento das moendas durante o processo inicial de processamento na indústria.

Com a expansão das áreas de cultivo de cana-de-açúcar, em função do aumento do consumo interno de álcool, aliando ao grande desenvolvimento tecnológico da agroindústria da cana-de-açúcar, a prática da queima da palha antes da colheita tornou-se uma prática recorrente.

⁴ <http://www.douradosagora.com.br/noticias/meio-ambiente/fiscalizacao-nao-chega-as-lavouras>>. Acesso em: 11 jan. 2011.

Segundo Arbex (2001, p. 68-69), o principal objetivo da queima da palha antes da colheita é facilitar o corte, seja manual, seja mecanizado, com base nas seguintes justificativas:

- diminuição do esforço físico despendido pelo trabalhador braçal, adequando-se melhor (mas ainda não o suficiente) ao seu baixo consumo de calorias ingeridas pela alimentação insuficiente.

- aumento da capacidade diária de corte, por parte do trabalhador, saltando de 1,5-2 t/dia para 7-12 t/dia, dependendo das características agronômicas do canavial, da compleição física dos cortadores braçais, de seu treinamento, de seu conteúdo energético alimentar diário e, ainda, do tipo de ferramenta utilizada.

- redução drástica no número de acidentes ocupacionais (olhos, membros inferiores e superiores do corpo) referentes ao corte manual, com uso do facão.

- redução sensível no número de trabalhadores atacados por animais peçonhentos (cobras, escorpiões, aranhas), os quais são eliminados durante a queima.

- diminuição significativa da quantidade de matéria estranha vegetal (folhas, pontas, palhas, ervas daninhas), que acompanha os colmos cortados, carregados e transportados, com reflexos positivos na indústria.

- aumento na densidade de transporte da matéria prima, com reflexos na redução de custos da tonelada transportada/km rodado, e na quantidade de unidades de cada frota.

- diminuição do desgaste de moendas por operarem com matéria prima com menos teores de fibras, além do aumento no volume esmagado/unidade de tempo. E, mais, diminuição das perdas de sacarose na extração.

Decorridas as justificativas acima citadas, acrescenta-se que a queima da palha da cana-de-açúcar, antes da colheita, dá mais segurança ao trabalhador no corte da cana-de-açúcar e melhora a produtividade da agroindústria, evitando o acréscimo dos custos na linha de produção.

Com relação à colheita, existem duas formas em que se aplica o corte dos caules junto ao solo. A primeira é a colheita da cana-de-açúcar crua, na qual a cana é cortada por meio de máquinas, sem a realização da queima da palha. A segunda consiste na queimada do canavial para que, em seguida, a colheita seja realizada manual ou mecanicamente. A FIGURA 4.2 ilustra uma colheita de forma mecanizada.



FIGURA 4.2 - Colheita mecanizada sem queima.

Fonte: <http://www.unica.com.br>⁵

Importante salientar que a prática da colheita mecanizada não é sinônima de colheita de cana-de-açúcar crua, devido aos melhores resultados de rendimentos.

Conforme dados apresentados por Arbex (2001, p.71), os rendimentos máximos obtidos para as diversas modalidades resultaram em 12,5 t/homem-dia para a colheita manual queimada; 6,5 t/homem-dia para colheita manual não queimada; 48 t/hora-máquina para colheita queimada e mecanizada; e 40 t/hora-máquina para colheita mecânica não queimada.

As vantagens da manutenção da palha na colheita da cana-de-açúcar são citadas por Urquiaga *et al.* (1991 p.5):

- eliminação parcial, ou total, da utilização de herbicidas.
- eliminação da poluição do ar, principalmente das cidades rodadas de canaviais.
- proteção do solo contra a erosão e altas temperaturas.
- favorece a infiltração e reduz a evaporação da água no solo
- conservação de nutrientes, especialmente nitrogênio e enxofre.
- proteção de organismos controladores biológicos de pragas e doenças.
- melhoramento de algumas propriedades físico-químicas do solo.

A palha que cobre o solo após a colheita de cana-de-açúcar crua vai se degradando ao longo do ciclo das plantas. Isso controla eficientemente as ervas daninhas e favorece a infiltração da água no solo, diminuindo consequentemente o escoamento superficial e a erosão, especialmente das áreas de maior inclinação. Além disso, reduz significativamente o uso de herbicida que na cultura com queima é prática obrigatória (URQUIAGA *et al.*, 1992).

⁵ Em: <http://www.unica.com.br/multimedia/bancoImagem/default.asp?mmdCode={28B179A9-7E4D-4B82-AEA9-FF1995F91F41}>. Acesso em: 12 de janeiro 2010.

As novas legislações almejam acabar com a queimada da cana-de-açúcar nos próximos anos, pois é certo que futuramente a atividade sucroalcooleira só será viável, econômica e legalmente, se for realizada a colheita mecanizada, visto que a queima será totalmente proibida.

Devido às pressões políticas exercidas por organizações não governamentais e agências ambientais, há um movimento forte que busca acabar com a queima da cana-de-açúcar antes do corte para facilitar a colheita manual. Os prejuízos à qualidade do ar e ao sistema respiratório humano pela fumaça e fuligem emitidas no processo de queima estão bem documentados na literatura de Godoi e Arbex (2001) citados por SOARES *et al.* (2009).

Normalmente, a prática da queima da cana-de-açúcar ocorre ao entardecer por ser um horário em que a temperatura e a umidade do canavial são menores, quando ocorrem também ventos mais fracos e direção constante, que propiciam vantagens para esta prática com menor dispersão de poluentes e controle da queimada.

Em Mato Grosso do Sul, o horário para a prática da queima é regido pela Lei nº 3.357/2007, em seu Art 4º, parágrafo I, eu cita para a queima seja preferencialmente realizada no período noturno, compreendido entre o pôr do sol e o nascer do sol, evitando-se os períodos de temperatura mais elevada e respeitando-se as condições dos ventos predominantes no momento da operação, de forma a facilitar a dispersão da fumaça e minimizar eventuais incômodos à população.

Nesse sentido, a colheita mecanizada da cana-de-açúcar, conforme relata Campos (2003) representa um potencial mitigador das emissões de gases poluentes, pois o carbono que seria emitido na queima do canavial ficaria retido na palha e no solo, permitindo que a cultura que hoje ocupa no Brasil uma enorme área agrícola possa vir a contribuir para uma significativa diminuição do efeito estufa.

Na impossibilidade de queimar a cana-de-açúcar, a única forma de realizar a colheita crua é por meio de máquinas, e o resultado será um processo de desemprego, pois uma colhedora substitui de oitenta a cem trabalhadores.

[...] Portanto, a mecanização da colheita, além de gerar a diminuição, em termos quantitativos, da mão-de-obra em relação à empregada na colheita manual, porque a colheitadeira substitui, em média, o trabalho de 80 a 100 cortadores, também exige um maior nível de qualificação dos trabalhadores. Estima-se que uma parcela importante dos empregados do corte manual terá dificuldades de realocação no mercado de trabalho, dado o índice de analfabetismo entre esses trabalhadores: em 2005, dos 519 mil trabalhadores, 150 mil eram analfabetos; só no Estado de São Paulo, eram 30 mil (MORAES, 2007, citado por LINO, 2009).

Sabe-se que as queimadas tendem a ser substituídas pela colheita da cana-de-açúcar crua. Entretanto, além do aspecto ambiental, existe a preocupação com os empregos que desapareceriam com a implantação da colheita mecanizada.

Muitos destes trabalhadores estão sendo aproveitados no plantio da cana-de-açúcar e outras atividades, porém em quantidades pouco expressivas. O problema reside no baixo nível de escolaridade dos trabalhadores no corte, o que dificulta a sua realocação em outros segmentos econômicos. Ao criarem as leis relacionadas à proibição da queima da cana-de-açúcar, os legisladores não atentaram para esses problemas. Estudo do Instituto de Economia Agrícola (IEA) mostra que o avanço de um por cento ao ano da colheita mecanizada no Estado de São Paulo representa um corte de 2.700 trabalhadores (CARDOSO e SEVERO, 2008).

Gonçalves e Souza (1998), afirmam que o aprofundamento da mecanização da lavoura canavieira com a intensificação da colheita mecanizada, literalmente dispensará um enorme contingente de trabalhadores, mas também acreditam que isso reduzirá a sazonalidade do emprego, abrindo espaço para empregos mais estáveis, e fazendo emergir, em face do padrão técnico das novas máquinas, uma nova categoria de “trabalhadores rurais qualificados”, como, por exemplo, os operadores de máquinas.

4.3 IMPACTOS CAUSADOS PELA PRÁTICA DA QUEIMA DA PALHA DA CANA-DE-AÇÚCAR PELA INDÚSTRIA SUCROALCOOLEIRA

As alterações no clima que vem acontecendo no mundo são motivos de preocupações entre todos os habitantes da Terra, pois essas alterações na qualidade do ar causam impactos sobre os homens, animais, vegetais e materiais.

A agroindústria sucroalcooleira, em seu processo produtivo de fabricação do álcool e açúcar, tem seus impactos ambientais gerados na fase agrícola e na fase industrial. Segundo Langowski (2007), os impactos na fase industrial podem se relacionar: à geração de resíduos potencialmente poluidores como a vinhaça e a torta de filtro; à utilização intensiva de água para o processamento industrial da cana-de-açúcar; ao forte odor gerado na fase de fermentação e destilação do caldo para a produção do álcool.

Afirma ainda o mesmo autor, que entre os impactos na fase agrícola destacam-se: redução da biodiversidade causada pelo desmatamento e pela implantação da monocultura canavieira; contaminação das águas superficiais e do solo pela prática excessiva de adubos,

corretivos minerais e aplicação de herbicidas; compactação do solo ocorrida com o tráfego de maquinaria pesada durante o plantio, os tratos culturais e a colheita; assoreamento de corpos d'água devido à erosão do solo em áreas de renovação de lavoura; eliminação de fuligem e gases de efeito estufa na queima durante o período de colheita.

Entre todos os impactos ambientais gerados pela agroindústria da cana-de-açúcar, sem dúvida, o mais problemático e discutível tem sido a prática da queima da palha da cana-de-açúcar no canavial, gerado no setor agrícola, como método facilitador de colheita.

E entre os impactos causados por essa antiga prática, a poluição atmosférica com a emissão de produtos tóxicos para o homem são os que mais chamam atenção nessa atividade.

Cançado *et al.* (2006), mencionam que a maior parte da queima de biomassa é realizada nos países em desenvolvimento, para limpar a terra para a agricultura itinerante, para converter florestas em terras agrícolas ou pastoris e para remover a vegetação seca e melhorar produtividade. A queima de produtos agrícolas e resíduos no campo, como a cana-de-açúcar, é outro importante tipo de queima de biomassa.

A queima da palha da cana-de-açúcar em larga escala (canavial) e os processos industriais que resultam em poluentes atmosféricos contribuem, principalmente, para o efeito estufa e ocorrência da chuva ácida que, por sua vez, causa prejuízos nos solos, agriculturas, rios, lagos, árvores, florestas e construções. No que se refere à saúde humana, a poluição atmosférica afeta o sistema respiratório, podendo agravar ou mesmo provocar diversas doenças crônicas, tais como a asma, bronquite crônica, infecções nos pulmões, enfisema pulmonar, outras doenças do aparelho respiratório e doenças do coração (ALMEIDA, 1998).

O lançamento de partículas e gases no processo da queima da palha da cana-de-açúcar atinge quilômetros de distância, levando a fuligem para as casas, ruas e locais públicos. No entanto, a maior preocupação é com a saúde da população, pois nos meses em que realizam a prática da queima, aumentam os casos de insuficiência respiratória, principalmente em crianças e idosos.

De acordo com Langowski (2007), existem inúmeros motivos para que essa prática seja eliminada; por exemplo, a queima da cana-de-açúcar justifica-se apenas para a obtenção de maior rendimento na colheita, seja ela manual ou mecanizada; causa impactos ambientais atingindo a fauna e, por vezes, se alastrando pelas áreas florestadas circunvizinhas, atingindo também a flora; impõe ao trabalhador condições inadequadas de trabalho, além de impor também a obrigatoriedade de produção além de suas forças, o que acaba causando morte de trabalhadores por fadiga; gera poluição atmosférica, causando transtornos à população de uma

forma geral, emitindo produtos tóxicos e cancerígenos para a atmosfera, implicando em aumento de internações hospitalares.

Devido às pressões políticas exercidas por organizações não-governamentais e agências ambientais, há um movimento forte que busca acabar com a queima da cana-de-açúcar antes do corte para facilitar a colheita manual. Os prejuízos à qualidade do ar e ao sistema respiratório humano pela fumaça e fuligem emitidas no processo da queima estão bem documentados na literatura. E essa poluição atmosférica afeta principalmente crianças e idosos (ARBEX *et al.*, 2007).

A seguir, são descritos os poluentes atmosféricos produzidos pela queima da palha da cana-de-açúcar e seus efeitos sobre a atmosfera e a saúde humana.

4.3.1 Impactos na Troposfera (baixa atmosfera)

Muitos pesquisadores, a exemplo de Fernandes (2008); Ribeiro e Assunção (2002); SALGADO (2003); Menezes (2006); Cançado (2003); Roseiro e Takayanagu (2005), garantem que o alto nível de alguns gases poluentes como o ozônio, dióxido de carbono, metano, óxido nitroso e monóxido de carbono, resultantes da queima da biomassa, são os responsáveis pelas mudanças climáticas. Esses gases são essenciais para a vida no planeta, desde que se mantenham em equilíbrio na atmosfera.

As consequências mais importantes da poluição atmosférica são os efeitos sobre a saúde humana, existindo uma correlação direta com a concentração de determinados poluentes ao nível do solo, como, por exemplo, o dióxido de enxofre (SO₂), dióxido de nitrogênio (NO₂) e o ozônio (O₃). Na escala regional, os efeitos da poluição atmosférica são sentidos principalmente na vegetação e nos ecossistemas. Na escala global, predominam os problemas de alteração do clima e de consumo de ozônio estratosférico que protege a terra contra a radiação ultravioleta (MENEZES, 2006).

Segundo Marinho e Kirchhoff (1991), o ozônio é um dos mais importantes componentes gasosos da nossa atmosfera. A camada de ozônio – situada a trinta quilômetros de altitude aproximadamente, aonde a concentração desse gás chega a sete ppmv (partes por milhão de volume), blindando a terra contra a radiação ultravioleta (280-320nm), letal para a vida terrestre. Esse mesmo ozônio que, por um lado, nos protege, por outro pode ser nocivo à saúde de animais e plantas, quando presente em altas concentrações nas camadas mais baixas da atmosfera, onde vivemos e respiramos.

TABELA 4.4 - Contribuição dos gases de efeito estufa na atmosfera.

GEE	Porcentagem (%)
CO ₂	55
CFC	20
CH ₄	15
N ₂ O E OUTROS	10
TOTAL	100

Fonte: Soares *et al.*, (2009)

Soares *et al.* (2009), destaca que, em relação à emissão dos gases de efeito estufa (GEE) (TABELA 4.4), a mudança da colheita manual da cana-de-açúcar queimada para colheita mecanizada com não queima elimina a emissão de gases metano e N₂O, que totalizam 1.719 kg de CO₂ ha⁻¹ e, além de eliminar a poluição atmosférica, a eliminação da queima reduz em quase oitenta por cento as emissões totais de GEE's que ocorrem na colheita.

A queimada da biomassa no Brasil tem contribuído significativamente para o lançamento desses gases e materiais particulados na atmosfera. Quanto a isso, destaca-se a importância global que podem esses poluentes ter em relação ao efeito estufa e à química da atmosfera.

Como a maioria da área da cana-de-açúcar no país é ainda conduzida sob queima da palha para facilitar a colheita manual, essa emissão é muito significativa. Para cada tonelada de cana-de-açúcar, queimada com uma eficiência de oitenta por cento, são produzidos 2,7 kg de metano e 0,07 kg de NO₂ (SOARES *et al.*, 2009).

Uma molécula do gás metano (CH₄) na atmosfera tem um potencial de efeito estufa 21 vezes maior do que a de CO₂, enquanto uma molécula de óxido nitroso (N₂O) apresenta um potencial 310 vezes maior. Portanto, pequenas emissões desses gases durante a fabricação dos insumos e combustíveis fósseis, utilizados nas operações agrícolas e de processamento da cana-de-açúcar para produzir etanol, podem contribuir significativamente para o efeito estufa do planeta (SOARES *et al.*, 2009).

O CO₂, SO₂, e NO_x, considerados os principais componentes da chuva ácida, causam prejuízos ao homem e ao meio ambiente, podendo ser minorados por meio de técnicas de gestão da qualidade do ar.

O álcool etílico (etanol) e o bagaço, produtos energéticos da cana-de-açúcar, têm contribuído largamente para a redução das emissões de GEE no Brasil, por serem substitutos de combustíveis fósseis, respectivamente, gasolina e óleo combustível. Porém, no plantio, na

colheita, no transporte e no processamento da cana-de-açúcar são consumidos combustíveis fósseis que geram emissões de GEE.

Conforme levantamento realizado por Lima *et al.* (1999), do total de emissões de gases gerados pela queima de resíduos agrícolas, no ano de 1994, a queima de cana-de-açúcar foi responsável por cerca de 97,5%.

No entanto, o que vem chamando muita atenção na mídia nesses últimos anos são as chamadas queimas programadas ao longo de seis meses, período de duração da safra da cana-de-açúcar, em que acontece a prática da queima da palha.

Marinho e Kirchhoff (1991), chamam a atenção para o fato de que a quantidade de matéria seca queimada nos canaviais por ano, por unidade de área, é de aproximadamente quinze vezes maior que na Amazônia, isto é, tem-se 0,5Kg/m² nos canaviais, enquanto na Amazônia tem-se 0,03Kg/m².

Zancul (1998), calculou a emissão de material particulado e de monóxido de carbono na atmosfera oriundos das queimadas que ocorrem no Estado de São Paulo. Para isso, utilizou os fatores de emissão da United States Environmental Protection Agency (USEPA), constantes do “*Compilation of Air Pollutant Emission Factors, fourth edition, sept. 1985, vol I*”:

- Material Particulado – fator de emissão – 2,5 - 3,5kg/t.
- Monóxido de carbono – fator de emissão – 30,0 – 41,0kg/t.

Segundo Coelho (1999), citado por Teixeira (2005), a TABELA 4.5 indica os fatores de emissão para queima de cana-de-açúcar no campo.

TABELA 4.5 - Emissões durante a queima de cana-de-açúcar para a colheita.

POLUENTES	EMISSIONES (KG/T CANA-DE-AÇÚCAR)
Hidrocarbonetos	2,6 – 8
Monóxido de carbono	30 – 41
Particulados	2,5 – 3,5

Fonte: Coelho (1999) citado por Teixeira (2005).

Segundo Nabais citado por Arbex (2001), uma tonelada de cana-de-açúcar queimada emite:

- 0,5 kg de óxido de nitrogênio;
- 4 kg de material particulado;

- 6 kg de hidrocarbonetos;
- 28 kg de monóxido de carbono.

Arbex (2001), cita que no Estado de São Paulo se queima por dia cerca de 85.516 toneladas de palha de cana-de-açúcar e, utilizando-se os valores máximos fornecidos para os fatores de emissão, chega-se ao resultado de 285 toneladas de material particulado/dia e 3.342 toneladas de monóxido de carbono.

As queimadas de cana-de-açúcar emitem elementos particulados, aerossóis e gases como o dióxido de carbono e monóxido de carbono. Durante as queimadas ocorre a liberação de gases precursores do ozônio, como o monóxido de carbono, o metano e hidrocarbonetos não metânicos. Sob a influência do descolamento das massas de ar, esses poluentes podem ser transportados para longe dos locais de produção, influenciando dessa maneira regiões distantes (ARBEX, 2001).

Alguns desses gases, como o monóxido de carbono, o metano e hidrocarbonetos não metânicos, são precursores do ozônio na presença de NO e NO₂. Ressalta-se que uma molécula de CO pode gerar uma molécula de ozônio; uma molécula de CH₄ pode produzir 3,5 moléculas de ozônio e uma molécula de hidrocarboneto não metânico pode gerar de dez a catorze moléculas de ozônio (CANÇADO, 2003).

De acordo com Garzotti (2007), as queimadas causam a liberação, para a atmosfera, de ozônio, de grandes concentrações de monóxido de carbono e dióxido de carbono, que afetam a saúde dos seres vivos, reduzindo também as atividades fotossintéticas dos vegetais e prejudicando a produtividade de diversas culturas.

As altas temperaturas envolvidas na fase de chamas da combustão e a ocorrência de circulações associadas às nuvens, devidas à entrada de frentes frias pela região Sul do Brasil, favorecem o movimento convectivo ascendente e podem ser responsáveis pela elevação desses poluentes até a troposfera, onde podem ser transportados para regiões distantes das fontes emissoras. Esse transporte resulta em uma distribuição de fumaça sobre extensa área, ao redor de quatro a cinco milhões de quilômetros quadrados, em volume muito superior à área em que estão concentradas as queimadas. Os efeitos das queimadas excedem, portanto, a escala local e afetam regionalmente toda a composição e propriedades físicas e químicas da atmosfera da América do Sul (GARZOTTI, 2007).

Segundo levantamento realizado pelo *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC), Universidade de Cambridge, mencionado por Lima *et al.* (1999), os resíduos de cana-de-açúcar representam onze por cento da produção mundial de resíduos agrícolas, cuja queima produz substancial liberação de CO₂. Porém, durante o processo de combustão, outros

gases, além do CO₂, são produzidos. Os gases N₂O e NO_x são gerados na fase de combustão com chama, e os gases CO e CH₄ são formados sob condições de queima com predomínio de fumaça.

Existe uma teoria de defesa às queimadas dizendo que, embora haja uma forte liberação de CO₂ pelas queimadas de cana-de-açúcar, esse gás não contribui no médio prazo para o efeito estufa, pois uma quantidade equivalente do mesmo é retirada da atmosfera, via fotossíntese, durante o crescimento do canavial.

No entanto, Langowski (2007), afirma que o canavial realmente absorve e incorpora CO₂ em grande quantidade, ao longo do seu período de crescimento, que dura de doze a dezoito meses em média, e que a queimada libera tudo quase que instantaneamente, ou seja, no período que dura uma queimada, próximo de trinta ou sessenta minutos. Portanto, libera CO₂ recolhido da atmosfera durante um período de doze a dezoito meses em pouco mais de trinta ou sessenta minutos. Além disso, com CO₂, outros gases são formados e lançados à atmosfera, juntamente com particulados. Entre o coquetel de substâncias químicas nocivas que são lançadas à atmosfera durante a queima da cana-de-açúcar, destacam-se os hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (HAPs).

A alternativa mais viável é a não queima dos resíduos agrícolas, que poderia contribuir significativamente para a diminuição da emissão dos gases do efeito estufa para a atmosfera, como também possibilitaria o sequestro de carbono na área agrícola. Nesse sentido, a cana-de-açúcar representa um potencial mitigador das emissões de gases, uma vez que com o manejo de colheita sem a queima prévia do canavial o carbono que seria emitido durante a queimada fica retido na palha e no solo, permitindo que a cultura que ocupa cerca de cinco milhões de hectares no Brasil possa desempenhar papel importante na busca pela diminuição do efeito estufa (CAMPOS, 2003).

Os resultados da modelagem atmosférica realizada neste trabalho irão mostrar as concentrações das emissões atmosféricas por meio do poluente material particulado “partículas totais em suspensão” presente em uma queimada da palha de cana-de-açúcar.

O lançamento de material particulado e gases emitidos pela prática da queima da palha atingem quilômetros de distância, levando a fuligem para as casas, escolas e ruas. Essa fuligem, quando finalmente se sedimenta no solo, transforma-se em uma poeira negra contaminando tudo o que se encontra próximo ao local. Essa poeira diminui o potencial dos pontos de captação de águas pluviais, além de aumentar os serviços de limpeza pública dos Municípios.

Os poluentes lançados de uma determinada fonte de queima são transportados e dispersos na atmosfera, sendo as condições meteorológicas a principal influência nesse processo. Velocidade e direção dos ventos, estabilidade atmosférica e topografia são as principais características que influenciam na dispersão de poluentes na atmosfera. O ar se move no sentido horizontal, na direção dos ventos, e vertical, em função dos deslocamentos das camadas atmosféricas.

4.3.2 Impactos sobre a saúde humana

A poluição atmosférica e suas consequências na saúde são motivos de preocupação no Brasil, onde há a prática da queima da cana-de-açúcar. A maior parte da literatura que trata de emissões atmosféricas produzidas pela queima de biomassa aponta que essas causam efeitos deletérios à saúde humana.

No Brasil, a utilização do fogo em áreas agrícolas e nas cidades é prática corriqueira; porém, com isso, grande quantidade de poluentes é emitida para a atmosfera, com sérias consequências ambientais que refletem no comprometimento da qualidade de vida e na saúde da população que reside nessas áreas (FERNANDEZ, 2008).

Franco citado em Arbex *et al.* (2004), tece algumas considerações a respeito da relação entre a queima da cana-de-açúcar e agravos à saúde: durante a época das queimadas dos canaviais há uma piora na qualidade do ar em diversas localidades; a queimada dos canaviais não é o único fator de agravamento da qualidade do ar, mas, em consequência da extensão da área plantada e da duração das queimadas, final de abril a início de novembro, no centro-oeste, as descargas de gases e de outros poluentes na atmosfera ganham um significado importante e não podem ser menosprezadas; a população de risco, que tem sua qualidade de vida e de saúde agravada em condições atmosféricas adversas, é bastante significativa; a maioria das pessoas que compõem a população de risco demanda um número muito maior de consultas, atendimentos ambulatoriais, medicação e internações. Isso onera não só os serviços médicos, mas a economia das famílias.

Para Ribeiro (2008), o ozônio pode ter efeitos cardiovasculares deletérios diretos, enquanto outros gases podem ampliar efeitos negativos do material particulado. Partículas de menor diâmetro são de maior impacto, mas as PM_{10} podem rapidamente penetrar e se depositar na traquéia e nos brônquios. $PM_{2,5}$ podem alcançar vias aéreas estreitas e alvéolos, e as partículas ultrafinas, menores que 100 nm (0,1 μm), têm alta deposição nos alvéolos. A população sob maior risco são de crianças e idosos, daqueles com doenças pulmonares

crônicas, com doenças coronárias, ou pacientes com diabetes. Enquanto a poluição atmosférica aguda pode desencadear infarto do miocárdio em horas ou dias nas pessoas susceptíveis, a exposição crônica a poluentes aumenta o risco de doenças cardiovasculares que podem estar relacionadas à inflamação pulmonar crônica. As queimadas de cana-de-açúcar teriam simultaneamente os dois efeitos: poluição atmosférica aguda nas áreas próximas e poluição atmosférica difusa em longo prazo numa escala regional.

De forma sintética, ilustra-se, com a FIGURA 4.3 e QUADRO 4.2, os locais e os tipos diretos de incidência e ações dos poluentes inalados nos órgãos e diferentes tipos de tecidos do corpo humano.

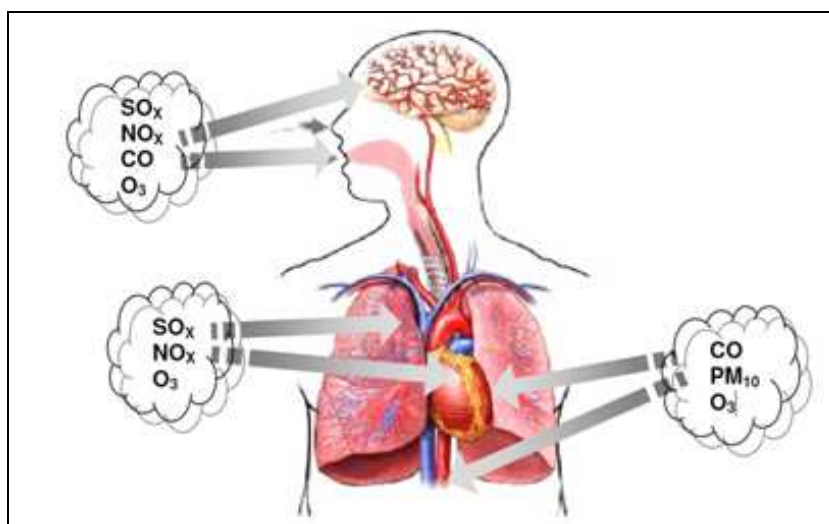


FIGURA 4.3 – Indicação da incidência das complicações decorrentes da inalação dos poluentes do ar.
Fonte: Base em Arteries Physiology. Servier Medical Art, 2006, citado em Chiarelli (2009).

QUADRO 4.2 – Ações dos poluentes no organismo humano.

Poluentes	Ação no organismo humano
PM ₁₀	Infarto do miocárdio, diminuição na variabilidade cardíaca, isquemias, aterosclerose, arritmia, elevação pressórica, aumento da frequência cardíaca, vasoconstrição arterial aguda.
CO	Lesões no miocárdio, isquemia cardíaca, falha cardíaca aguda, insuficiência cardíaca congestiva, infarto agudo do miocárdio, angina, dores de cabeça, diabetes mellitus, doenças ateroscleróticas, irritações, eventos cardiovasculares.
NO _x	Resposta pulmonar aguda tóxica, edema pulmonar, hemorragias alveolares, insuficiência respiratória, alterações na capacidade bactericida e anti-viral de macrófagos, ardência nos olhos, nariz e mucosas, infarto de miocárdio.
SO _x	Irritante respiratório que provoca bronco-constrição, decréscimo da função pulmonar, doenças respiratórias, asma.
O ₃	Diminuição da função respiratória, edema pulmonar, insuficiência respiratória, inflamações nas vias aéreas, aumento na permeabilidade vascular, infarto agudo do miocárdio, complicações cardiovasculares, perda da função pulmonar.

Fonte: Chiarelli (2009).

Os estudos analisados indicam que há riscos para a saúde do homem, quando em exposição a condições atmosféricas não favoráveis, provocadas pela queima da palha da cana-de-açúcar. Esses riscos podem ser maiores para crianças, idosos e asmáticos e têm como consequência maior demanda do atendimento dos serviços de saúde.

A exposição aos poluentes atmosféricos, como Ozônio (O_3), Dióxido de Enxofre (SO_2), Material Particulado₁₀ (MP_{10}), Óxidos de Nitrogênio e outros, está associada ao prejuízo da saúde respiratória, tais como asma e rinites (LASTE, 2009).

O principal efeito do CO na saúde está associado à capacidade de transporte de O_2 pela hemoglobina. A hemoglobina, também chamada de hemácia ou eritrócito, combina-se com o O_2 com uma afinidade 200 vezes maior do que se combina com o O_2 . Ao formar a carboxiemoglobina, composto resultante da reação da hemoglobina com o CO, a possibilidade do O_2 ser transportado pela hemoglobina às células do organismo é reduzida. O CO, após se combinar com a hemoglobina, exerce efeito tóxico nos capilares pulmonares. Portanto, nos pulmões, a hemoglobina troca CO_2 por O_2 , e nos tecidos a troca é inversa, O_2 por CO_2 (ROSEIRO, 2003).

A exposição ao Monóxido de Carbono pode causar dor de cabeça, fadiga e sintomas iguais ao da gripe, como também, efeitos cardíacos diversos que incluem a diminuição da capacidade de se exercitar. Pacientes com doença da artéria coronária podem sofrer aumento das áreas isquêmicas e angina em um período pequeno após o início dos exercícios. Evidência científica indica que correr com concentrações de monóxido de carbono maiores que 25 partes por milhão pode reduzir sua capacidade de oxigenação e prejudicar o desempenho físico (GOMES, 2008).

O Ozônio se forma na atmosfera a partir da reação do oxigênio molecular (O_2) com o oxigênio atômico ($O^{\cdot}$). O NO_2 , por meio de uma reação fotoquímica, produz o oxigênio atômico. Portanto, a combinação com o O_2 produz O_3 . A formação de O_3 é típica de áreas urbanas. Normalmente, é um poluente com uma concentração maior em ambientes externos do que em ambientes internos. O O_3 é relativamente pouco solúvel em água e costuma atingir os alvéolos com mais facilidade, produzindo seus efeitos tóxicos nessa região (CASTRO *et al.*, 2003).

Uma vez lançado na troposfera, o dióxido de enxofre pode ser transportado para regiões distantes das fontes primárias de emissão, o que aumenta sua área de atuação. A maior parte do dióxido de enxofre inalado por uma pessoa em repouso é absorvida nas vias aéreas superiores. A atividade física leva a um aumento da ventilação alveolar, com consequente aumento da sua absorção pelas regiões mais distais do pulmão (CANÇADO *et al.*, 2006).

A exposição a altas concentrações de SO₂ causa doenças respiratórias, alterações na defesa pulmonar e agravamento de doença cardiovascular já existente. As populações mais susceptíveis a esse poluente são as crianças, idosos, asmáticos, doentes cardiovasculares, pneumopatas crônicos, como bronquíticos e enfisematosos. O SO₂ causa também irritação nos olhos, nariz e garganta. Após uma exposição a doses elevadas de SO₂, pode ocorrer doença obstrutiva crônica; já em níveis menores a exposição pode causar exacerbações de asma em pessoas que se exercitam (DICKY, 2000).

Ribeiro e Assunção (2002) comentam que a literatura especializada indica que os principais efeitos da poluição atmosférica à saúde humana são problemas oftálmicos, doenças dermatológicas, gastrointestinais, cardiovasculares e pulmonares, além de alguns tipos de câncer. Efeitos sobre o sistema nervoso também podem ocorrer após exposição a altos níveis de monóxido de carbono no ar.

No QUADRO 4.3 é relacionado os níveis de qualidade do ar com os efeitos na saúde humana.

QUADRO 4.3 - Qualidade do ar e efeitos na saúde humana.

Nível de qualidade do ar	Qualificação	Descrição dos efeitos sobre a saúde*	Precauções
	Boa		
	Aceitável		
Atenção	Inadequada	Leve agravamento de sintomas em pessoas suscetíveis; sintomas de irritação na população sadia.	Pessoas com doenças cardíacas ou respiratórias devem reduzir as atividades físicas.
Alerta	Má	Decréscimo da resistência física e significativo agravamento dos sintomas em pessoas com enfermidades cardiorrespiratórias; sintomas gerais na população sadia.	Pessoas idosas ou com doenças cardiorrespiratórias devem reduzir as atividades físicas e permanecer em casa.
Emergência	Péssima	Aparecimento prematuro de certas doenças, além de significativo agravamento de sintomas; decréscimo da resistência física em pessoas saudáveis.	Pessoas idosas e pessoas com enfermidades devem permanecer em casa e evitar esforço físico; a população em geral deve evitar atividades exteriores.
Crítico	Crítica	Morte prematura de pessoas doentes e pessoas idosas; pessoas saudáveis podem acusar sintomas diversos que afetam sua atividade normal.	Todas as pessoas devem permanecer em casa, mantendo as portas e janelas fechadas, e também devem minimizar as atividades físicas e evitar o tráfego.

* Quando a poluição atmosférica entra em nível de atenção ou pior, aumentam a possibilidade de agravamento de doenças alérgicas e respiratórias, ardor nos olhos, dor de cabeça, tonturas, irritação da mucosa nasal e náuseas.

Fonte: CETESB citado por Laste (2009).

Segundo Malilay citado por Ribeiro, (2008) nas queimadas, a combustão é incompleta, com formação de compostos não totalmente oxidados irritantes ao sistema respiratório e, em alguns casos, carcinogênicos. O autor afirma que o material particulado fino alcança os alvéolos e em grandes concentrações entra na corrente sanguínea ou fica nos pulmões, resultando em doenças crônicas como enfisema. Vapores orgânicos tóxicos como HPA são possivelmente carcinogênicos. O monóxido de carbono pode causar hipóxia ao prevenir o sangue de carregar oxigênio suficiente. Os aldeídos são irritantes nas mucosas e alguns, como o formaldeído, podem ser carcinogênicos. Compostos orgânicos voláteis podem irritar a pele e os olhos, causar tontura, tosse e chiado, e alguns deles são carcinogênicos. Ozônio, em altas concentrações, pode afetar a função pulmonar; em baixas, causa tosse, engasgo, falta de ar, muco, coceira e ardor na garganta, náusea e diminuição da função pulmonar, quando em exercício.

Salgado (2003) acrescenta que o material particulado e/ou exposições ao sulfato estão associados com efeitos adversos à saúde das crianças. Entre os efeitos adversos observados em situações de contaminação ambiental, envolvendo material particulado e/ou sulfato, destacam-se:

a) Exposições em curto prazo: redução da função pulmonar; aumento dos sintomas respiratórios em crianças asmáticas e não asmáticas; aumento do número de visitas médicas (pneumologistas); aumento do número de visitas (emergências) e admissões hospitalares; aumento da mortalidade, e, especialmente, aumento da morbidade.

b) Exposições em longo prazo: redução da função pulmonar; aumento dos sintomas respiratórios; aumento da mortalidade infantil; redução do crescimento intrauterino, e aumento do número de partos prematuros.

O autor ainda informa que um estudo conduzido em 24 cidades do Canadá e dos Estados Unidos, com crianças em idade escolar, indicaram um aumento na prevalência de sintomas de bronquite e níveis diminuídos da função pulmonar, em crianças residentes em cidades com elevados níveis de PM_{10} e $PM_{2,5}$, sulfatos e partículas fortemente ácidas (H^+). Estudo realizado na Suíça indicou que a função pulmonar de adultos foi também relacionada aos níveis médios de PM_{10} , em longo prazo, em regiões residenciais.

No Brasil, a mortalidade intrauterina e a mortalidade respiratória, segundo observações de Pereira *et al.* (1998) e de Saldiva *et al.* (1994), não foram associadas unicamente ao PM. Os resultados de Saldiva *et al.* (1994) indicaram a possibilidade de haver o NO_x aumentado a suscetibilidade às infecções respiratórias e à mortalidade respiratória da

população exposta. Os autores encontraram significativa associação entre mortalidade intrauterina e todos os poluentes juntos (PM_{10} , NO_2 , SO_2 e CO).

Entre esses poluentes, o material particulado decorrente da combustão de biomassa, seja em ambientes internos, seja em ambientes abertos, é o poluente que apresenta maior toxicidade e que tem sido mais estudado.

O material particulado é uma mistura de partículas líquidas e sólidas em suspensão no ar. O tamanho das partículas varia de 0,1 a 10 mm de diâmetro. Partículas maiores que 10 mm são efetivamente filtradas pelo nariz e pela nasofaringe, onde essas grandes partículas ficam depositadas e podem ser vistas em expectorações e/ou saliva. Partículas menores que 10 mm de diâmetro (MP_{10}) ficam retidas nas vias aéreas superiores e podem ser depositadas na árvore traqueobrônquica. As partículas menores que 2,5 mm de diâmetro ($MP_{2,5}$) depositam-se no brônquio terminal e nos alvéolos. As concentrações de $MP_{2,5}$ representam, em geral, cerca de 45 a 65% da concentração de MP_{10} . A fração entre 2,5 e 10 é conhecida como fração grossa do MP_{10} . (CANÇADO *et al.*, 2006).

O tamanho da partícula interfere no local e na distribuição pelas vias aéreas. As partículas grossas se depositam na porção superior das vias aéreas enquanto as menores são depositadas no trato respiratório inferior, podendo atingir alvéolos pulmonares. Quanto menor o tamanho das partículas, maior será o efeito sobre a saúde, causando consequências em pessoas com doença pulmonar, asma e bronquite, aumento de atendimento hospitalar e mortes prematuras (ROSEIRO, 2002).

À medida que vão se depositando no trato respiratório, essas partículas passam a ser removidas pelos mecanismos de defesa. O primeiro deles é o espirro, desencadeado por grandes partículas que, devido ao seu tamanho, não conseguem ir além das narinas, onde acabam se depositando. Outros importantes mecanismos de defesa são a tosse e o aparelho mucociliar. Aquelas partículas que atingem as porções mais distais das vias aéreas são fagocitadas pelos macrófagos alveolares, sendo então removidas via aparelho mucociliar ou sistema linfático (CANÇADO *et al.*, 2006).

Diversos estudos, realizados por pesquisadores como FERNANDEZ (2008); MENEZES (2006); ROSEIRO & TAKAYANAGU (2005); CANÇADO (2003); SALGADO (2003); RIBEIRO & ASSUNÇÃO (2002) confirmam que as partículas suspensas na atmosfera penetram no sistema respiratório provocando reações alérgicas e respiratórias, podendo trazer complicações em diversos órgãos do corpo.

Arbex (2001), concluiu que há associação causal entre o material particulado, decorrente da queima de plantações de cana-de-açúcar, e um indicador de morbidade respiratória, na cidade de Araraquara.

Um estudo realizado por Cançado *et al.* (2006), em Piracicaba, comprovou que a queima da cana-de-açúcar nos canaviais da região ocasionou o aumento da concentração de PM₁₀ na atmosfera, e que esse repercutiu no maior número de atendimentos de crianças e idosos em hospitais, para tratamento de problemas respiratórios.

Segundo Castanho (1999) citado por Magalhães (2005, p. 17), quando inaladas, as partículas totais em suspensão são filtradas nos pêlos do nariz ou retidas na garganta. Entretanto, por se acumularem nas vias aéreas superiores, as partículas grossas agravam problemas como asma em pessoas com deficiência respiratória. Nas vias aéreas superiores existem mecanismos naturais de expulsão do particulado cuja eficiência é diferenciada entre pessoas saudáveis e com problemas respiratórios.

As partículas maiores, visíveis a olho nu, representam o “carvãozinho” ou “fuligem” que se deposita no chão e nos objetos. Essas partículas maiores, que são chamadas de partículas totais em suspensão, não chegam a penetrar no aparelho respiratório, pois ficam retidas nas narinas e nas vias aéreas superiores, mas nem por isso deixam de ser prejudiciais.

Partículas mais grossas ficam retidas no nariz e na garganta, provocando incômodo e irritação em vias aéreas superiores (como amigdalite, sinusite, faringite, laringite), além de facilitar que doenças como gripe e resfriado se instalem no organismo, principalmente nos grupos mais susceptíveis, que incluem as crianças menores de cinco anos e indivíduos maiores de 65 anos de idade.

A definição de vias aéreas superiores é dada como sendo “a porção proximal da árvore respiratória na entrada torácica, incluindo a faringe, a laringe e a traquéia extratorácica” (SCHIDLON & SMITD, 1999, citados por ALBUQUERQUE, 2006, p. 23).

Arbex (2004), diz que, em 1989, estudos de Kirchhof e colaboradores do INPE já mostravam que as queimadas em canaviais produzem um significativo aumento das concentrações de ozônio e de monóxido de carbono na atmosfera não somente nas proximidades dos focos de fogo, mas também em áreas mais distantes, pois esses gases se deslocam com o vento.

Desse modo, a difícil relação entre problemas respiratórios e a concentração de poluentes atmosféricos apontam como uma preocupação cada vez maior para os dirigentes das políticas públicas, não apenas da área da saúde, mas também do meio ambiente e área econômica e social.

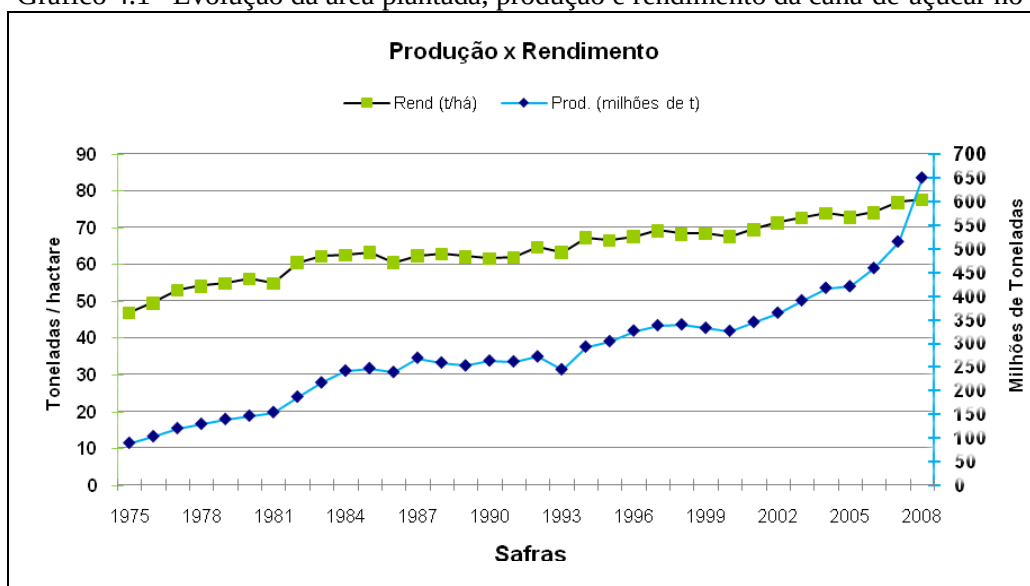
Diante do exposto, conclui-se que a poluição atmosférica originada pela prática da queima da cana-de-açúcar reflete em riscos à saúde de trabalhadores e da população em geral, sendo, portanto, que a alternativa de cessar essa prática seria de grande valia ao meio ambiente.

4.4 O SETOR SUCROALCOOLEIRO EM MS E SUA LEGISLAÇÃO DE QUEIMA DA PALHA DA CANA-DE-AÇÚCAR

Conforme anteriormente descrito, as queimadas traduzem-se por uma prática agropastoril muito antiga e maciçamente aplicada no Brasil. Pelo fato de ser a prática da queima da cana-de-açúcar um procedimento extremamente agressivo ao meio ambiente, legislações específicas foram criadas, visando dispor sobre a regulamentação e proibição dessa prática, conforme as peculiaridades da região alvo.

Hoje em dia, o Brasil classifica-se como o maior produtor mundial de cana-de-açúcar, com produção anual, safra 2010/2011, de 651.514.300 toneladas (Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), 2010), produzindo cerca de 45% mais que a Índia, segundo lugar em produção mundial de cana-de-açúcar. O crescimento da produção brasileira fica evidenciado no GRAFICO 4.1, que mostra a evolução das safras de cana-de-açúcar no Brasil desde 1975 a 2008.

Gráfico 4.1– Evolução da área plantada, produção e rendimento da cana-de-açúcar no Brasil.



Fonte: IBGE citado em MAPA 2009 (adaptado para esta pesquisa).

Os resultados da safra 2008/09 estão divulgados no site do CANASAT e se referem à área de cana-de-açúcar disponível para colheita, incluindo as diferentes finalidades. Eventualmente, parte da cana-de-açúcar inicialmente disponível para colheita pode não ser processada na safra, devido a fatores como regime de chuvas e disponibilidade de equipamentos de colheita e transporte, entre outros.

Conforme ÚNICA (2010), tem-se que a área de cana-de-açúcar disponível para colheita da safra 2008/09 na região centro-sul foi estimada em 6,53 milhões hectares, e compreende: Centro-Oeste – MT, MS e GO; Sudeste – MG, ES, RJ e SP; e Sul – PR e RS, representando um aumento de 15,7% (917,9 mil ha) em relação à safra anterior. São Paulo é o maior produtor de cana-de-açúcar, com uma área de 4,45 milhões ha disponíveis para colheita, representando 66% de toda área de cana-de-açúcar da região centro-sul. Apresentou um crescimento 12,2% (483,3 mil ha) de área em relação à safra passada.

O Estado de São Paulo é o maior produtor de cana-de-açúcar, para produção de açúcar e álcool etílico, sendo responsável por sessenta por cento da produção brasileira desses bens. São Paulo viu sua área de cultivo saltando de 2,57 milhões de hectares, em 2003, para 4,89 milhões de hectares em 2009, períodos esses com as respectivas produções compreendidas entre 192.486.643 e 354.360.100 toneladas.

O segundo maior produtor é o estado do Paraná, com 605 mil ha, seguido por Minas Gerais, com 575 mil ha de cana-de-açúcar. Em relação à safra passada, Paraná e Minas Gerais tiveram aumentos de 17,7% (90,9 mil ha) e 24,2% (112 mil ha). Goiás é o quarto maior produtor de cana-de-açúcar na região centro-sul, com uma área de 402 mil ha, mas foi o que apresentou a maior taxa de expansão (42,58%) em relação à safra 2007/08, com um aumento na área de 120 mil ha.

O quinto maior produtor de cana-de-açúcar na região centro-sul e o segundo da região centro-oeste, conforme TABELA 4.6, com uma área de 275,8 mil ha, é Mato Grosso do Sul, apresentando uma taxa de expansão (36%) em relação à safra anterior, com um aumento da área de 73 mil ha.

TABELA 4.6 – Área plantada e produção do setor sucroalcooleiro.

Região/UF	ÁREA (mil hectares)				Produção (mil toneladas)			
	Safra 2007/08	Safra 2008/09	Var %	Safra 2010/11	Safra 2007/08	Safra 2008/09	Var %	Safra 2010/11
CENTRO-OESTE	710,10	900,8	26,85	1.212,2	55.540,30	66.510,10	19,75	100.655,7
MT	225,50	223,2	-1,02	211,1	15.670,20	16.109,9	2,80	15.158,3
MS	202,8	275,8	35,99	401,8	16.732,70	20.755,0	24,03	34.274,4
GO	281,8	401,8	42,58	599,3	23.137,40	29.645,2	28,12	51.233,0

Fonte: UNICA (2010). Adaptada pelo autor.

Ilustrado na TABELA 4.6, que trata de área plantada e produção do setor sucroalcooleiro, observa-se que há uma projeção para 2010, ou seja, que a área plantada em MS salta para 401,8 mil ha, com uma produção de aproximadamente 34.274.400 toneladas de cana-de-açúcar.

Ressalta-se que, conforme UNICA⁶, as avaliações da área cultivada com cana-de-açúcar, por meio de imagens de satélites de sensoriamento remoto, são realizadas pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), em cooperação com a UNICA e o Centro de Tecnologia Canavieira (CTC), desde 2003, e que os resultados dessas avaliações estão disponibilizados no site do projeto CANASAT.

Para a regularização da queima da cana-de-açúcar para a colheita, no âmbito federal, pode-se citar como legislação guia a própria Constituição Federal de 1988, que dispõe, em seu art. 225, que “todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações”; e a Lei Federal nº 4771, de 15 de setembro de 1965 – o Código Florestal Brasileiro –, que em seus artigos 11, 25, 26, alínea ‘e’, e 27 (este último regulamentado pelo Decreto Federal de 8 de julho de 1998), veta a utilização descontrolada do fogo para fins de desmate, dá providências a serem tomadas em caso de incêndios florestais e estabelece punições (multas e prisão) aos infratores; e a Resolução CONAMA nº 11, de 14 de dezembro de 1988, que dispõe sobre as queimadas de manejo em Unidades de Conservação, regulamentando todos os procedimentos necessários e proibições.

⁶ Em: <http://www.dsr.inpe.br/cana-de-acucarsat/>. Acesso em: 10 de janeiro 2011.

Restringindo um pouco o foco, ao Estado de Mato Grosso do Sul, alvo deste trabalho, apresenta vários aspectos positivos atraentes às usinas de álcool, tais como: incentivos fiscais, como a pacotes abrangendo isenção de impostos e/ou descontos em suas alíquotas; excelente preço das suas terras, tanto das terras de baixa como também das de alta qualidade, em relação a outros Estados concorrentes (PR, SP e MG); a presença de ótimas condições edafoclimáticas⁷ como solos com boa drenagem, bom armazenamento de água e, em média, baixa declividade, bom índice de precipitação e clima favorável à agricultura; e, finalmente, boa infraestrutura para escoamento de bens, com localização privilegiada, estando perto de grandes consumidores como SP, PR, MG e RJ (Pereira, 2007).

Atualmente, a cultura de cana-de-açúcar em MS é apontada como uma das principais no Estado, devido à expansão das usinas de álcool. Essa cultura ainda não colocou Mato Grosso do Sul no topo do Ranking da produção e renda, segundo a pesquisa do IBGE, mas já merece citação pelo avanço, que é um dos maiores do País.

Essa ampliação da área requer uma regulamentação bastante clara quanto à prática da colheita da cana, com o fim de mitigar os impactos ambientais quando se faz uma colheita utilizando-se de queimadas.

Atualmente, o Estado conta com 21 usinas de processamento da cana-de-açúcar em funcionamento e 07 em fase de projeto, como pode ser visto no QUADRO 4.4, em que consta a relação de usinas em MS – Ano 2010.

QUADRO 4.4– Relação de Usinas Sucroalcooleiras em MS – ano 2010.

Relação de Usinas		Ano de Inauguração	Município
1	Adecoagro Angelica	2008/09	Angélica
2	Alcoolvale	1985	Aparecida do Taboado
3	CBAА Debrasa	1982	Brasilandia
4	CBAА Sidrolandia	1981	Sidrolandia
5	Dcoil	2007/08	Iguatemi
6	Energética Santa Helena	1982	Nova Andradina
7	Energética Vicentina	2008/09	Vicentina
8	ETH Bioenergia - Eldorado	2007/08	Rio Brilhante
9	LDC Bioenergia - Maracaju	1982	Maracaju
10	LDC Bioenergia - Passa Tempo	1984	Rio Brilhante

⁷ Condições edafoclimáticas é a soma de duas características – edáficas e climáticas:

a. Edáficas: como tipo de solo, sua fertilidade, profundidade, disponibilidade de água e formação de relevos, entre outras características.

b. Climáticas: temperatura, pluviosidade, definição de estações do ano, umidade relativa do ar, entre outras.

11	LDC Bioenergia - Rio Brilhante	2008/09	Rio Brilhante
12	Safi - Brasil Energia S/A	1982	Nova Alvorada do Sul
13	Usina Sonora	1979	Sonora
14	Usinavi S/A - IBE	1981	Navirai
15	Vista Alegre Açúcar e Alcool	2008/09	Maracaju
16	Iaco Agrícola S/A	2008/09	Chapadão do Sul
17	Usina Laguna	2008/09	Bataypora
18	São Fernando Açúcar e Alcool	2008/09	Dourados
19	Bunge - Monte Verde	2008/09	Ponta Porã
20	ETH Bioenergia - Santa Luzia I	2008/09	Nova Alvorada do Sul
21	Novamerica Caarapó	2008/09	Caarapó
22	Usina Aurora	Projeto	Anaurilandia
23	Rio Paraná Açúcar e Alcool	Projeto	Eldorado
24	Cerona	Projeto	Nova Andradina
25	Pantanal Açúcar e Alcool	Projeto	Sidrolândia
26	Terra Verde Bioenergia	Projeto	Nova Andradina
27	Usina Chapadão - Equipav	Projeto	Chapadão do Sul
28	Vale do Vacaria Açúcar e Alcool	Projeto	Sidrolândia

Fonte: Autora.

A propósito dos aspectos positivos para a implantação de usinas sucroalcooleiras no Estado de Mato Grosso do Sul, tem-se, ainda, conforme Pereira (2007, p. 71), o interesse público das empresas pelos benefícios econômicos sendo a geração de empregos o principal deles. A primeira Lei de Incentivo às indústrias no Estado foi a de nº 440/1984, por meio da qual foi criado o Conselho de Desenvolvimento Industrial (CDI-MS).

Esse crescimento se deu principalmente na Bacia do Rio Paraná, uma vez que existe a Lei nº 328/1982, que proíbe a atividade na Bacia do Paraguai, sendo apenas as indústrias construídas anteriormente à Lei que estão em atividades. São elas: a Companhia Brasileira de Açúcar e Alcool, adquirida pelo grupo Queiroz Bisneto, em 1996, no município de Sidrolândia, e a Companhia Agrícola Sonora Estância, instalada em 1976 no município de Sonora.

Para muitas dessas usinas até então implantadas e das usinas em fase de planejamento, nosso Estado possui uma expectativa muito boa em relação aos anos anteriores de produção de etanol e também de açúcar. Esses dados podem ser bem visualizados na TABELA 4.7.

TABELA 4.7 – Evolução da Produção de Cana-de-açúcar, Açúcar e Alcool em Mato Grosso do Sul.

PRODUTO	Safra 07/08	Safra 08/09	EXPECTATIVA Safra 10/11
AÇÚCAR (1000 t)	739,9	1.006,10	1.273,7
ÁLCOOL ANIDRO (m³)	325.082,3	405.978,3	302.918,0
ÁLCOOL HIDRATADO (m³)	524.251,0	658.065,9	1.527.990,2
ÁLCOOL TOTAL (m³)	849.333,3	1.064.044,20	1.830.908,2
CANA-DE-AÇÚCAR (1000 t)	16.732.700	23.297.800	34.274.400
ÁREA (hectares)	202.800	275.000	401.800

Fonte: CONAB - Acompanhamento Safras 2007 a 2011(Adaptada).

Para Mato Grosso do Sul, a prática da queima é regida por duas leis: Lei nº 3.357, de 9 de janeiro de 2007 (ANEXO I), que estabelece regras para a queima controlada da cana-de-açúcar e prevê capacitação para os trabalhadores que forem deslocados de seu foco de operação devido a não adoção da queima; e Lei nº 3.404, de 30 de julho de 2007 (ANEXO II), que dispõe sobre a localização de indústrias de açúcar e álcool.

A prática da queima da palha da cana-de-açúcar é regida por Lei municipal, em que as usinas são obrigadas a solicitar autorização de queima da palha da cana na prefeitura municipal onde se localiza o imóvel, conforme cita a Lei nº 3.357, em seu art. 5º: “A autorização para queima dos talhões a serem colhidos será expedida pela Prefeitura Municipal em que se localizar o imóvel, a qual regulamentará o procedimento a ser cumprido pelos produtores rurais, respeitadas as Leis Federais, especialmente no tocante a áreas de preservação permanente, reservas florestais, matas ciliares e quaisquer outras determinações do Ministério do Meio Ambiente ou outro órgão federal que regule a matéria.”

Contudo, ainda há dificuldades relacionadas ao cumprimento dessa determinação legal, como pode ser observado em uma autorização municipal emitida pela Prefeitura de Rio Brilhante à uma usina instalada no município, no qual consta: “que o município ainda não dispõe de um órgão de fiscalização ambiental legalmente estabelecido, visando este licenciamento e a fiscalização de atividades de impacto ambiental, vez que tal incumbência foi de Estado, sendo delegada aos municípios recentemente.”

A mesma Lei cita, em seu art. 6º, que “O regulamento a que se refere o art.5º desta lei, deverá estabelecer os casos em que a queima será negada ou suspensa, inclusive se:

I- forem constatados e comprovados risco de vida humana, danos ambientais ou condições meteorológicas desfavoráveis;

II- se após o início do processo de queima ficar comprovado excesso de poluição do ar;

III- se a fumaça exalada da queima puser em risco a visibilidade de vias públicas que possam prejudicar as operações aeronáuticas, rodoviárias e de outros meios de transporte.”

Interessante ressaltar o parágrafo II desse artigo, que menciona ser impossível haver uma queimada e não haver a poluição do ar colocando em risco a vida humana e danos ambientais. Importante esclarecer que somente um estudo de dispersão atmosférica consegue simular as emissões de uma área queimada de cana-de-açúcar e, a partir daí, comprovar se há ou não riscos a saúde humana ou danos ambientais.

A Lei Municipal de Ponta Porã nº 3653/2009, exigiu o cancelamento da prática da queima da cana-de-açúcar antes da colheita. O Tribunal de Justiça de Mato Grosso do Sul já concedeu liminar na qual suspende os efeitos de Lei Municipal que regulamenta a colheita da cana-de-açúcar. Essas liminares foram concedidas diante da Ação Direta de Inconstitucionalidade e teve como principal argumento o fato de o Município não ter competência para legislar sobre meio ambiente, o que, de acordo com a Constituição Federal, é atribuição da União, Estados e Distrito Federal.

Conforme o entendimento do Secretário de assuntos jurídicos de Ponta Porã, Doutor Jadson Pereira Gonçalves, tem-se que: “Com base no interesse local, o Município pode suplementar a legislação estadual e federal sem contrariá-la. Por suplementar, entende-se detalhar, pormenorizar, mas jamais contrariar a Legislação a ser suplementada”. No caso de Ponta Porã, a Lei Municipal, considerada inconstitucional, estabelecia a proibição total da queima da palha a partir de junho deste ano de 2009, o que fere frontalmente a legislação estadual.⁸

A legislação estadual estabelece regras que permitem a colheita manual da cana-de-açúcar utilizando-se a queimada da palha. Mas, também, estabelece prazos para que esse procedimento seja eliminado do meio rural.

A Lei estadual nº 3404/2007 estabelece que nas áreas em que a topografia permite a colheita mecanizada, a queima da palha da cana-de-açúcar será totalmente eliminada no prazo de seis anos, a partir do ano de 2010, à razão de 16,75%.

Sendo o município parte interessada na exploração da cana-de-açúcar, uma vez que essa atividade oferece geração de emprego e renda à população, bem como, o apoio a projetos sociais, ficam comprometidos os mecanismos de controle e fiscalização das queimadas por meio da prefeitura, considerando que esses procedimentos de fiscalização deveriam ser imparciais.

⁸ Em: http://www.sulnews.com.br/ler.asp?id_noticia=3012. Acesso em: 02 de dezembro 2010.

Em Rio Brilhante, como também em vários outros municípios que tem plantação de cana-de-açúcar, foi deferida em julho de 2010, a liminar a favor do Ministério Público Estadual por intermédio do Promotor de Justiça, em resposta à ação civil pública ajuizada contra o Estado de Mato Grosso do Sul e o IBAMA, determinando a suspensão imediata das autorizações de queima da palha da cana-de-açúcar.

Em Dourados, foi deferida a liminar a favor do Ministério Público Estadual por intermédio do Promotor de Justiça, Paulo Zeni, em resposta à ação civil pública ajuizada contra o Estado de Mato Grosso do Sul e o IBAMA, determinando a suspensão imediata das autorizações de queima da palha da cana-de-açúcar. A liminar publicada na terça-feira (13/07), proferida pela Justiça Federal de Dourados contempla ainda que os municípios, situados subseção judiciária de Dourados comuniquem aos beneficiários a suspensão das autorizações em um prazo máximo de dez dias.⁹

Assim, o IBAMA terá a responsabilidade, exclusiva, de conceder as licenças ambientais respeitando o estudo prévio de impacto ambiental (EIA) e o relatório de impacto ambiental (RIMA), previstos no artigo 225, § 1º, IV da Constituição Federal.

No ano de 2008, o MPE e o MPF ajuizaram uma ação civil pública, considerando inconstitucional a legislação estadual, que regulamentava a queima da palha da cana-de-açúcar, transferindo para os municípios a competência para expedir as autorizações para o uso do fogo na colheita da cana sem a exigência os estudos de impacto ambiental. Na ação foi proposto que o licenciamento ou autorização da queima deveria ser feito por autoridade ambiental federal, no caso o IBAMA, já que os prejuízos não seriam apenas locais.¹⁰

A decisão produz efeitos além de Dourados para os municípios de Anaurilândia, Angélica, Bataiporã, Caarapó, Deodápolis, Douradina, Fátima do Sul, Glória de Dourados, Itaporã, Ivinhema, Maracaju, Nova Alvorada Do Sul, Nova Andradina, Novo Horizonte do Sul, Rio Brilhante, Taquarussu e Vicentina.

Espera-se que realmente sejam cumpridas as normas e os prazos estabelecidos em lei, e que não ocorra prorrogações ou dilatação desses prazos, que indicam a finalização da prática da queima da palha da cana-de-açúcar.

⁹ Em: <http://www.douradosagora.com.br/noticias/meio-ambiente/liminar-suspende-autorizacao-de-queima-da-palha-da-cana>. Acesso em: 02 de dezembro 2010.

¹⁰ Em: <http://www.douradosagora.com.br/noticias/meio-ambiente/liminar-suspende-autorizacao-de-queima-da-palha-da-cana>. Acesso em: 02 de dezembro 2010

5 ESTUDO DE CASO: QUEIMA DA PALHA DA CANA-DE-AÇÚCAR NO MUNICÍPIO DE RIO BRILHANTE/MS

5.1 MUNICÍPIO DE RIO BRILHANTE

O município de Rio Brilhante está localizado na faixa Sudoeste do estado de Mato Grosso do Sul. Trata-se de uma região Agropecuária e Sucroalcooleira pertencente à microrregião da Grande Dourados, distante 161 km da capital, Campo Grande. Possui uma população estimada em 27.905 habitantes (IBGE/2009) e uma área de 3.987,53 km² (IBGE/2007). Os municípios limítrofes com Rio Brilhante são: ao norte, nordeste e Leste Nova Alvorada do Sul; a sudeste Angélica; ao sul Deodápolis, Dourados e Douradina; a sudoeste Itaporã; a oeste Maracajú; e a noroeste Sidrolândia.

A localização do município de Rio Brilhante/MS, no Estado de MS, pode ser visualizada na FIGURA 5.1 abaixo apresentada.

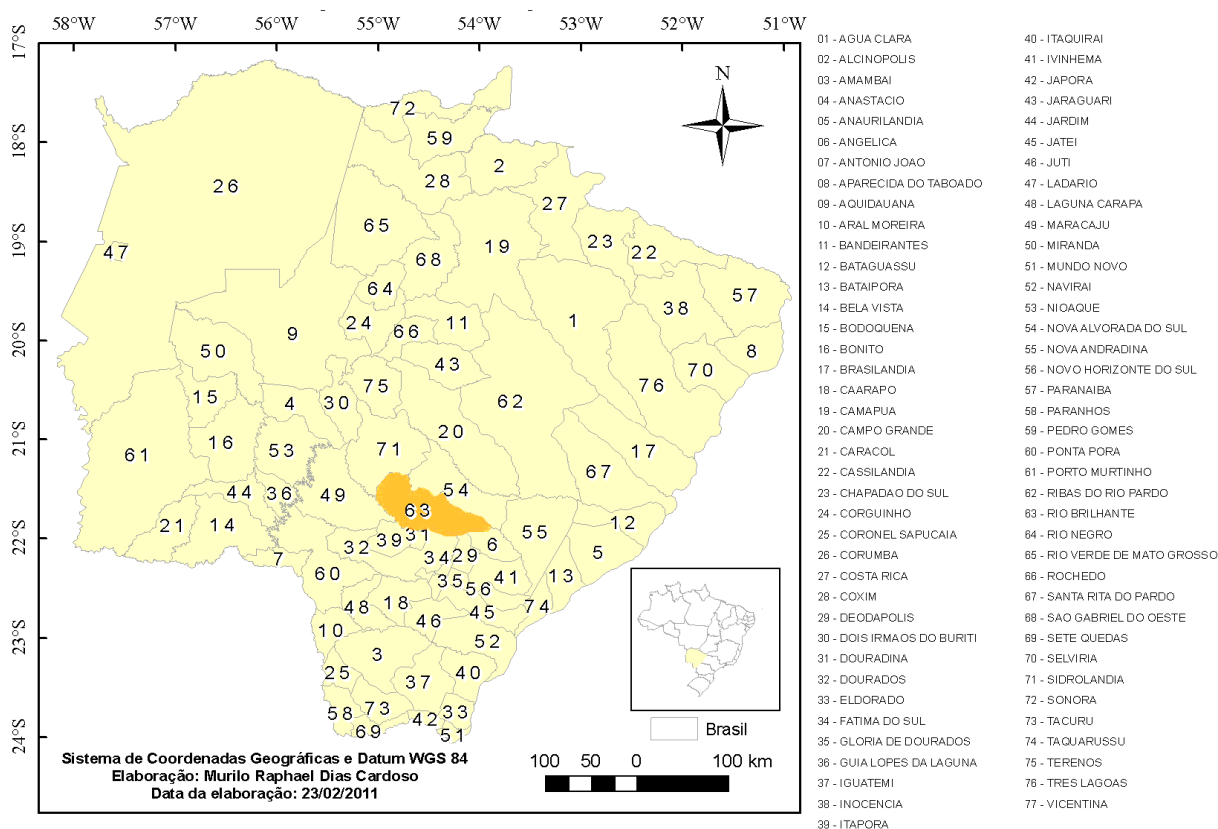


FIGURA 5.1 – Mapa de MS com destaque do município de Rio Brilhante.

Fonte: <http://geobrainstorms.wordpress.com/tag/mapa-de-municipios-do-mato-grosso-do-sul/>¹¹

¹¹ Em: <<http://geobrainstorms.wordpress.com/tag/mapa-de-municipios-do-mato-grosso-do-sul/>>. Acesso em: 10 janeiro 2011.

Inicialmente, a cana-de-açúcar no município de Rio Brilhante era plantada em áreas degradadas, com o intuito da recuperação dessas áreas. No decorrer do tempo, a cana-de-açúcar começou a ser aplicada em áreas de pastagens e hoje os canaviais já adentram as áreas de plantio de soja.

Com isso, Rio Brilhante, criou a Lei nº 1.507/2007 (ANEXO IV), que fixa limites de crescimento para as áreas voltadas ao cultivo da cana-de-açúcar no município, estabelecendo um teto de quarenta por cento da área total do município que pode ser destinada ao cultivo da cana.

Atualmente, a produção da cultura da cana-de-açúcar tem aumentado muito a cada ano, conforme representado na TABELA 5.1. Rio Brilhante já é o segundo maior produtor de cana-de-açúcar brasileiro. Em dois anos a área plantada expandiu 109,8%. Tal incremento permitiu que o município saltasse da 13ª posição em 2007 para a segunda em 2009¹², levando MS à 5ª posição em área plantada de cana no Brasil.

TABELA 5.1 – Produção anual de cana-de-açúcar no município de Rio Brilhante /MS.

Ano	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Produção (ton)	1.046.038	1.815.939	2.167.264	2.987.284	6.267.884	6.261.596

Fonte: Secretaria de Estado de Meio Ambiente, do Planejamento, da Ciência e Tecnologia de MS (SEMAM/MS).

Rio Brilhante conta atualmente com três usinas instaladas em seu território – LDC Bioenergia (RIO BRILHANTE), ETH Bioenergia (ELDORADO), LDC Bioenergia (PASSA TEMPO e mais uma unidade – Brasil Energia S/A (SAFI) – que tem áreas de plantio de cana-de-açúcar no Município, no entanto, seu parque industrial está instalado em Nova Alvorada do Sul, município vizinho.

O Município conta hoje com uma legislação específica relativa à cultura da cana-de-açúcar: a Lei nº 1.532, de 17 de junho de 2008 (ANEXO III), dispõe sobre o emprego do fogo como método despalhador e facilitador de corte, também abrangendo normas para sua aplicação e a parte burocrática acerca de autorizações e punições. Essa Lei municipal é mais restritiva que a Lei Estadual, pois esta, em seu artigo primeiro, cita que, no município de Rio Brilhante, o emprego do fogo como método despalhador e facilitador do corte de cana-de-açúcar em áreas passíveis de mecanização da colheita será eliminado de forma gradativa,

¹² Em: <<http://www.jornalriobrilhante.com.br/leitura.php?codCanal=2&codNews=8147>>. Acesso em 12 janeiro 2011.

devendo a redução ser iniciada a partir do ano de 2009 e com término no ano de 2012, não podendo a redução ser inferior aos seguintes percentuais: em 2009, 25%; em 2010, cinquenta por cento; em 2011, 75%; e em 2012, cem por cento.

No ano de 2010, a Prefeitura de Rio Brilhante concedeu a autorização para queima da palha da cana-de-açúcar para essas quatro unidades sucroalcooleiras, que têm suas áreas de cana-de-açúcar no município, como pode ser visto na TABELA 5.3.

TABELA 5.2 – Total das colheitas cruas e mecanizadas autorizadas pela Prefeitura de Rio Brilhante/MS para a safra de 2010/2011.

Unidades sucroalcooleiras	Total a ser colhido em 2010	Colheita cana-de-açúcar crua	Colheita cana-de-açúcar queimada
RIO BRILHANTE	30.191,75 ha	15.327,78 ha	14.863,97 ha
ELDORADO	22.271 ha	21.478 ha	793 ha
PASSA TEMPO	22.819,04 ha	12.358,66 ha	10.460,38 ha
SAFI*	Dado não disponibilizado	Dado não disponibilizado	Dado não disponibilizado

* essas informações ficaram de ser repassadas pela Prefeitura de Rio Brilhante/MS, mas não foram disponibilizadas até a conclusão desta pesquisa.

No processo protocolado na Prefeitura para se obter essa autorização, consta que a usina necessita relacionar os nomes das propriedades que têm plantação de cana-de-açúcar, o número do talhão, a previsão da colheita e se será colhida com ou sem queima. Relaciona também o material e a infraestrutura de apoio e combate aos incêndios florestais que serão utilizados no procedimento de queima da palha da cana-de-açúcar antes da colheita.

A exemplo de usina Passa Tempo, que teve uma colheita 100% mecanizada em 2010, 45% foi colhida com a prática da queima para eliminação da palha da cana-de-açúcar. Isso demonstra que nem sempre uma área 100% mecanizada é uma área livre da queima da palha.

Rio Brilhante, como todo o Estado de MS, não conta com estrutura necessária para realizar a fiscalização das áreas de plantio que executam a queima. Ainda não possui laboratórios com o emprego do geoprocessamento para a detecção, não conta com veículos destinados à verificação e fiscalização *in loco*, tão pouco possui profissionais habilitadas e capacitadas para tal tarefa.

5.2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA ESCOLHIDA

O local selecionado para o presente estudo localiza-se na zona rural do município de Rio Brilhante no Estado do Mato Grosso do Sul, entre coordenadas cartesianas em UTM que

formam o retângulo da área de estudo (737308X, 7623346Y; 738032X, 7622740Y; 737850X, 7622394Y; 737139X, 7622986Y), cuja altitude é de 313 m. A área selecionada para o estudo está situada a noroeste e distante 40 km do centro urbano de Rio Brilhante.

A opção escolhida para identificar uma área de queimada de cana-de-açúcar foi aleatória, em ocasião de pesquisa por imagens do programa “google earth” de uma área plantada de cana-de-açúcar próxima a uma usina instalada em Rio Brilhante a sudoeste de Mato Grosso do Sul, onde possivelmente é, ou foi, um fonte área emissora de PTS. Essa foi a alternativa encontrada, já que nenhuma usina de fabricação de álcool e açúcar, tão quanto a Prefeitura de Rio Brilhante/MS disponibilizaram a informação de áreas onde ocorre a queima da palha da cana-de-açúcar para colheita.

Instalada em Rio Brilhante/MS, a usina “W” foi escolhida visto que foram repassadas pela gerência os dados para processar os 18000 toneladas de cana-de-açúcar diário, referente ao processo industrial. A denominação “W” foi uma forma de caracterizar a usina, já que a gerência da indústria solicitou que não fossem citados nomes no referente trabalho.

Como mencionado anteriormente, o município de Rio Brilhante/MS foi escolhido pelo fato de liderar o ranking estadual de produção de cana-de-açúcar e por possuir uma estação automática medidora de meteorologia, pois sem essa informação seria impossível realizar a modelagem de dispersão.

A FIGURA 5.2 abaixo focaliza a área de estudo localizada na área rural em relação à área urbana no município de Rio Brilhante.



FIGURA 5.2 - Local selecionado para o do estudo em Rio Brilhante/MS. Fonte: Imagem Google Earth (adaptada para esta pesquisa).¹³

¹³ Em: <www.kh.google.com>. Acesso em: 10 de dezembro 2010.

A FIGURA 5.3 apresenta uma visão panorâmica do local (talhão) escolhido para obter os resultados da modelagem atmosférica. O tamanho da área foi escolhido por meio de informações da produção diária repassadas pela gerência do controle de queima da palha da cana-de-açúcar da usina denominada “W”.



FIGURA 5.3 – Talhão de cana-de-açúcar escolhido para a realização da modelagem atmosférica. Fonte: Imagem Google Earth (adaptada para esta pesquisa).¹⁴

5.3 DISPERSÃO DE POLUENTES ATMOSFÉRICOS E O MODELO FONTE ÁREA DO AERMOD

O estudo da dispersão de poluentes é cada vez mais necessário para uma melhor qualidade de vida da humanidade. Dessa forma, as ciências vem desenvolvendo diversas linhas de pesquisa voltadas para o estudo do controle de emissões e de concentração de contaminantes na atmosfera.

Segundo Negri (2002), os modelos matemáticos de cálculo do transporte de poluentes na atmosfera representam uma importante ferramenta para a previsão do impacto de futuras fontes de poluição do ar e para a gestão ambiental de processos industriais já instalados. A partir de uma série confiável e representativa de dados meteorológicos, o estudo de dispersão atmosférica é por si só um trabalho complexo, principalmente quando incorporadas fontes de naturezas distintas.

¹⁴ Em: <www.kh.google.com>. Acesso em: 10 de dezembro 2010.

Basicamente, a modelagem é usada para responder à seguinte formulação: dadas às condições meteorológicas e as características das fontes emissoras, qual será a concentração de poluentes em determinados pontos e distância da fonte? (MENEZES, 2006, p. 32).

Esses modelos matemáticos de dispersão atmosférica foram desenvolvidos para estimar as concentrações dos poluentes atmosféricos emitidos por diversas fontes, ao nível do solo, e são baseados em uma concordância de princípios teóricos e dados experimentais.

Os modelos estimam as mais altas concentrações de um determinado contaminante, nas piores condições, tanto no que diz respeito às condições meteorológicas como as de emissão, para a área de influência, sob cenários alternativos.

Os modelos de dispersão atmosférica disponíveis foram desenvolvidos para atender a situações distintas em função do objetivo desejado e dos dados disponíveis para alimentar o modelo. Os dados referentes à topografia, clima e fontes de emissão alteram os resultados do programa, gerando dados únicos para cada área escolhida.

Há uma grande variedade de modelos de dispersão atmosférica disponíveis no mercado. Assim, modelos numéricos, estatísticos, gaussianos, entre outros, são utilizados nas mais diversas situações. Neste trabalho, o modelo escolhido para calcular as concentrações de PTS foi um modelo gaussiano, desenvolvido pela EPA, denominado AERMOD.

“Dentre os modelos disponíveis, os mais usados são os “Modelos de Dispersão Gaussianos”, onde adotam como premissa que o perfil da distribuição espacial da concentração de substâncias emitidas para a atmosfera segue aproximadamente a distribuição normal com uma dependência da concentração dos poluentes, do desvio padrão, cuja forma, quando representada em um histograma, é a de um sino, conhecida como curva de Gauss” (MENEZES, 2006).

Para Schenelle *et al.* (1999), a escolha de qualquer um dos modelos existentes para a avaliação da concentração de poluentes se dá em função dos objetivos visados, além das condições de limitações do próprio modelo e dos dados disponíveis necessários para a sua aplicação. De uma maneira geral, o *modelo gaussiano* é considerado adequado e prático para avaliar o impacto de poluentes não reativos.

Um modelo, na sua forma simplificada, demanda três tipos de dados de entrada: informações sobre as fontes dos poluentes, dados meteorológicos e topografia, sendo a partir desses dados que o modelo simula matematicamente o transporte e a dispersão dos poluentes. O resultado da simulação é a concentração de poluentes para o período de tempo e receptor específicos.

O cálculo do transporte e dispersão de poluentes leva em consideração diversos fatores, entre eles, as condições meteorológicas e as características das fontes poluidoras e dos poluentes emitidos (gases e particulados). Dados como temperatura do ar, velocidade dos ventos, incluindo suas flutuações (turbulências), insolação no local de implantação da indústria, direção do vento, grau de estabilidade ou instabilidade da atmosfera, relevo, dentre outros, são os atributos meteorológicos e geográficos mais importantes (LYRA, 2008, p. 50).

O modelo Pluma Gaussiano AERMOD é atualmente o *Estado-da-arte* em modelagem matemática de dispersão, cuja formulação é baseada na teoria da atmosfera turbulenta da camada limite planetária. O modelo foi desenvolvido por um comitê técnico científico da EPA cujos resultados foram publicados no *Federal Register N.º. 40 CFR Part 51 Revision to the Guideline on Air Quality Models, em 2006*, e, com isso, passou a ser um modelo de dispersão atmosférica recomendado de uso nos Estados Unidos, em substituição ao ISCST3 (Industrial Complex Short Term model), que atualmente é considerado um modelo alternativo e não recomendado para estudos de dispersão atmosférica de poluentes.

AERMOD estima a concentração de poluentes de fontes Volume, Ponto, Área, *Flare* e o Linha, as quais se distribuem por uma área limitada, tendo cada uma das fontes suas características próprias. A descrição da teoria e dos métodos matemáticos empregados no AERMOD pode ser encontrada no documento (AERMIC, 1995). O modelo AERMOD é atualmente aplicado nos Estados Unidos da América sem a necessidade de uma demonstração formal quanto à sua validade, desde que usado com as opções genéricas regulamentares (*Regulatory DEFAULT Options*). A empresa canadense Lakes Enviromental Software tornou o modelo amigável através do incremento da interface com sistema Windows, que passou a denominar-se AERMODView, version 6.7.1, utilizado no presente estudo. A representação analítica Gaussiana do modelo é resumida na EQUAÇÃO 5.1, abaixo detalhada.

$$C(x_p, y_r, z) = \frac{Q f_p}{2\pi u \sigma_y} \cdot \exp\left(\frac{-y_p^2}{2\sigma_y^2}\right) \cdot \sum_{j=1}^2 \sum_{m=0}^{\infty} \frac{\lambda_j}{\sigma_{zj}} \left[\exp\left(\frac{-(z - \Psi_{dj} - 2m z_j)^2}{2\sigma_{zj}^2}\right) + \exp\left(\frac{-(z + \Psi_{dj} + 2m z_j)^2}{2\sigma_{zj}^2}\right) \right] \quad 5.1$$

Em que:

- $C_d(x, y, z)$ = Concentração do poluente específico no espaço, [μ/m^3];
- U = Velocidade média horizontal do vento de superfície, [m/s];
- σ_y, σ_{zj} = Desvio padrão horizontal e vertical, [m].

5.4 – DADOS METEOROLÓGICOS

Para estudo da modelagem, foi utilizado um ano de dados meteorológicos horários referentes a 2009, medidos na estação automática de Rio Brilhante, operada pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), localizada na Latitude de 21,7750° S e na Longitude de 54,5281° W, sendo os dados horários: direção (graus) e velocidade de vento (m/s), temperatura média (°C), umidade relativa (%), pressão atmosférica (hPa) e a radiação solar global (W/m²).

No município de Rio Brilhante não existem dados meteorológicos de altitude. Para o presente estudo, esses dados foram estimados a partir dos dados de superfície da estação meteorológica, utilizando-se o pré-processador *AERMET* na opção *Upper Air Estimator* do estágio 3 de um processamento modificado, que estima os dados horários de Altitude. O princípio de cálculo dessa estimativa utilizada pelo *AERMET* baseia-se na teoria da camada limite planetária para produzir os 36 parâmetros micrometeorológicos que vão compor os dois arquivos *BRILH.SFC* e o *BRILH.PFL* que serão utilizados no *AERMOD*. De forma resumida, destacou-se no QUADRO 5.1 alguns parâmetros resultantes do produto final dos dados estimados pelo *AERMET* e que compõem os arquivos *RIO10709.SFC* e o *RIO10709.PFL* correspondentes aos anos de 2007 a 2009.

QUADRO 5.1 – Resumo do conjunto de dados micrometeorológicos que compõem os arquivos *.SFC e o *.PFL.

Superfície	Altitude
• Direção e velocidade do vento	• Direção e velocidade do vento em 2 níveis
• Razão Bowen	• Altura da Camada Limite Planetária
• Temperatura de superfície	• Altura da Mistura Turbulenta Mecânica
• Albedo da superfície	• Altura da Mistura Turbulenta Convectiva
• Fluxo de calor sensível e latente	• Perfil vertical de temperatura
• Precipitação	• Velocidade de atrito
• Dados de ocupação e uso do solo	• Radiação Solar Global
• Comprimento de Monin Obuckov	

Fonte: USEPA¹⁵

Os dados horários de vento foram processados com o pré-processador meteorológico *AERMET*, desenvolvido pela USEPA (Environmental Protection Agency and National Weather Service, 1999). O resultado do processamento produz os arquivos *BRILH.SFC* e o *BRILH.PFL* para modelagem no modelo *AERMOD*. Além disso, estima os dados de superfície da camada de mistura horária, da estabilidade atmosférica e o vetor fluxo da

¹⁵ Roger Brode, et al. MM5-ISCST3/AERMOD Tool Description. Modelers Workshop, US-EPA/OAQPS. Virginia Beach, VA May 16, 2007.

direção e velocidade do vento. O resultado do processamento das frequências combinadas entre a direção e a velocidade dos ventos é apresentado na TABELA 5.4 e no gráfico da Rosa dos Ventos da FIGURA 5.5. Observa-se que a predominância da origem dos ventos são do setor nordeste (NE) com sete por cento na faixa de velocidades entre 2,1 e 3,6 m/s; a segunda predominância são ventos vindos do Nortenoroeste (NNW) na faixa de velocidades entre 2,1 e 3,6 m/s; e a terceira predominância é de Noroeste (NW) na faixa de velocidades entre 2,1 e 3,6 m/s. A calmaria ocorre com 26 % do tempo e a velocidade média anual de 1,7 m/s.

Com a taxa de emissão relativamente constante, ao dobrar-se a velocidade dos ventos, será diminuída pela metade a concentração do poluente, pois a taxa de concentração é inversamente proporcional à velocidade dos ventos.

TABELA 5.3 – Distribuição de frequência da direção e velocidade do vento na Estação Meteorológica de Rio Brilhante/MS, ano 2009, do INMET.

Veloc. Direção	0,51 - 2,1		2,10 - 3,60		3,60 - 5,70		5,70 - 8,8		8,8 - 11,1		≥11,1		Total	
	(%)	Abs	(%)	Abs	(%)	Abs	(%)	Abs	(%)	Abs	(%)	Abs	(%)	Abs
N	1,04	91	2,45	215	0,64	56	0,21	18	0,01	1	0,00	0	4,35	381
NNE	1,22	107	2,59	227	0,66	58	0,18	16	0,00	0	0,00	0	4,66	408
NE	2,53	222	3,87	339	0,56	49	0,11	10	0,00	0	0,00	0	7,08	620
ENE	2,57	225	2,76	242	0,05	4	0,00	0	0,00	0	0,00	0	5,38	471
E	2,67	234	2,15	188	0,01	1	0,00	0	0,00	0	0,00	0	4,83	423
ESE	2,13	187	2,01	176	0,05	4	0,01	1	0,00	0	0,00	0	4,20	368
SE	2,29	201	2,24	196	0,10	9	0,00	0	0,00	0	0,00	0	4,63	406
SSE	2,23	195	2,99	262	0,29	25	0,08	7	0,00	0	0,00	0	5,58	489
S	1,62	142	2,98	261	0,55	48	0,06	5	0,00	0	0,00	0	5,21	456
SSW	0,98	86	2,10	184	1,02	89	0,10	9	0,00	0	0,00	0	4,20	368
SW	0,95	83	1,88	165	0,70	61	0,21	18	0,00	0	0,00	0	3,73	327
WSW	0,90	79	0,99	87	0,31	27	0,09	8	0,00	0	0,00	0	2,29	201
W	0,86	75	0,91	80	0,16	14	0,08	7	0,00	0	0,00	0	2,01	176
WNW	1,02	89	1,28	112	0,50	44	0,11	10	0,00	0	0,01	1	2,92	256
NW	1,45	127	2,47	216	1,46	128	0,56	49	0,01	1	0,00	0	5,95	521
NNW	1,72	151	2,87	251	1,63	143	0,73	64	0,00	0	0,00	0	6,95	609
Calmaria	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	26,03	2280
Total geral	26,19	2294	36,54	320	8,68	760	2,53	222	0,02	2	0,01	1	100,0	8760

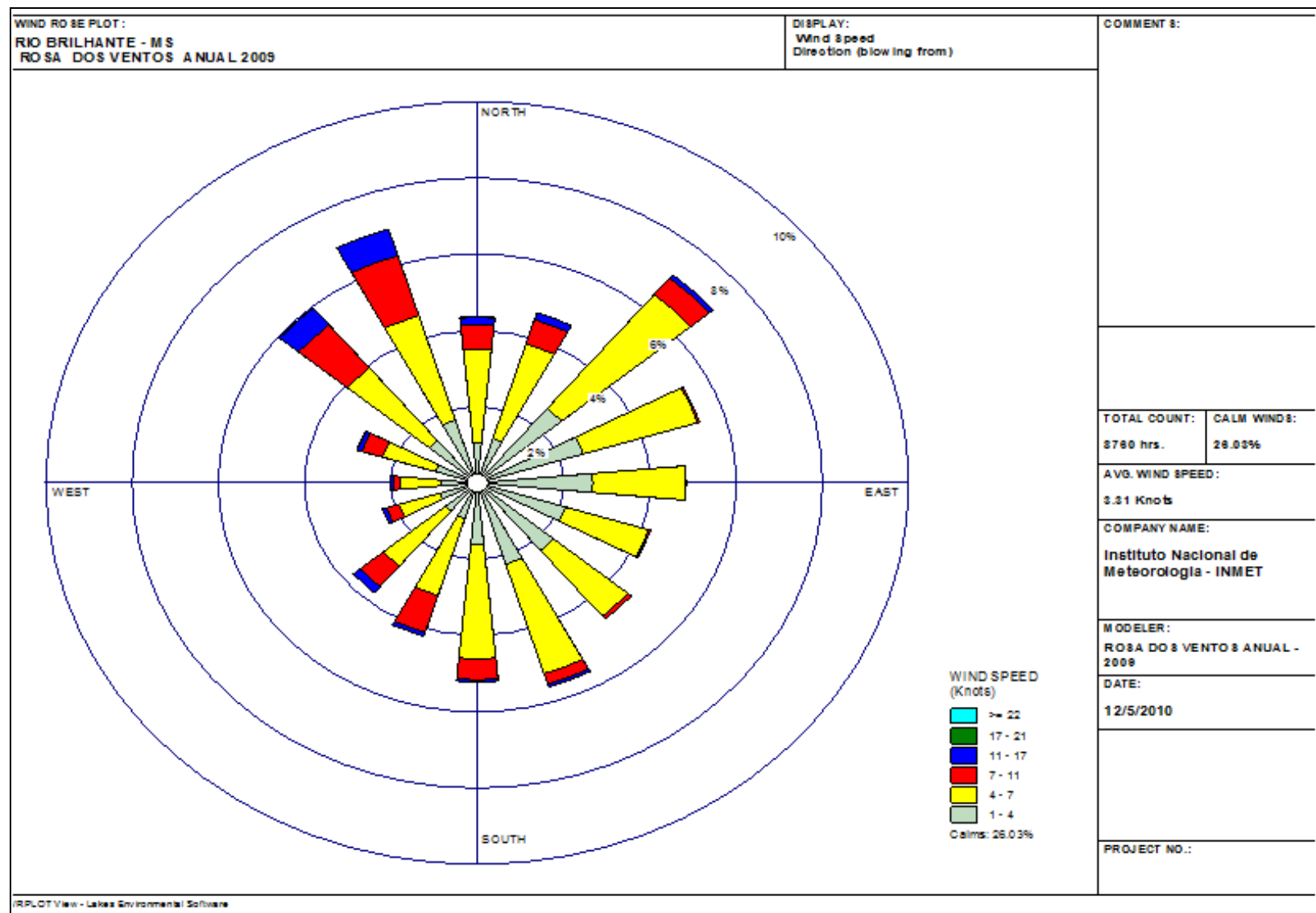


FIGURA 5.4 - Rosa dos ventos anual de 2009 na região de Rio Brilhante. Fonte: INMET.

5.5 ÁREA DE DOMÍNIO DAS CONCENTRAÇÕES E A GRADE TOPOGRÁFICA.

Para este estudo foi definida uma grade de 30 x 30 km que abrange uma área de 900 km². Esta permite uma avaliação do espalhamento horizontal da pluma de fumaça da fonte área sobre os pontos receptores no entorno da área de queimada de cana-de-açúcar, conforme mostra a FIGURA 5.6.

Dentro dessa grade, o modelo matemático AERMOD interpola e gera 961 quadrículas de 500m de lado cada uma, correspondente a pequenas áreas de 0,25 km², onde calcula as concentrações das PTS, cujo resultado final é a distribuição espacial das isoconcentrações sobre uma imagem de satélite de toda área de domínio. O resultado da modelagem permite inclusive visualizar a localização do ponto de concentração máxima de curto prazo e de longo prazo.

Para que os cálculos realizados pelo modelo possam demonstrar que os resultados estarão muito próximos de valores reais, incorporou-se a situação do relevo da região, por meio do levantamento das cotas de altitude sobre a área de estudo, utilizando a técnica de rastreio por satélite da NOAA-USGS SRTM3 (*Shuttle Radar Topography Mission*), DEM (*Digital elevation model*), cuja resolução entre as curvas de níveis é de 90 m. Após o levantamento das cotas de altitude sobre toda grade, montou-se o arquivo de topografia, tendo realizado o processamento dos dados foi realizado com programa pré-processador USEPA-AERMAP (*AMS/EPA Regulatory Model Terrain Pre-processor*), visto que o resultado alimenta o modelo AERMOD, e este por sua vez utiliza as irregularidades do terreno como fator de correção dos efeitos da topografia na dispersão atmosférica.

O resultado desse levantamento, demonstrado na FIGURA 5.7, permite constatar que a região é quase plana e possui poucos obstáculos topográficos de destaque no terreno de tal modo que possa obstruir o efeito natural do fluxo da dispersão atmosférica.

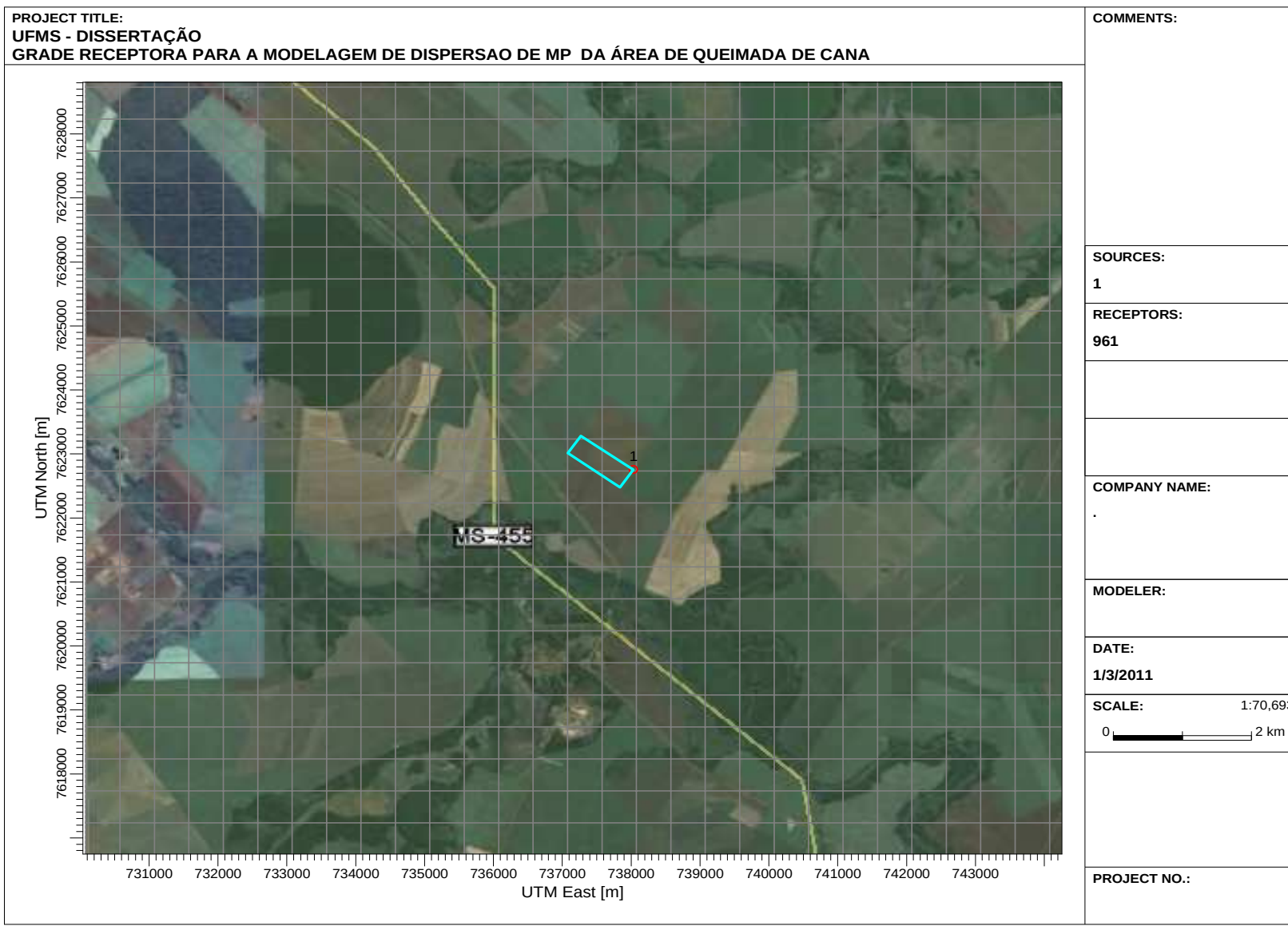


FIGURA 5.5 - Grade da área de domínio no município de Rio Brilhante para modelagem de dispersão.

Fonte: Imagem Google Earth, adaptada para esta pesquisa.

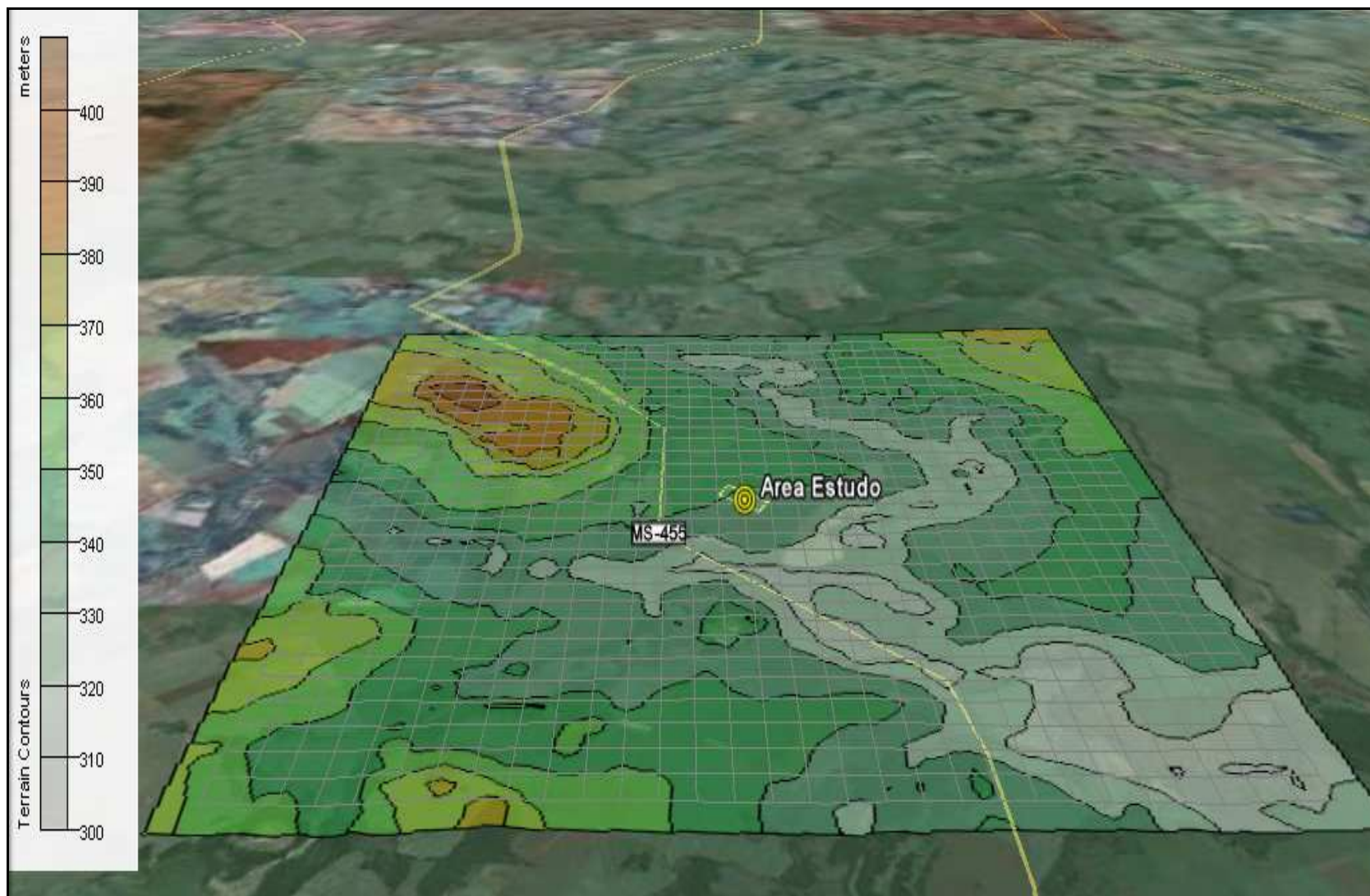


FIGURA 5.6 – Grade topográfica sobre o município de Rio Brilhante.
Fonte: Imagem Google Earth, adaptada para esta pesquisa.

5.6 PADRÃO DE QUALIDADE DO AR

De acordo com a Lei Federal nº 8.028, de 12 de abril de 1990, com o Decreto nº 99.274, de 06 de junho de 1990, e a Resolução nº 3, de 28 de junho de 1990, do CONAMA, publicada no D.O.U. de 22 de agosto de 1990, foram estabelecidos os padrões nacionais de qualidade do ar. No art. 2º da Resolução mencionada, foram estabelecidos dois tipos de padrões de qualidade do ar: o Primário e o Secundário, para o material particulado, conforme mostra a TABELA 5.5.

TABELA 5.4 - Padrões de qualidade do ar para Partículas Totais em Suspensão.

POLUENTE	TEMPO DE AMOSTRAGEM	PADRÕES	
		Primário [µg/m³]	Secundário [µg/m³]
Poeira Total em Suspensão, PTS	24 horas ¹	240	150
	MGA ²	80	60

(1) Não deve ser excedido mais que uma vez ao ano.

(2) Média geométrica anual.

(3) Média aritmética anual.

Fonte: Resolução CONAMA nº 3 (1990).

5.7 EMISSÕES ATMOSFÉRICAS DE PARTÍCULAS TOTAIS EM SUSPENSÃO PTS

Para o estudo de dispersão foi considerado um cenário único de simulação, tendo em vista que se trata de uma extensa área de cana-de-açúcar plantada. Durante o período de queimada, a fonte de emissão está localizada no solo envolvendo toda área plantada; logo, na combustão da chama da palha da cana-de-açúcar ocorre emissão de PTS, cuja fonte foi classificada para fins de estudo de modelagem matemática de dispersão atmosférica como *Fonte Área*.

O estudo se enquadra na legislação municipal de Rio Brilhante, a qual dispõe que, em 2010, poderia realizar a colheita sendo cinquenta por cento de cana-de-açúcar crua e cinquenta por cento queimada.

A usina “W” foi escolhida visto que foram repassados pela gerência os dados para processar as dezoito mil toneladas de cana-de-açúcar diárias, referentes ao processo industrial. Conforme informações colhidas na usina, para processar dezoito mil toneladas de cana-de-açúcar seria necessária uma área plantada de 200 *ha* para garantir uma produtividade média de 90 t/*ha*. Essa área, durante a colheita, conforme legislação municipal, seria dividida em 100 *ha* de cana-de-açúcar colhida crua e 100 *ha* de cana-de-açúcar colhida queimada.

As colheitas são realizadas de acordo com a capacidade de colheita de cada frente de trabalho. Cada frente tem cinco máquinas com capacidade de colher 3600 ton, ou seja, 36 ha em uma frente de trabalho. Esses 36 ha são queimados juntos devido à logística para colheita.

Segundo a gerência da área agrícola da usina, para o tipo de cana-de-açúcar plantado naquela Unidade, na prática, o que se tem observado é que, em média, sete por cento do peso da cana-de-açúcar colhida é palha. Logo, os 36 hectares queimados em uma frente de trabalho têm 3.348 ton/cana-de-açúcar e 226 ton/palha.

A área objeto do estudo é retangular e definida conforme mostra a TABELA 5.6.

TABELA 5.5 – Pontos coordenados que formam o retângulo da área de estudo.

Extremidades do retângulo da área de estudo	Coordenadas cartesianas em UTM. Zona 21	
	X(m)	Y(m)
A	737308	7623346
B	738032	7622740
C	737850	7622394
D	737139	7622986

Fonte: Autora.

5.7.1 Cálculo da emissão de PTS

Para estimar a taxa de emissão de PTS, a partir da produção acima mostrada de cana-de-açúcar queimada, utilizou-se o fator de emissão da USEPA, Fatores de Emissão do AP-42 do documento *USEPA AP-42* (1996), capítulo “I – *External Combustion Sources*”, item “1.8 - *Bagasse Combustion in Sugar Mills*”. De acordo com a USEPA, a EQUAÇÃO 5.2 é a utilizada para estimar a emissão de PTS resultante da combustão da queimada da cana-de-açúcar.

$$E = A \times EF \quad (5.2)$$

Em que:

E = Taxa de emissão de PTS, kg/h.

A = quantidade de cana-de-açúcar queimada.

EF = Fator de emissão de PTS, lb/t.

Ainda de acordo com a USEPA, o fator de emissão (EF) para PTS oriundo da queimada de cana-de-açúcar é de 15,6 lb/t.

Fator de Conversão de unidade de libra para kg: $lb/t \times 0,5 = kg/Mg$

Logo, o fator de emissão é:

$$EF = 15,6 \text{ lb/t} \times 0,5 = 7,8 \text{ kg/Mg.}$$

Convertendo as quantidades da queima de cana-de-açúcar (A) de t/dia para kg/h obtém-se:

- Toneladas de cana-de-açúcar = 3348 t/dia = 139.500 kg/h
- Toneladas de palha = 226 t/dia = 9.417 kg/h

Os totais de cana-de-açúcar mais a palha são iguais a 148.917 kg/h; a taxa de emissão de PTS (E) é:

$$E = A \times EF = (148.917 \text{ kg/h}) \times (7,8 \text{ kg/Mg}) = 1.161,6 \text{ kg/h;}$$

Que resulta em $E = 322,7 \text{ g/s.}$

A taxa de emissão acima mais os demais parâmetros para entrada no modelo de dispersão para estimar as concentrações de PTS são apresentados na TABELA 5.7.

TABELA 5.6 – Parâmetros de entrada no modelo de dispersão.

Fonte	Coordenadas em UTM		Dimensões da área		Taxa de emissão	Dimensão Vertical (m)
	X (m)	Y(m)	X (m)	Y (m)	(g/s)	
Área	738032	7622757	925	215	322,7	0,5

UTM = Universal Transversal Mercator.

Fonte: Autora.

6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir dos dados meteorológicos horários preparados nas extensões *.SFC e *.PFL da topografia e da taxa de emissão, como entrada no modelo de dispersão AERMOD, calculou-se as concentrações de Partículas Totais em Suspensão, PTS, para os períodos de curto prazo, média de 24 horas, e longo prazo, média anual, cujos resultados são apresentados na TABELA 6.1.

TABELA 6.1 – Resultados da modelagem para obtenção das concentrações de PTS, média de 24h e anuais.

Poluente Fonte	Concentração máxima de PTS, $\mu\text{g}/\text{m}^3$			
	Média de 24h	Localização	Média anual	Localização
Área	1.103	A noroeste e a 1 km do canavial	178	No terreno do Canavial.
Padrão CONAMA 3/90	240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, média de 24h.		80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, média anual.	

Fonte: Autora.

A concentração máxima de PTS foi de 1.103 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, média de 24h, a qual é 4,6 vezes maior que o padrão diário de PTS, que é de 240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Esse máximo ocorre a noroeste e a um km de distância do centro geométrico do terreno da área queimada do canavial.

A concentração máxima de PTS foi de 178 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, média anual, que é 2,2 vezes maior que o padrão anual de PTS, que é de 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Esse máximo ocorre dentro das dependências do terreno da área queimada do canavial.

Portanto, em ambas as concentrações máximas, de curto e longo prazo, haverá impacto negativo por material particulado sobre a área da grade receptora de domínio selecionada para aplicação da avaliação da qualidade do ar, durante o período de queimada do total de cana preparada para o processo de colheita. Esses resultados ficam demonstrados por meio dos mapas das isoconcentrações apresentados nas FIGURAS 6.1 à 6.4. As figuras 6.1 e 6.2 mostram que a alteração do padrão de PTS se estende dentro de um círculo de raio de 5 km, a partir do centro da área da queimada. As figuras 6.3 e 6.4, mostram as médias anuais, e que a alteração do padrão de PTS se estende dentro de um círculo de raio de 2,5 km, a partir do centro da área da emissão de partículas totais em suspensão da pluma de fumaça.

Cabe ressaltar, no entanto, que os dados obtidos por meio do estudo de dispersão se referem apenas à área escolhida. O tamanho, as condições atmosféricas do município e os dados topográficos geram um resultado exclusivo.

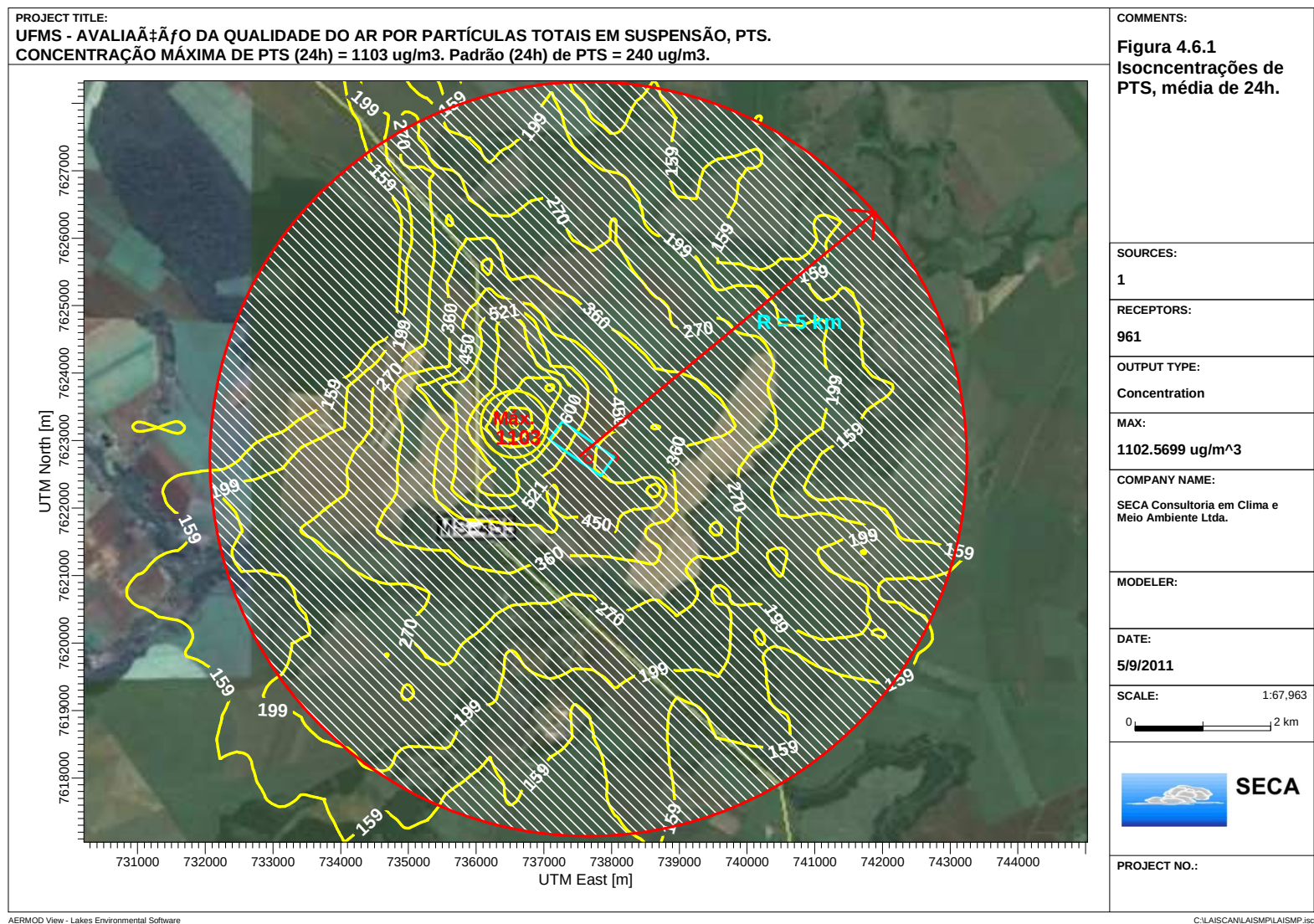


FIGURA 6.1 – Mapa das isoconcentrações ações de PTS, médias de 24 horas.

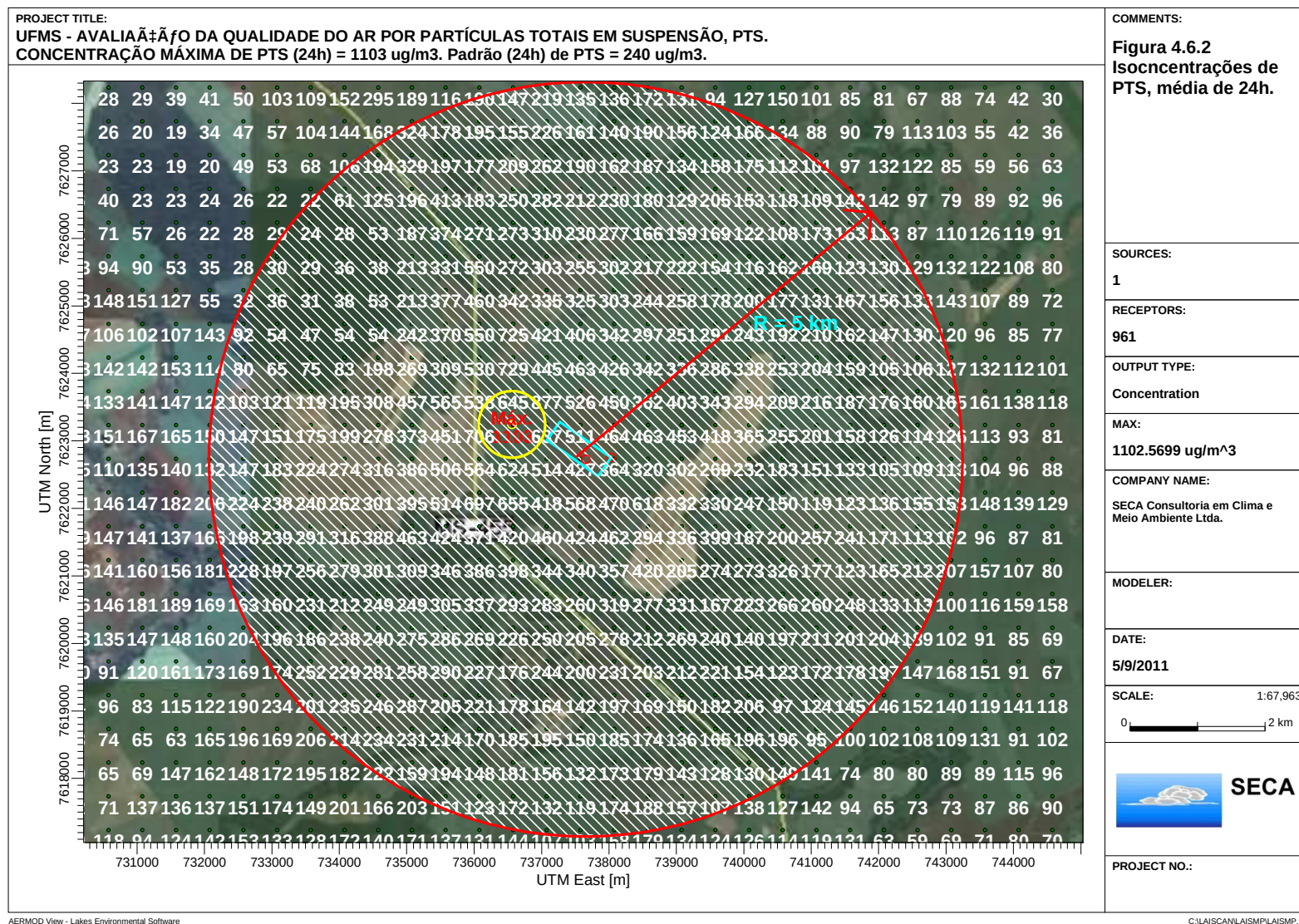


FIGURA 6.2 – Localização do ponto de máxima concentração de PTS, média de 24 horas

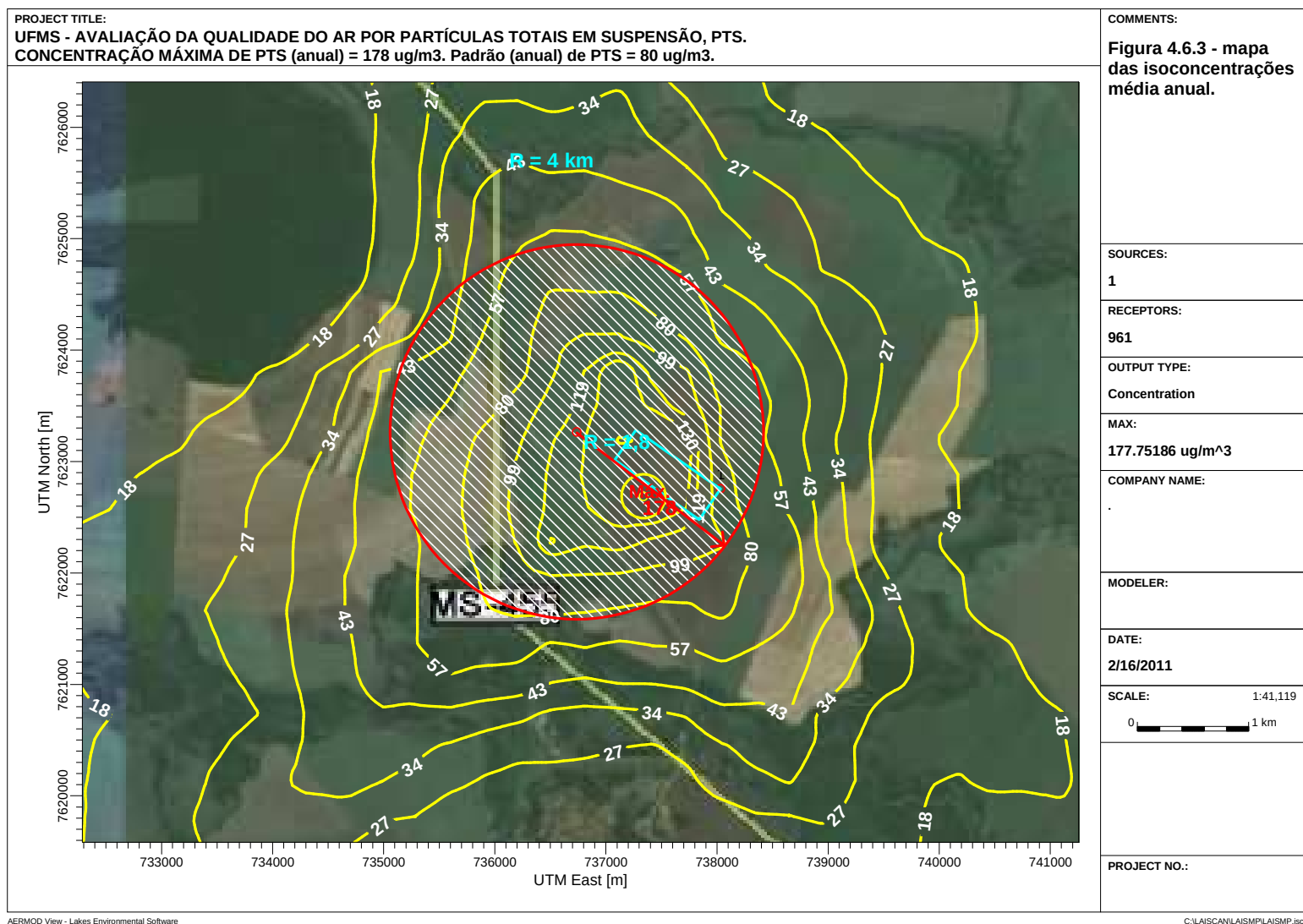


FIGURA 6.3 – Mapa das isoconcentrações de PTS, médias anuais.

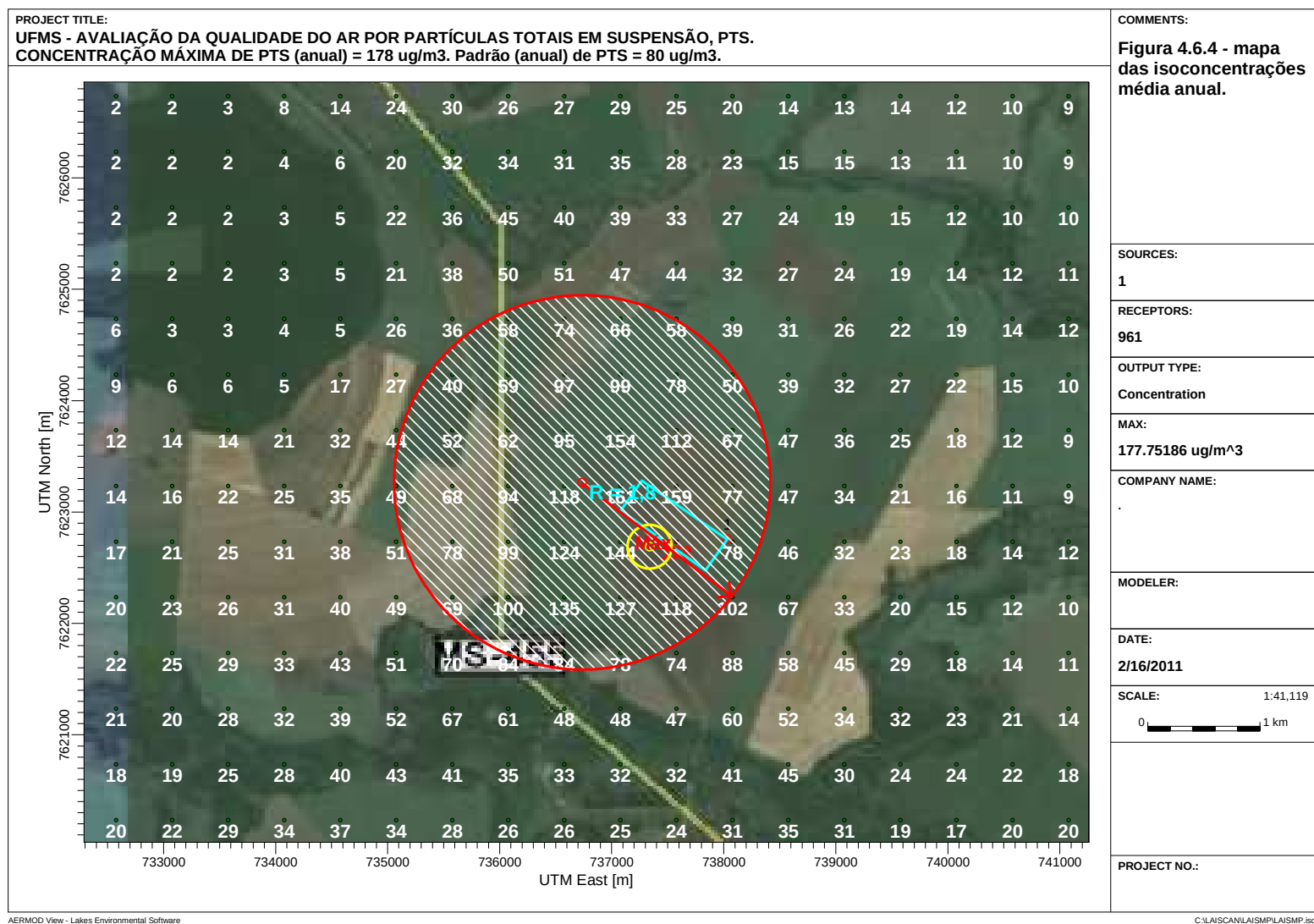


FIGURA 6.4 – Localização do ponto de máxima concentração de PTS, médias anual.

7 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A questão dos biocombustíveis tem ocupado lugar de destaque no âmbito nacional e internacional, especialmente em relação ao álcool combustível como forma alternativa de energia.

Em Mato Grosso do Sul, os incentivos fiscais, o excelente preço e a alta qualidade de suas terras, assim como a presença de ótimas condições edafoclimáticas como solos com boa drenagem, bom armazenamento de água e, em média, baixa declividade, bom índice de precipitação e clima favorável à agricultura e, finalmente, boa infraestrutura para escoamento da cana e do álcool, foram e continuam sendo os aspectos favoráveis para a atração de usinas sucroalcooleiras no Estado.

Apesar da riqueza produzida pela expansão da cultura da cana-de-açúcar, há que se reduzir os efeitos das queimadas da palha utilizadas no processo de colheita da cana-de-açúcar em relação à biodiversidade e à saúde da população. De acordo com a revisão feita neste trabalho, existem fortes evidências de que as queimadas da palha da cana-de-açúcar afetam a saúde e o bem-estar dos indivíduos que moram na região.

Por outro lado, não há interesse da indústria sucroalcooleira em modificar essa situação. A movimentação e manejo dessa biomassa constituída por folhas (palha) não fazem parte da produção na fase industrial, sendo, portanto, considerada matéria prima descartável, pois ela não tem participação na produção de álcool ou açúcar na fase industrial.

No Mato Grosso do Sul, o governo estadual delegou aos municípios o poder de emitir autorizações para a queima da palha da cana-de-açúcar. No entanto, os municípios não têm como avaliar esse impacto. Contudo, é de fundamental importância fortalecer as políticas ambientais locais, objetivando igualmente estudos que permitam o estabelecimento de políticas públicas ambientais e de saúde, com o envolvimento de administradores, indústrias e toda população afetada, com vistas a garantir uma melhor qualidade do ar por meio do controle de emissões atmosféricas geradas pelas indústrias especialmente na área agrícola.

A legislação estadual permite a prática da queimada, observando restrições de horários e distância das cidades. A queima da palha da cana-de-açúcar fica proibida, por exemplo, quando o nível de umidade relativa do ar fica abaixo de trinta por cento. Entretanto, não existem programas de fiscalização relacionada a queimadas nos municípios de Mato Grosso do Sul.

As legislações municipais e estaduais autorizam a queimada da palha da cana-de-açúcar apenas em horário noturno. Porém, as condições meteorológicas nesse horário não são propícias à dispersão de poluentes, pois ocorrem ventos mais fracos em direção constante.

A substituição da queima pela colheitadeira mecânica, ou seja, colher sem a realização da queima da palha, certamente beneficiará as condições de saúde das pessoas que moram próximas às áreas canavieiras. Entre as dificuldades para a eliminação total da queima, estão as restrições dos produtores em relação ao preço e às deficiências da colheitadeira mecânica; como as dos cortadores manuais, que ganham por produção e, assim, conseguem maior produtividade, sofrendo menores riscos com animais peçonhentos na cana-de-açúcar queimada.

As legislações vigentes proíbem a queimada nas áreas de coleta mecanizada, mas essa prática não poderá mais ser efetuada somente a partir do ano de 2016. Nas áreas não mecanizáveis, a queima controlada poderá se estender ainda por mais tempo. Essas leis podem ser alteradas conforme a existência de evidências de prejuízo à saúde da população, mas isso depende de mobilização e pressão social.

A aplicação das normas de Certificação ISO na lavoura de cana-de-açúcar, bem como, da Norma Internacional de Certificação Ambiental ISO 14000, destinadas à normatização de sistemas e ferramentas de gestão ambiental, é importante para garantir uma política ambiental firmemente voltada para a consciência, a organização e o comprometimento, para a promoção de uma nova cultura empresarial e de renovadas práticas sociais de participação, sempre na perspectiva do desenvolvimento sustentável.

Recomenda-se realizar igualmente estudos de dispersão atmosféricas referentes à queimada da palha da cana-de-açúcar, com emissões de partículas inaláveis, monóxido de carbono, dióxidos de nitrogênio, dióxidos de enxofre e monóxido de carbono.

O presente estudo demonstrou que há impactos negativos altamente significativos nos limites da área de domínio da pluma de fumaça da queimada de cana. De acordo com os limites definidos na Resolução CONAMA nº 3, de 28 de junho de 1990, a máxima concentração diária ultrapassa em 4,6 vezes o padrão de PTS de $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$, média de 24h; e ultrapassa também em 2,2 vezes o padrão anual de $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Ressalta-se que as concentrações podem ser maiores na região que foi objeto do presente estudo, já que o resultado é somente de uma frente de trabalho de queimada de cana, e a usina referenciada neste estudo realiza três frentes de trabalho agrícola para a colheita da cana-de-açúcar simultaneamente.

Do ponto de vista da classificação da qualidade do ar, a área de domínio de 900 km² utilizada na modelagem, onde ocorre o espalhamento da pluma de fumaça da queimada de cana, pode ser classificada como *Crítica*, segundo o *PSI – Pollutant Standards Index* da Agência de Proteção Ambiental Americana (*U.S. Environmental Protection Agency – USEPA*).

Já diante da Resolução do CONAMA nº 3/1990, que estabelece os níveis de qualidade do ar para elaboração do Plano de Emergência para Episódios Críticos de Poluição do Ar, visando providências dos governos de Estado e dos Municípios, assim como, de entidades privadas e comunidade geral, com o objetivo de prevenir grave e iminente risco à saúde da população, o resultado deste estudo para PTS é de níveis de emergência ultrapassando a concentração de 875 µg/m³.

Dessa forma, instrumentos previstos na Política Nacional de Meio Ambiente, como a “Avaliação de Impacto Ambiental” e o “Licenciamento das Atividades Potencialmente Poluidoras”, deveriam ser exigidos para a prática de queima da palha da cana-de-açúcar no município de Rio Brillhante/MS, como em todo o estado de Mato Grosso do Sul, com a finalidade de se garantir qualidade ambiental. Os “Estudos de Impacto Ambiental” e o respectivo “Relatório de Impacto Ambiental”, incluindo o “Estudo de Dispersão de Poluentes Atmosféricos”, estão ainda restritos à fase industrial do setor sucroalcooleiro.

Portanto, permitir as queimadas da palha de cana-de-açúcar é contribuir para a destruição gradual do planeta, o que já é uma realidade. A preocupação com o aquecimento global exige que todos façam sua parte, visto que, num futuro próximo, as consequências dessas emissões serão imprevisíveis.

A comunidade com saúde mais frágil, como crianças e idosos já estão dando sinais das consequências deste tipo de poluição, com surgimento de doenças respiratórias, internações e inclusive óbitos.

Justificativa para a autorização dada às indústrias para a queima da palha da cana-de-açúcar, não existem, posto que qualquer indústria, por menor que seja, é obrigada por lei a realizar o controle das suas emissões atmosféricas.

Apesar de o período citado nas legislações criar a perspectiva de eliminar a prática da queima da cana para que o produtor possa ter acesso às tecnologias que permitem a colheita mecanizada e realocar o trabalhador que trabalhava no corte manual, não podemos esquecer de quantas vidas estão sendo expostas à poluição originada por essa prática.

Por fim, neste estudo e as conclusões dele extraídas nos permitem afirmar a premência de um comportamento responsável e, sobretudo, ético em relação à danosa prática da queima de cana-de-açúcar, valorizando acima de todos os interesses a preservação *das vidas*.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AERMAP User's Guide (EPA-454/B-03-003), 2009.

AERMIC, 1995, **Formulation of the AERMIC MODEL (AERMOD)** (Draft), Regulatory Docket AQM-95-01, AMS/EPA Regulatory Model Improvement Committee (AERMIC).

ALBUQUERQUE, A. M. V. de. **Estudos dos Problemas Respiratórios em Crianças de 0 a 12 Anos no Hospital Municipal Materno Infantil do Município de Cacoal dos anos de 2002 a 2004. Brasília, 2006.** Dissertação (Mestrado em Ciências da Saúde). Universidade de Brasília.

ALMEIDA, L. T. **Política ambiental: uma análise econômica.** Campinas: Papirus, Fundação Editora da Unesp, 1998.

ARBEX, M. A. **Avaliação dos efeitos do material particulado proveniente da queima da plantação de cana-de-açúcar sobre a morbidade respiratória na população de Araraquara/SP.** Salvador: Escola Politécnica, 2001. Tese (Doutorado em Medicina). Faculdade de Medicina, Universidade Federal da Bahia.

ARBEX, M. A. *et al.* Air pollution from biomass burning and asthma hospital admissions in a sugar cana plantation area in Brazil. **Journal of Epidemiology and Communit Health.** Londres, v.6, p. 395-400, 2007.

ARBEX, M. A. *et al.* Queima de biomassa e efeitos sobre a saúde. **J Bras Pneumol**, v. 30, nº 2, p. 158-175, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10520:** informação e documentação - citações em documentos - apresentação. Rio de Janeiro: 2002. 4p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6023:** informação e documentação - referências - elaboração. Rio de Janeiro: 2000. 22p.

BRAGA, B. *et al.* **Introdução à Engenharia Ambiental.** São Paulo: Prentice Hall, 2002.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Resolução nº 1, de 23 de janeiro de 1986. Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para o Relatório de Impacto Ambiental – RIMA. Diário Oficial da União em 17 fev. 1986. Seção 1, p. 2548:2549.

_____. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Resolução nº 3, de 28 de junho de 1990. Dispõe sobre critérios básicos e define padrões de qualidade do ar e poluente atmosférico. Diário Oficial da União, em 22 ago. 1990.

_____. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Resolução nº 11, de 03 de dezembro de 1987. Dispõe sobre as queimadas nas Unidades de Conservação. Diário Oficial da União, 11 de ago. 1989.

_____. Lei Federal nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998 - Lei dos crimes ambientais. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências.

_____. Lei Federal 4.771/65, de 15 de setembro de 1965. Institui o Código Florestal (alterada pelas Leis 5.106/66, 5.868/72, 5.870/73, 7.803/89 e 7.875/89 e pelas Medidas Provisórias 1.605/97 e 2166-67 e reedições; regulamentada pelos Decretos 97.628/89, 1.282/94 e 2.661/98; vide Leis 8.171/91, 9.437/97 e 9.605/98 e Decretos 1.922/96, 2.119/97 e 2.788/98).

CAMPOS, D. C. de. **Potencialidade do sistema de colheita sem queima da cana-de-açúcar para o sequestro de carbono**. Piracicaba, 2003. 103p. Tese (Doutorado em Agronomia). Curso de Pós-Graduação em Microbiologia Agrícola.

CANÇADO J. E. D. *et al.* Repercussões clínicas da exposição à poluição atmosférica. *Jornal Brasileiro de Pneumologia*. v. 32, p. S5-S11, 2006. Disponível em: <www.scielo.com.br>. Acesso em: 10 ago. 2010.

_____. The Impact of Sugar Cane–Burning Emissions on the Respiratory System of Children and the Elderly. **Environmental Health Perspectives**. Volume 114, Number 5, May, 2006.

CANÇADO, J. E. D. **A poluição atmosférica e sua relação com a saúde humana na região canavieira de Piracicaba - SP**. São Paulo, 2003. 162p. Tese (Doutorado em Ciências). Curso de Pós-Graduação em Patologia, Faculdade de Medicina/USP.

CARDOSO, L; SEVERO, J.R. **Cana-de-Açúcar: Lei ambiental impõe mecanização da lavoura da cana**. Notícias CNA, 2008 Disponível em: <<http://www.canaldoprodutor.com.br/comunicacao/noticias/lei-ambiental-impoe-mecanizacao-da-lavoura-da-cana>> Acesso em: 28 dez. 2009.

CHIARELLI, P. S. **Efeito da poluição do tráfego na pressão arterial dos agentes de trânsito em Santo André**. Santo André, 2009, 108p. Dissertação (Mestrado). Universidade de São Paulo/USP, Faculdade de Medicina.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL - CETESB. **Relatório de qualidade do ar no Estado de São Paulo 2003**. São Paulo: CETESB, 2004b. (Série Relatórios).

DEFRA - Department for Environment, Food and Rural Affairs, U.K. – Encyclopedia of the Atmospheric Environment. 2005 Disponível em: <www.doc.mmu.ac.uk/aric/eae/Air/Quality>. Acesso em: 15 abr. 2010.

DICKEY J.H. Air pollution: overview of sources and health effects. Dis. Mon., v. 46, p. 566-589, Part VII 2000.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Considerações sobre o impacto ambiental das queimadas da palha de cana-de-açúcar.** São Paulo, 1997. 21 p. Circular Técnica nº 2.

EPA – U.S. **Environmental Protection Agency - Office of Communications, Education and Public.** Affairs Editorial Services Division, april, 1994.

FEDERAL REGISTER Nº. 40 CFR Part 51 Revision to the Guideline on Air Quality Models.

FERNANDEZ, R. N. **Efeitos das queimadas de cana-de-açúcar sobre o bem-estar das famílias: uma aplicação do Método de Avaliação Contingente.** Ribeirão Preto, 2008. 91p. Dissertação (Mestrado em Economia). Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo.

GARZOTTI, A. A Degradação do Meio Ambiente na Agricultura da Cana-de-Açúcar. **Rev. Educação Ambiental em Ação.** nº 22, 2007. Disponível em: <<http://revistaea.org/artigo.php?idartigo=519&class=21>>. Acesso em: 20 de janeiro de 2011.

GOMES, C. A. *et al.* **Estudo da relação do número de inalações com a concentração de poluentes medidos pela CETESB em São Paulo.** São Paulo, 2008. Instituto de Física (IF), Universidade de São Paulo (USP).

GONÇALVES, J. S.; SOUZA, S. A. M. Proibição da queima de cana no Estado de São Paulo: simulações dos efeitos na área cultivada e na demanda pela força de trabalho. **In: Informações Econômicas.** São Paulo, v. 28, nº 03, 1998. Disponível em: <<http://www.iea.sp.gov.br/OUT/verTexto.php?codTexto=967>>. Acesso em: 21 maio 2010.

_____. Pesquisa Agrícola Municipal - diversos números. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 21 de maio de 2010.

JESSE THÉ, Ph.D., P. Eng. et al., (2002) “In World Data Quality Effects on Planetary Boundary Layer (PBL) Short Range Regulatory Air Dispersion Models”. Disponível em: <<http://support.lakesenvironmental.com/Resource/WorldQualityADM3.pdf>>.

LANGOWSKI, E. **Queima da cana: uma prática usada e abusada.** Cianorte, 2007. Disponível em: <<http://www.apromac.org.br/QUEIMA%20DA%20CANa.pdf>>. Acesso em: 23 nov. 2010.

LASTE, R. Exercício físico e poluição atmosférica: ambiente externo vs interno. **Revista Educação, Meio Ambiente e Saúde**, v. 4, nº 1, p.51-64, 2009.

LEMOINE, F.G. et al. NASA/TP-1998-206861, The Development of the Joint NASA GSFC and NIMA Geopotential Model EGM96, NASA Goddard Space Flight Center, Greenbelt, MD 20771,U.S.A., July 1998.

LIMA, M. *et al.* **Emissão de gases de efeito estufa provenientes da queima de resíduos agrícolas no Brasil.** Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 1999. 60p.

LINO, L. de S. **Diferencial de rendimentos entre os empregados especializados e não especializados na cultura da cana-de-açúcar no estado de São Paulo**. Piracicaba, 2009. 127p. Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada). Universidade de São Paulo – Escola Superior de Agricultura “LUIZ DE QUEIROZ”.

LORA, E. S. **Controle da poluição do ar na indústria açucareira**. Itajubá: STAB, 2000.

LYRA, D.G. P. **Modelo integrado de gestão da qualidade do ar da região metropolitana de Salvador**. Campinas, 2008. 255 p. Tese (Doutorado). Faculdade de Engenharia Química, Universidade Estadual de Campinas.

MAGALHÃES, L. C. **Estudo do material particulado atmosférico e metais associados às partículas totais em suspensão na cidade de Ouro Preto, MG**. Ouro Preto, 2005. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Ouro Preto.

MAGDA A. *et al.* **Inventário de emissões de gases de efeito estufa por atividades agrícolas no Brasil**. Jaguariúna: EMBRAPA, 1997.

MARCELO R. de M. **Ferramenta para a previsão de vento e dispersão de poluentes na micro-escala atmosférica**. Florianópolis, 2004. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Santa Catarina.

MARINHO, E. V. A.; KIRCHHOFF, V. W. J. H. Projeto fogo: um experimento para avaliar efeitos das queimadas de cana-de-açúcar na baixa atmosfera. **Revista Brasileira de Geofísica**, São Paulo, v. 9, nº 2, p. 107-119, 1991.

MATO GROSSO DO SUL. Lei Estadual nº 3.404/2007. Dispõe sobre a localização de estabelecimentos industriais para a produção de açúcar e álcool carburante, para fins de fruição de incentivos ou benefícios fiscais, e dá outras providências.

_____. Lei Estadual nº 328, de 25 de fevereiro de 1982. Dispõe sobre a Proteção Ambiental do Pantanal Sul-Mato-Grossense.

_____. Lei Estadual nº 440/1984. Criado o Conselho de Desenvolvimento Industrial (CDI-MS).

_____. Lei Estadual nº 3.357, de 9 de janeiro de 2007. Estabelece normas para a redução gradual da queima da palha da cana-de-açúcar, sem prejuízo da atividade agroindustrial canavieira e dá outras providências.

MENEZES, P. S. F. de. **Validação do modelo matemático ISCST3 de dispersão atmosférica a partir das emissões de dióxido de enxofre de uma refinaria**. Salvador, 2006. 175 p. Dissertação (Mestrado em Gerenciamento e Tecnologias Ambientais no Processo Produtivo. Ênfase em Produção Limpa). Universidade Federal da Bahia.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO – MAPA. **Acompanhamento da Produção Sucroalcooleira**. (MAPA, 2009). Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/>>. Acesso em: 2 jun. 2010.

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA (Brasil). **Serviço de Apoio à Produção mais Limpa**. Disponível em: <<http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/8005.html>>. Acesso em: 2 jun. 2010.

MOTA, S. **Introdução à engenharia ambiental**. 4. ed. Rio de Janeiro: ABES, 2006.

MORAES, M.R. **Implementação de uma ferramenta para a previsão de ventos e dispersão de poluentes na micro-escala atmosférica**. 2004. 142f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

NEGRI, J. C. **Modelo Preditivo da Emissão e Dispersão do NOx Gerado em Usinas Termoeletricas como Instrumento de Análise de Inserção e Capacidade de Suporte Regional da Qualidade do Ar**. São Paulo, 2002. p.234. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica.). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

PASQUILL, F., “The estimation of the dispersion of windborne material”. **Meteorological Magazine**, p. 33-49, 1961.

PEREIRA, L. A. A. et al. Association between air pollution and intrauterine mortality in São Paulo, Brazil. **Environ. Health Perspect.**, v. 106, p. 325-329, 1998.

PEREIRA, M. C. **A expansão da cadeia sucroalcooleira em Mato Grosso do Sul, Dinâmica e Determinantes**. Campo Grande, 2007. 152p. Dissertação (Mestrado em Agronegócio). Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. .

PINO J. C.; KRÜGER V.; FERREIRA M. **Poluição do Ar - Porto Alegre: Área de Educação Química**, 1996.

RIBEIRO, H. Queimadas de cana-de-açúcar no Brasil: efeitos à saúde respiratória. **Revista Saúde Pública**. São Paulo, v.42, n.2, 2008. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rsp/2008nahead/6804.pdf>>. Acesso em: 15 maio 2010.

RIBEIRO, H. Queimadas de cana-de-açúcar no Brasil: efeitos à saúde respiratória. **Revista Saúde Pública**, São Paulo, 2008.

RIBEIRO, H.; ASSUNÇÃO, J. V. de. Efeitos das queimadas na saúde humana. **Estudos Avançados**. São Paulo, v. 16, nº 44, 2002.

RIO BRILHANTE. Câmara Municipal. Lei n. 1.507 de 21 de dez. de 2007. Dispõe sobre o plantio de cana-de-açúcar no Município de Rio Brilhante, Estado de Mato Grosso do Sul, fixando limites de área a ser plantada. Rio Brilhante, 2007.

_____. Câmara Municipal. Lei n. 1.532 de 17 de jun. de 2008. Dispõe sobre emprego do fogo como método despalhador e facilitador do corte de cana-de-açúcar e dá outras disposições.

ROGER B., *et al.* MM5-ISCST3/AERMOD Tool Description. Modelers Workshop, US-EPA/OAQPS. Virginia Beach, VA May 16, 2007.

ROSEIRO, M. N. V. **Morbidade por problemas respiratórios em Ribeirão Preto – SP, de 1995 a 2001, segundo indicadores ambientais, sociais e econômicos.** Ribeirão Preto, 2002. Dissertação (Mestrado em Enfermagem). Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo.

ROSEIRO, M. N. V.; TAKAYANAGUI, A.M.M. Controle da Qualidade do Ar no Brasil e no Estado de São Paulo: Aspectos Legais. **Revista Hispeci & Lema Bebedouro**, v. 08 p. 50-53, 2005.

SALDIVA, P. H. M. Association between air pollution and mortality due to respiratory diseases in children in São Paulo, Brazil: a preliminary report. **Environ. Res.**, v. 65, p. 210-225, 1994.

SALGADO, P. E. de T. **Informações gerais ecotoxicológicas de material Particulado.** Salvador, 2003. Centro de Recursos Ambientais – CRA. (Caderno de Referência Ambiental; v.14).

SANTOS, D. T. **Análise do ciclo de vida dos produtos açúcar & álcool em usinas sucroalcooleiras no Estado de Mato Grosso do Sul.** Campo Grande, 2009. Dissertação (Mestrado em Tecnologias Ambientais). Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Centro de Ciências Exatas e Tecnologia.

SCHENELLE, K. B., Jr., and REY, P. R., Atmospheric Dispersion Modeling Compliance Guide, 1999, McGraw-Hill Inc., New York, NY, pp 6-6.

SILVA, E. L. da; MENEZES, E. M. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação.** 3. ed. rev. atual. Florianópolis: Laboratório de Ensino a Distância da UFSC, 2001. 121p.

SOARES, L. H. de B. *et al.* **Mitigação das Emissões de Gases Efeito Estufa pelo Uso de Etanol da Cana-de-açúcar Produzido no Brasil.** Seropédia: EMBRAPA/CNPBS, 2009. 14p. Rio de Janeiro/RJ. Circular Técnico, 27.

STERN, A. C. *et al.*, **Fundamentals of Air pollution.** Academic Pres., Inc., 2a. Edition New York. 1984. p 212.

SZMRECSÁNYI, T. Tecnologia e degradação ambiental: o caso da agroindústria canavieira no Estado de São Paulo. **Revista Informações Econômicas**, São Paulo, Vol. 24, nº 10, outubro 1994.

TEIXEIRA, N. F. Caracterização e controle das emissões de óxido de nitrogênio e material particulado em caldeiras para bagaço. Itajubá, 2005. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica). Universidade Federal de Itajubá, Instituto de Engenharia Mecânica.

TREWARTHA, G.T. **An Introduction to Climate.** New York: McGraw-Hill, 1954. 402p.

U. S. Environmental Protection Agency, 1999. **AERMET Model User's Guide.** EPA-454/B-96-001. Office of Air Quality Planning and Standards, Research Triangle Park, NC.

UNIÃO DA INDÚSTRIA DE CANA-DE-AÇÚCAR. **Moagem de cana cresce em novembro e a safra é a “mais alcooleira” dos últimos anos.** Disponível em:

<www.unica.com.br/download.asp?rlsCode=CDAB30EF-3EC9-4313-31DF2D26331693C>. Acesso em: 2 jun. 2010.

URQUIAGA, S. *et al.* **A importância de não queimar a palha na cultura de cana-de-açúcar.** Seropédica: EMBRAPA/CNPBS, 1991. 12p. Rio de Janeiro/RJ. Comunicado Técnico, 05.

URQUIAGA, S.; CRUZ, K. H. S.; BODDEY, R. M. Contribution of nitrogen fixation to sugar cane: nitrogen-15 and nitrogen balance estimates. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 56, p. 105-114, 1992.

ZANCUL, A. **O Efeito da queimada da cana-de-açúcar na qualidade do ar na região de Araraquara.** São Carlos, 1998. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Produção). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

ANEXO

ANEXO I

LEI Nº 3.357, DE 9 DE JANEIRO DE 2007.

Estabelece normas para a redução gradual da queima da palha da cana-de-açúcar, sem prejuízo da atividade agroindustrial canavieira e dá outras providências.

O GOVERNADOR DO ESTADO DE MATO GROSSO DO SUL.

Faço saber que a Assembléia Legislativa decreta e eu sanciono a seguinte Lei:

Art. 1º. Esta lei estabelece normas para a queima da palha para a colheita da cana-de-açúcar.

Art. 2º. Os produtores de cana-de-açúcar que queimam a palha de cana-de-açúcar para a colheita, ficam obrigados a obedecer os dispositivos desta lei, cumprindo o seguinte cronograma:

§ 1º. Nas áreas cuja topografia favorece a colheita mecanizada, a queima da palha será totalmente eliminada no prazo máximo de 20 (vinte) anos, a contar do ano de 2006, à razão de 5% (cinco por cento) ao ano, pelo menos.

§ 2º. Nas áreas não mecanizáveis, nas quais o corte de cana-de-açúcar só poderá ser feito manualmente, a eliminação da queima da palha dar-se-á a partir do ano de 2010, à razão de 5% (cinco por cento) ao ano, pelo menos, até que tais áreas possam ser dispensadas do cultivo de cana-de-açúcar ou que surjam novas tecnologias que permitam explorá-las sem necessidade de queima.

§ 3º. VETADO.

§ 4º. Para os efeitos desta lei, considera-se área adequada para a mecanização agrícola aquela com declive inferior a 12% (doze por cento).

Art. 3º. A queima da palha da cana-de-açúcar fica proibida a partir da data da publicação desta lei, nos seguintes casos:

I - 100 (cem) metros do limite das áreas de domínio de subestações de energia elétrica;

II - 50 (cinquenta) metros contados ao redor do limite de estação ecológica de reserva biológica, de parques e demais unidades de conservação estabelecidos em atos do poder federal, estadual ou municipal e de refúgio da vida silvestre, conforme as definições da Lei Federal nº 9.985, de 18 de julho de 2000;

III - 25 (vinte e cinco) metros ao redor do limite das áreas de domínio das estações de telecomunicações;

IV - 15 (quinze) metros ao longo dos limites das faixas de segurança das linhas de transmissão e de distribuição de energia elétrica;

V - 15 (quinze) metros ao longo do limite das áreas de domínio de ferrovias e rodovias federais e estaduais.

~~§ 1º. VETADO.~~

§ 1º. A distância do perímetro da área urbana deverá ser definida por lei municipal. (Veto derrubado. Publicada no Diário Oficial nº 6.964, de 9 de maio de 2007)

§ 2º. A partir dos limites previstos nos incisos anteriores, deverão ser preparados, ao redor da área a ser submetida ao fogo, aceiros de, no mínimo 3 (três) metros, mantidos limpos e não cultivados, devendo a largura ser ampliada, quando as condições ambientais, incluídas as climáticas e topográficas, exigirem tal ampliação.

Art. 4º. O responsável pela queima deverá:

I - realizar a queima preferencialmente no período noturno, compreendido entre o pôr do sol e o nascer do sol, evitando-se os períodos de temperatura mais elevada e respeitando-se as condições dos ventos predominantes no momento da operação, de forma a facilitar a dispersão da fumaça e minimizar eventuais incômodos à população;

II - dar ciência formal e inequívoca aos confrontantes, por si ou por seus prepostos da intenção de realizar a queima controlada, com o esclarecimento de que, oportunamente, a operação será confirmada com indicação de data, hora de início e local;

III - dar ciência formal, com antecedência mínima de 96 (noventa e seis) horas, da data, horário e local da queima aos lindeiros e às unidades locais da autoridade a quem de direito;

IV - quando for o caso, sinalizar adequadamente as estradas municipais e vicinais, conforme determinação do órgão responsável pela estrada;

V - manter equipes de vigilância adequadamente treinadas e equipadas para o controle da propagação do fogo, com todos os apetrechos de segurança pessoal necessários;

VI - providenciar o acompanhamento de toda a operação de queima, até sua extinção, com vistas à adoção de medidas adequadas de contenção do fogo na área definida para a queima.

~~Art. 5º. VETADO.~~

Art. 5º. A autorização para queima dos talhões a serem colhidos, será expedida pela Prefeitura Municipal em que se localizar o imóvel, a qual regulamentará o procedimento a ser cumprido pelos produtores rurais, respeitadas as Leis federais, especialmente no tocante a áreas de preservação permanente, reservas florestais, matas ciliares e quaisquer outras determinações do Ministério do Meio Ambiente ou outro órgão federal que regule a matéria. (Veto derrubado. Publicada no Diário Oficial nº 6.964, de 9 de maio de 2007)

~~Art. 6º. VETADO:~~

~~I - VETADO;~~

~~II - VETADO;~~

~~III - VETADO.~~

Art. 6º. O regulamento a que se refere o art. 5º desta lei, deverá estabelecer os casos em que a queima será negada ou suspensa, inclusive se: (Veto derrubado. Publicada no Diário Oficial nº 6.964, de 9 de maio de 2007)

I - forem constatados e comprovados risco de vida humana, danos ambientais ou condições meteorológicas desfavoráveis; (Veto derrubado. Publicada no Diário Oficial nº 6.964, de 9 de maio de 2007)

II - se após o início do processo de queima ficar comprovado excesso de poluição do ar; (Veto derrubado. Publicada no Diário Oficial nº 6.964, de 9 de maio de 2007)

III - se a fumaça exalada da queima puser em risco a visibilidade de vias públicas que possam prejudicar as operações aeronáuticas, rodoviárias e de outros meios de transporte. (Veto derrubado. Publicada no Diário Oficial nº 6.964, de 9 de maio de 2007)

~~Art. 7º. VETADO.~~

~~§ 1º VETADO.~~

~~§ 2º VETADO.~~

Art. 7º. Até 30 (trinta) dias antes da colheita da cana-de-açúcar, os requerimentos para queima de palha de cana-de-açúcar serão protocolados na repartição competente da Prefeitura Municipal onde se localiza o respectivo imóvel. (Veto derrubado. Publicada no Diário Oficial nº 6.964, de 9 de maio de 2007)

§ 1º. A autorização para a queima será expedida na forma dos regulamentos municipais. (Veto derrubado. Publicada no Diário Oficial nº 6.964, de 9 de maio de 2007)

§ 2º. Expirado o prazo para deferimento do requerimento sem que haja manifestação do órgão competente, considerar-se-á aprovado o plano de queima da palha de cana-de-açúcar, desde que não haja nenhuma infringência à legislação que regula a matéria. (Veto derrubado. Publicada no Diário Oficial nº 6.964, de 9 de maio de 2007)

~~Art. 8º. VETADO.~~

Art. 8º. Os sindicatos dos trabalhadores rurais, com a participação e colaboração dos municípios onde se localizam as agroindústrias canavieiras, criarão programas de requalificação profissional dos trabalhadores, a fim de capacitá-los a se adaptarem às novas técnicas agrícolas. (Veto derrubado. Publicada no Diário Oficial nº 6.964, de 9 de maio de 2007)

~~Art. 9º. VETADO.~~

Art. 9º. A Prefeitura Municipal, poderá autorizar, excepcionalmente, a queima da palha da cana-de-açúcar, com base em estudos técnico-científicos, como instrumento fitossanitário. (Veto derrubado. Publicada no Diário Oficial nº 6.964, de 9 de maio de 2007)

~~Art. 10. VETADO.~~

Art. 10. O não cumprimento do disposto nesta Lei sujeita o infrator, pessoa física ou jurídica, às sanções e penalidades previstas na legislação vigente. (Veto derrubado. Publicada no Diário Oficial nº 6.964, de 9 de maio de 2007)

Art. 11. Esta Lei entra em vigor na data de sua publicação.

Campo Grande, 9 de janeiro de 2007.

ANDRÉ PUCCINELLI

Governador do Estado

ANEXO II

LEI N.3.404, DE 30 DE JULHO DE 2007

Dispõe sobre a localização de estabelecimentos industriais para a produção de açúcar e álcool carburante, para fins de fruição de incentivos ou benefícios fiscais, e dá outras providências.

O GOVERNADOR DO ESTADO DE MATO GROSSO DO SUL.

Faço saber que a Assembléia Legislativa decreta e eu sanciono a seguinte Lei:

Art. 1º O estabelecimento industrial destinado à produção de açúcar e ou álcool etílico carburante, a ser instalado no Estado a partir da publicação desta Lei, somente poderá ser contemplado com incentivos ou benefícios fiscais relativos ao Imposto sobre Operações relativas à Circulação de Mercadorias e sobre Prestações de Serviços de Transporte Interestadual e Intermunicipal e de Comunicação (ICMS), caso a unidade fabril seja construída a uma distância mínima, em qualquer direção, de vinte e cinco quilômetros de outros estabelecimentos da mesma espécie ou natureza, e satisfaça as demais condições estabelecidas na presente Lei.

§ 1º Sem prejuízo da restrição de distância prevista no *caput* e para quaisquer outros fins, a instalação de unidade fabril depende de avaliação do Estudo de Impacto Ambiental/Relatório de Impacto ao Meio Ambiente (EIA/RIMA), de acordo com a legislação ambiental vigente.

§ 2º O estabelecimento industrial referido no *caput* e destinado à produção de açúcar e ou álcool etílico carburante não poderá ter sua instalação prevista, nem tampouco autorizada, em área situada a menos de cinco quilômetros do perímetro urbano do Município.

§ 3º Excetua-se a esta determinação quando se tratar de instalação de microdestilarias, sendo estas entendidas como aquelas com capacidade de produção de até 5.000 (cinco mil) litros de álcool por dia.

Art. 2º O Governo do Estado, atendendo ao princípio do controle e zoneamento das atividades potenciais, ou efetivamente poluidoras, deverá promover o Zoneamento Ecológico-Econômico do Estado de Mato Grosso do Sul, para, entre outros, ordenar o processo de produção de álcool e açúcar, delimitando zonas para o cultivo de cana-de-açúcar, visando ao uso sustentável dos recursos naturais em cada região do Estado, observando, os critérios estabelecidos no Zoneamento Ecológico-Econômico do Brasil (ZEE).

Art. 3º Nas áreas em que a topografia permitir a colheita mecanizada, a queima de palha de cana-de-açúcar será totalmente eliminada no prazo máximo de 6 (seis) anos, a partir do ano de 2010, à razão de 16,75% (dezesesseis virgula setenta e cinco por cento) ao ano, pelo menos.

Parágrafo único. Para os efeitos desta Lei, fica proibida a queima de palha de cana-de-açúcar em áreas situadas a menos de 5 (cinco) quilômetros do perímetro urbano.

Art. 4º Poderá ter benefício fiscal adicional, a indústria de açúcar e ou álcool etílico carburante que:

I - adquirir de terceiros, agricultores locais, localizados no Estado, no mínimo 30% (trinta por cento) de matéria prima (cana-de-açúcar) utilizada no seu processo produtivo;

II - se estabelecer, incorporando ao seu processo produtivo, para o cultivo de cana-de-açúcar, o aproveitamento de áreas degradadas;

III - eliminar a queima de palha de cana-de-açúcar em prazo inferior ao estabelecido no art. 3º;

IV - implementar programas de proteção aos seus trabalhadores.

Art. 5º As indústrias já instaladas com incentivos ou benefícios fiscais em vigor e que pretendam obter o incentivo fiscal adicional, também deverão cumprir o estabelecido no art. 4º.

Art. 6º (VETADO).

Art. 7º Os empreendimentos relacionados ao cultivo e processamento da cana-de-açúcar para produção de açúcar e álcool deverão implementar programas visando a garantir os direitos sociais e trabalhistas, promovendo a qualidade de vida digna de seus trabalhadores, e ações de responsabilidade social direcionada às comunidades do seu entorno.

Art. 8º Os demais procedimentos necessários à implementação desta Lei, referentes à instalação de usinas, ao plantio e à colheita de cana-de-açúcar serão estabelecidos por ato do Poder Executivo.

Art. 9º Ficam revogados o § 1º do art. 2º e o inciso II do art. 3º da Lei nº 3.357, de 9 de janeiro de 2007.

Art. 10. Esta Lei entra em vigor na data de sua publicação.

Campo Grande, 30 de julho de 2007.

ANDRÉ PUCCINELLI

Governador do Estado

ANEXO III

LEI Nº 1.532 DE 17 DE JUNHO DE 2008

Dispõe sobre emprego do fogo como método despalhador e facilitador do corte de cana-de-açúcar e dá outras disposições.

O Prefeito Municipal de Rio Brilhante, Estado de Mato Grosso do Sul, faz saber que a Câmara Municipal aprovou e ele sanciona a seguinte Lei:

Art. 1º O emprego do fogo como método despalhador e facilitador do corte de cana-de-açúcar em áreas passíveis de mecanização da colheita, das áreas mecanizadas de cada unidade agroindustrial ou propriedade não vinculada à unidade agroindustrial, cuja plantação esteja pronta para ser colhida e industrializada, será eliminado de forma gradativa no Município de Rio Brilhante, devendo a redução ser iniciada a partir do ano de 2009 e com termino no ano de 2012, não podendo a redução ser inferior aos seguintes percentuais do cronograma abaixo:

I – em 2009: 25% (vinte e cinco por cento);

II – em 2010: 50% (cinquenta por cento);

III – em 2011: 75% (setenta e cinco por cento);

IV – em 2012: 100% (cem por cento).

§º 1º Para os efeitos deste artigo, considera-se mecanizável a área na qual está situada a lavoura de cana-de-açúcar, cuja declividade seja inferior a 12% (doze por cento).

§ 2º O conceito de que trata o parágrafo anterior deverá ser revisto periodicamente para adequar-se à evolução tecnológica na colheita de cana-de-açúcar, oportunidade em que serão ponderados os efeitos sócio-econômicos decorrentes da incorporação de novas áreas ao processo de colheita mecanizada.

§ 3º Uma vez estabelecido um novo conceito de área mecanizável, com declividade não inferior ou maior de 12% (doze por cento), as novas áreas incorporadas ao conceito de áreas passíveis de mecanização de colheita, nos termos do parágrafo anterior, terão a redução gradativa do emprego do fogo como método despalhador e facilitador do corte de cana-de-açúcar, conforme o "caput" deste artigo, contada a partir da publicação de regulamento, definindo o novo conceito de área mecanizável.

§ 4º A palha da cana-de-açúcar colhida mecanicamente não poderá ser queimada, sob pena de aplicação da multa estabelecida no art. 11 desta Lei.

Art. 2º A cada ano, contados da data de entrada em vigor desta Lei, deverá ser realizada, pelos órgãos competentes, a avaliação das consequências socio-econômicas decorrentes da aplicação das determinações contidas nesta Lei para promover os ajustes que se fizerem necessários nas medidas impostas.

Art. 3º Não se utilizará o fogo como método despalhador e facilitador do corte de cana-de-açúcar a menos de:

I - um raio de 5 (cinco) quilômetros do perímetro da área urbana, da sede do município, do Distrito de Prudêncio Thomaz, dos povoados ou dos aglomerados rurais;

I – um raio de 10 (dez) quilômetros do perímetro urbano da sede do Município do Distrito de Prudêncio Thomaz, dos povoados ou dos aglomerados rurais, é vedada a utilização de fogo, como método despalhador e facilitador do corte de cana-de-açúcar, ou de queima de palhadas, aplicação de vinhoto como método de fertirrigação. (Inciso alterado pela Lei nº 1638/2010)

II - 100 (cem) metros do limite das áreas de domínio de subestações de energia elétrica;

III - 50 (cinquenta) metros contados ao redor do limite de estação ecológica, de reserva biológica,

reservas legais e áreas de preservação permanente, de parques e demais unidades de conservação estabelecidos em atos do poder federal, estadual ou municipal e de refúgio da vida silvestre, conforme as definições da Lei Federal nº 9.985, de 18 de julho de 2000;

IV - 25 (vinte e cinco) metros ao redor do limite das áreas de domínio das estações de telecomunicações;

V - 15 (quinze) metros ao longo dos limites das faixas de segurança das linhas de transmissão e de distribuição de energia elétrica;

VI - 15 (quinze) metros ao longo do limite das áreas de domínio de rodovias federais e estaduais.

Parágrafo único. A partir dos limites previstos nos incisos anteriores, deverão ser preparados, ao redor da área a ser submetida ao fogo, aceiros de, no mínimo, 5 (cinco) metros, mantidos limpos e não cultivados, devendo a largura ser ampliada, quando as condições ambientais, incluídas as climáticas, e as condições topográficas exigirem tal ampliação.

Art. 4o O responsável pela queima deverá:

I - realizar a queima obrigatoriamente no período noturno, compreendido entre o pôr e o nascer do sol, evitando-se os períodos de temperatura mais elevada e respeitando-se as condições dos ventos predominantes no momento da operação de forma a facilitar a dispersão da fumaça e minimizar eventuais incômodos à população;

II - dar ciência formal e inequívoca aos confrontantes, por si ou por seus prepostos, da intenção de realizar a queima controlada, com o esclarecimento de que, oportunamente, a operação será confirmada com indicação de data, hora de início e local;

III - dar ciência formal, com antecedência mínima de 96 (noventa e seis) horas, da data, horário e local da queima aos lindeiros;

IV - quando for o caso, sinalizar adequadamente as estradas municipais e vicinais, conforme determinação do órgão responsável pela estrada;

V - manter equipes de vigilância adequadamente treinadas e equipadas para o controle da propagação do fogo, com todos os petrechos de segurança pessoal necessários, visando a segurança das propriedades lindeiras;

VI - instalar torres de vigilância devidamente equipadas com rádio-transmissores, quando for o caso;

VII - promover cursos de treinamento de combate a incêndio direcionado aos trabalhadores rurais, quando necessário;

VIII - providenciar o acompanhamento de toda a operação de queima, até sua extinção, com vistas à adoção de medidas adequadas de contenção do fogo na área definida para o emprego do fogo;

IX - providenciar o oportuno acompanhamento de toda a operação de queima, até sua extinção, com vistas à adoção de medidas adequadas de contenção do fogo na área definida para o emprego do fogo.

Parágrafo único. É vedado o emprego do fogo, numa única operação de queima, em área contígua superior a 500ha (quinhentos hectares), independentemente de o requerimento ter sido feito de forma individual, coletiva ou por agroindústria.

Art. 5º O requerimento de autorização, para cada imóvel, independentemente de estar vinculado à agroindústria, deve ser instruído nos termos do regulamento.

§ 1º Sendo contíguos os imóveis, o requerimento de autorização pode ser instruído com uma única planta, observadas as exigências fixadas, sendo que cada imóvel deverá ser referido à respectiva matrícula ou ao documento imobiliário a que corresponder.

§ 2º Considera-se comunicação de queima controlada de palha de cana-de-açúcar o documento subscrito pelo interessado no emprego do fogo para despalhamento da cana-de-açúcar, mediante o qual dá ciência a Secretaria Municipal de Desenvolvimento e ao Conselho Municipal de Proteção, Manejo e Conservação de Recursos Ambientais – COMPARA -, de que cumpriu os requisitos e as exigências legais.

§ 3º O requerimento para a queima pode ser apresentado individualmente pelo titular do imóvel, por grupo de titulares ou por agroindústria que mantenha com o mesmo titular, ou diversos titulares, contrato de arrendamento, parceria ou outro instrumento hábil a garantir o fornecimento de cana-de-açúcar para suas atividades.

§ 4º No caso de grupo de titulares, o documento poderá ser subscrito pela associação de fornecedores de cana-de-açúcar que os representa na região onde se insere a área objeto da queima, ficando os associados responsáveis pelo cumprimento das exigências legais e a entidade apenas pela apresentação dos documentos necessários à instrução do requerimento.

§ 5º Excepcionado o disposto no § 4º deste artigo, caso o requerimento seja feito por grupo de titulares ou por agroindústria, cabe ao interessado subscrever a comunicação de queima controlada. § 6º O requerimento será instruído com procuração específica, quando efetuado por terceiro, pessoa física ou jurídica.

Art. 6º O Município de Rio Brilhante, determinará a suspensão da queima quando:

I - constatados e comprovados risco de vida humana, danos ambientais ou condições meteorológicas desfavoráveis;

II - a qualidade do ar atingir comprovadamente índices prejudiciais à saúde humana, constatados segundo o fixado no ordenamento legal vigente;

III - os níveis de fumaça originados da queima, comprovadamente, comprometam ou coloquem em risco as operações aeronáuticas, rodoviárias e de outros meios de transporte.

Art. 7º Os requerimentos para realização da queima deverão ser protocolados até o dia 1º de abril de cada ano, na Secretaria Municipal de Desenvolvimento e no Conselho Municipal de Proteção, Manejo e Conservação de Recursos Ambientais – COMPARA – devendo constar dos requerimentos as áreas, as datas e horários em que ocorrerão a queima.

§ 1º A autorização será expedida:

I - no prazo de 15 (quinze) dias úteis, a contar da data em que for protocolado o requerimento, salvo se houver exigência a ser cumprida, que deverá ser comunicada ao interessado por escrito, no prazo de 10 (dez) dias úteis, a contar da data do protocolo;

II - no prazo de 15 (quinze) dias úteis, a contar da data do cumprimento da exigência a que se refere o inciso I deste artigo;

III - expirados os prazos constantes neste parágrafo, considera-se automaticamente concedida a respectiva autorização, independentemente de sua comunicação ou de qualquer outra manifestação da autoridade ao requerente.

§ 2º O requerimento de que trata o “caput” deste artigo poderá ser enviado por meios de comunicação eletrônicos.

Art. 8º A Secretaria Municipal de Desenvolvimento manterá cadastro das colheitadeiras disponíveis, por tipo, capacidade, idade e outros elementos essenciais, bem como de todas as novas colheitadeiras ou equipamentos ligados à operação e à propriedade.

Art. 9º A Secretaria Municipal de Desenvolvimento, com a participação das demais Secretarias envolvidas, acompanhará a modernização das atividades e a avaliação dos impactos da queima sobre a competitividade e ocorrências na cadeia produtiva.

Art. 10. A Secretaria Municipal de Desenvolvimento, ouvido o COMPARA, deverá autorizar, excepcionalmente, a queima da palha da cana-de-açúcar, com base em estudos técnico-científicos, como instrumento fitossanitário.

Art. 11. Em caso de descumprimento desta Lei, será aplicada a pena de multa ao proprietário da lavoura queimada:

§ 1º A multa a que se refere o caput deste artigo será de 3 (três) salários mínimos por hectare queimado, e, em caso de reincidência este valor será aplicado em dobro.

§ 2º Os recursos oriundos do pagamento das multas a que se referem este artigo, serão revertidos ao Fundo Municipal do Meio Ambiente, que deverá ser criado por lei pelo Poder Executivo, no prazo de 90 (noventa) dias.

Art. 12. A fiscalização, a autuação e a aplicação das multas previstas nesta Lei serão realizadas pela Prefeitura Municipal, através dos setores competentes.

Art. 13. As despesas decorrentes com a execução desta Lei correrão por conta de dotações orçamentárias próprias, suplementadas se necessário.

Art. 14. Aplicam-se subsidiariamente a esta Lei, as disposições da Lei Federal nº 9.605/1998, dos Código Penal e de Processo Penal, Normas e Ordens de Serviço do IBAMA e da legislação municipal em vigor relativa à matéria.

Art. 15. O Poder Executivo regulamentará a presente Lei, no que for necessário, no prazo de 90 (noventa) dias.

Art. 16. Esta Lei entra em vigor na data de sua publicação, revogadas as disposições em contrário.

Rio Brilhante-MS, 17 de junho de 2008.

DONATO LOPES DA SILVA
Prefeito Municipal

ANEXO IV

LEI Nº 1.507 DE 2007

Dispõe sobre o plantio de cana-de-açúcar no Município de Rio Brillhante, Estado de Mato Grosso do Sul, fixando limites de área a ser plantada.

A Câmara Municipal de Rio Brillhante, Estado de Mato Grosso do Sul, aprovou projeto de lei de autoria do vereador Sidney Foroni, e, eu, Prefeito Municipal, nos termos da Lei Orgânica do Município, sanciono a seguinte Lei:

Art.1º Fica fixado o limite máximo de 40% (quarenta por cento) da extensão territorial total do Município para o plantio da cultura de cana-de-açúcar.

§ 1º O limite estabelecido neste artigo somente poderá ser atingido de forma gradativa e proporcional, de acordo com o seguinte cronograma:

I - no ano 2008: até 24% (vinte e quatro por cento) da área total do município;

II - no ano 2009: até 28% (vinte e oito por cento) da área total do município;

III - no ano 2010: até 32% (trinta e dois por cento) da área total do município;

IV - no ano 2011: até 36% (trinta e seis por cento) da área total do município;

V - no ano 2012: até 40% (quarenta por cento) da área total do município.

§ 2º A expansão gradativa do plantio de cana-de-açúcar prevista no § 1º deste artigo deverá ser precedida de requerimento do interessado, que deverá apresentar o respectivo projeto de expansão ou proposta devidamente justificada, cujo plantio somente poderá ser iniciado após o deferimento da Secretaria Municipal de Desenvolvimento e do Chefe do Poder Executivo Municipal.

§ 3º Fica vedado o plantio de cana-de-açúcar e de demais cultivos agrícolas em áreas de preservação ambiental, permanente, em torno de mananciais, nascentes de córregos, minas, ribeirões, matas ciliares a uma distância mínima de 30m (trinta metros) de acordo com a legislação federal e estadual.

Art. 2º Os projetos de plantio de cana-de-açúcar a serem desenvolvidos no município de Rio Brillhante, deverão ser apresentados à Secretaria Municipal de Desenvolvimento e ao Conselho Municipal de Proteção, Manejo e Conservação de Recursos Ambientais - COMPARA -, acompanhados de levantamento topográfico, planimétrico, mapa e memorial descritivo, da área que se pretende cultivar, todos elaborados por profissional habilitado.

Art. 3º Compete à Secretaria Municipal de Desenvolvimento o acompanhamento e controle do percentual das áreas da extensão territorial do Município de Rio 191

Brilhante que serão utilizadas para o plantio de cana-de-açúcar, mantendo cadastro atualizado sobre estas áreas, incluindo as áreas que já estão sendo utilizadas.

Art. 4º Atingido o percentual de 40% (quarenta por cento) da extensão territorial total do Município para o plantio da cultura de cana-de-açúcar, ou os percentuais fixados no cronograma estabelecido pelo § 1º, do art. 1º desta Lei, não será concedido alvará de ampliação ou de construção e funcionamento a novas unidades industriais de processamento de cana-de-açúcar, ou autorização para a expansão de área a pessoas físicas ou jurídicas interessadas, e todo e qualquer novo empreendimento de plantio que seja realizado de forma contrário a esta Lei, ficará sujeito às seguintes sanções:

I - notificação do proprietário da área ou arrendatário para que no prazo de 10 (dez) dias realize a eliminação da plantação realizada;

II - imposição de multa mensal de R\$ 1.000,00 (um mil reais) por hectare plantado até a eliminação da plantação.

Art. 5º No prazo de 60 (sessenta) dias o Poder Executivo Municipal realizará a regulamentação desta Lei no que concerne aos mecanismos de controle, acompanhamento e fiscalização percentual das áreas da extensão territorial do Município de Rio Brilhante que serão utilizadas para o plantio de cana-de-açúcar e da aplicação das sanções pelo descumprimento desta Lei.

Art. 6º Esta Lei entra em vigor na data de sua publicação, revogadas as disposições em contrário.

Rio Brilhante/MS, 21 de dezembro de 2007.

DONATO LOPES DA SILVA

Prefeito Municipal