

## X-018 – A QUEIMA DA CANA-DE-AÇÚCAR PARA O CORTE: ESTUDO DAS EMISSÕES DE MONÓXIDO DE CARBONO GERADAS EM MATO GROSSO DO SUL

**Rodrigo Soares Garcia da Silva**<sup>(1)</sup>

Engenheiro Ambiental pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Mestrando em Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP).

**Endereço**<sup>(1)</sup>: Rua Rosalino Bellini, 284 - Jardim Santa Paula – São Carlos - SP - CEP: 13564-050 - Brasil - Tel: (16) 8177-6265 - e-mail: [rodrigo.sgs@hotmail.com](mailto:rodrigo.sgs@hotmail.com)

### RESUMO

Neste trabalho procurou-se fazer um levantamento dos fatores que influenciaram a cultura de cana-de-açúcar a ser uma das principais atividades agrícolas do país, tendo hoje um papel de destaque devido à projeção de tecnologias mais limpas que visam diminuir o consumo de combustíveis fósseis para fins energéticos. Porém, o modo como essa cultura é cultivada gera também muitos problemas ambientais devido a grande porcentagem de cana que passa pela queimada pré-colheita, alterando negativamente a qualidade do ar atmosférico. Foram relacionados os principais poluentes atmosféricos emitidos pela queima da palha da cana-de-açúcar e os efeitos que pesquisas têm apontados como iminentes. Ainda foi realizado um levantamento das áreas que mais produzem cana-de-açúcar no Estado de Mato Grosso do Sul e estimaram-se as conseqüências que a queima pré-colheita dessa produção acarreta às cidades próximas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Cana-de-açúcar, Queimada, Poluentes atmosféricos.

### INTRODUÇÃO

Nos últimos tempos as pessoas finalmente começaram a enxergar o meio ambiente de outra maneira. Tanto que essa mudança possibilitou também, olhar para acontecimentos antigos e relacionar muitos problemas sem explicação com as características do meio ambiente alterado antropicamente. Esse foi um marco para a compreensão dos problemas atuais, pois foi possível evitar que muitos erros se repetissem, evitando grandes desastres ambientais (HOLGATE, 1999).

Essa busca de informações para conhecer mais sobre o mundo que vivemos e evitar danos a ele, e conseqüentemente às nossas vidas, levou as pessoas a buscar a troca de experiências com outras culturas do mundo. Esse tipo de situação se acentuou no século XX através das conferências internacionais, que acabaram se tornando mais do que simples pontos de troca de experiências, mas também passaram a ser locais de assinaturas de acordos e protocolos internacionais (PHILIPPI, 2004).

Dentro dessas novas perspectivas, muitas pessoas passaram a buscar constantemente novas formas de interagir com o meio ambiente tentando causar o menor impacto possível.

A substituição do consumo de combustíveis fósseis pelos bicombustíveis, alavancados principalmente pelas mudanças climáticas, é um exemplo da tentativa das pessoas serem menos agressivas com o meio ambiente. A mobilização política internacional em torno dessa questão tem promovido a criação de políticas que visam estimular o uso de biomassa e biocombustíveis para fins energéticos (LEME, 2005).

O álcool etanol então passou a ser conhecido como o combustível “ecologicamente correto”. Esse panorama foi essencial para estimular a expansão do setor sucro-alcooleiro em varias regiões do Brasil. Setor este que já se mostrava como uma das principais atividades da economia brasileira desde os tempos de sua colonização (SANTOS, 2008).

Devido a esse aumento na produção de cana-de-açúcar, surgiram diversas dúvidas, em especial as relacionadas com os impactos ambientais causados pela queima da cana, anterior à colheita (ALVAREZ, 1999).

Existem estudos que consideram que os poluentes atmosféricos emitidos pela queima da palha da cana-de-açúcar (monóxido de carbono, material particulado, óxidos de nitrogênio, ozônio, hidrocarbonetos policíclicos aromáticos) estão associados a danos na saúde das pessoas, especialmente os relacionados a problemas respiratórios, problemas cardiovasculares e ao aparecimento de câncer (CASTRO, 2003).

As células sanguíneas já possuem naturalmente 1% de hemoglobinas ligadas ao monóxido de carbono. No entanto, o contato crônico do indivíduo com o monóxido de carbono pode elevar essa porcentagem de carboxihemoglobina, causando aumento na probabilidade de morte por problemas cardíacos (BAIRD, 2002).

Muitos pesquisadores ainda discutem quantas pessoas morrem, e se realmente elas morrem, como resultado da exposição a poluentes como o ozônio e material particulado. Porém não há dúvida alguma de que o monóxido de carbono é responsável por inúmeros óbitos (HOLGATE, 1999).

Buscando garantir a saúde da população, diversos atos legais foram criados pelos governos e organizações ambientais, visando limitar a emissão e garantir a baixa exposição da população a diversos poluentes. Muitas vezes são usados, para identificar se as concentrações de poluentes estão de acordo com a legislação, estudos de dispersão atmosférica. Os estudos de dispersão atmosférica calculam as concentrações de determinados poluentes a partir de uma certa fonte de emissão. Esses estudos utilizam como dados uma série confiável de dados meteorológicos aliada a um modelo matemático (NEGRI, 2002).

Visto que o Estado de Mato Grosso do Sul tem se destacado na expansão de áreas plantadas de cana-de-açúcar e no número de usinas sucro-alcooleiras instaladas, este trabalho buscou verificar se, nas áreas urbanas, as concentrações de monóxido de carbono (CO) oriundos da queima da palha da cana-de-açúcar estão dentro dos limites estabelecidos pela legislação.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Com o intuito de identificar a concentração de monóxido de carbono, proveniente das queimadas pré-colheita da cana-de-açúcar, que está chegando até as cidades de Mato Grosso do Sul, buscou-se um modelo que fosse capaz de auxiliar na mensuração e estimativa de dispersão deste poluente pelo ar atmosférico.

O modelo escolhido para tal foi o software *Screen View*, versão 3.0 do ano 2000. Para a escolha desse programa foram considerados os programas recomendados pela U.S.EPA. Dentre os programas recomendados pela agência americana, o *Screen* era o único disponível gratuitamente. Isso porque ele possui algumas limitações, mas que não interferiram no resultado deste estudo.

O *Screen* foi criado para proporcionar uma maneira simples de obter a concentração de poluentes com base no rastreamento de informações simples, disponíveis para um grande número de usuários. O programa interage com o usuário ao apresentar opções do tipo de fonte de emissão, do tipo do terreno e das condições meteorológicas da área de estudo. Posteriormente à escolha dessas informações, o programa já processa que dados serão necessários à modelagem e daí cabe ao usuário inserir esses dados de entrada.

O *Screen* utiliza um modelo de pluma gaussiana, levando-se em conta os fatores meteorológicos para calcular a concentração e dispersão dos contaminantes de fontes fixas. Para isso assume-se que o contaminante não sofra nenhuma reação química ou nenhum outro processo de remoção.

A velocidade e direção dos ventos, dados de entrada para o *Screen*, foram obtidos através do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Para o cálculo da média da velocidade dos ventos e para a determinação da direção de vento predominante, foi utilizado o software *Wind Rose Plots for Meteorological Data*, desenvolvido pelo mesmo criador do *Screen View*, a *Lakes Environmental Software*.

Para o cálculo do fator de emissão do carbono durante a queima, foi utilizado como base um estudo feito por pesquisadores do Instituto de Química da Universidade de São Paulo. Nesses experimentos foi realizada a queima da palha de cana-de-açúcar seca em um ambiente confinado (capela de laboratório fechada), previamente limpa, sem exaustão e incidência de luz direta. Assim, foi possível medir as emissões de compostos carbonílicos e CO durante a queima. O CO foi medido empregando um sensor portátil específico, o *Indoor Air Quality Probe - Gray Wolf* (LOPES, 2009).

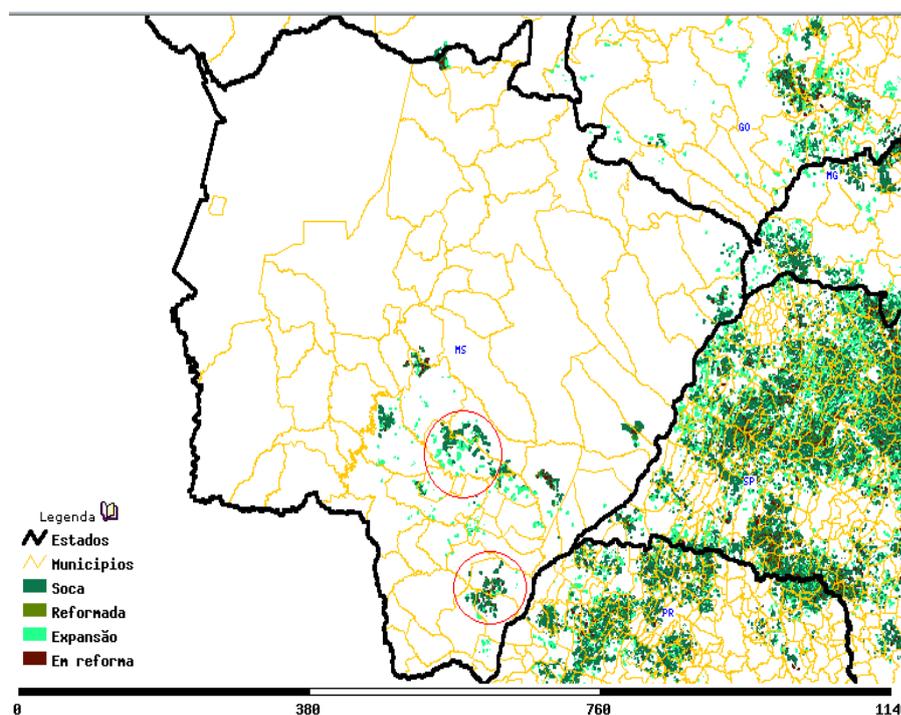
O valor de emissão de CO obtido foi 30g para cada quilograma de palha queimada. Além disso, esse estudo determinou que cada hectare de cana-de-açúcar possui 8 toneladas de palha que pode ser queimada.

O Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), em parceria com a União da Indústria de Cana-de-Açúcar (ÚNICA), desenvolveu um programa chamado Canasat para mapear as plantações de cana e usinas sucro-alcooleiras através de imagens de satélites de observação da Terra. Trata-se de imagens e informações sobre a produção de cana-de-açúcar pela região Centro-Sul do Brasil, disponibilizadas em mapas. Essas imagens foram utilizadas para caracterização da produção dos municípios estudados.

## RESULTADOS

A emissão de monóxido de carbono foi dada pelo seguinte cálculo: cada hectare de cana possui 8 toneladas de palha a ser queimada; cada quilograma de palha queimada libera 30 gramas de CO; assim teremos 240000 g CO emitidas por hectare, ou 24 g CO por metro quadrado. Adotando um período de queima de 8 horas, teremos uma emissão de CO de  $8,3 \times 10^{-4}$  g/s/m<sup>2</sup>.

Observando os dados de produção na figura 1, em relação à área plantada, podemos notar duas regiões que se destacam pela produção de cana-de-açúcar. Uma região é a formada pelos municípios de Iguatemi, Itaquirai e Naviraí, totalizando 48.502 ha cultivados na safra 2008/2009. A outra região é composta pelos municípios de Rio Brillante e Nova Alvorada do Sul com 81.785 ha plantados.



**Figura 1: Localização dos maiores municípios produtores de cana em Mato Grosso do Sul.**

Na região de Itaquirai, Iguatemi e Naviraí, a área urbana de Iguatemi se encontra bem distante da área plantada de cana-de-açúcar. Em relação à Itaquirai, as plantações mais próximas distam 15 km da área urbana, e, segundo cálculos do regime de ventos, essa área possui menor probabilidade de sofrer influência dos poluentes provenientes do norte. Apenas o município de Naviraí se encontra próximo das lavouras de cana-de-açúcar, e por isso tende a sofrer maiores conseqüências com a poluição emitida.

Os dados meteorológicos utilizados para o cálculo da dispersão de CO foram os provenientes da estação A749 localizada no município de Juti.

A velocidade e direção dos ventos calculados pelo *WRPlot*, resultaram em uma velocidade média de 0,5 m/s e na rosa-dos-ventos apresentada na figura 3. A velocidade dos ventos média obtida é menor que o mínimo aceito pelo *Screen*. Sendo assim, deve-se adotar velocidade média dos ventos igual a 1 m/s.

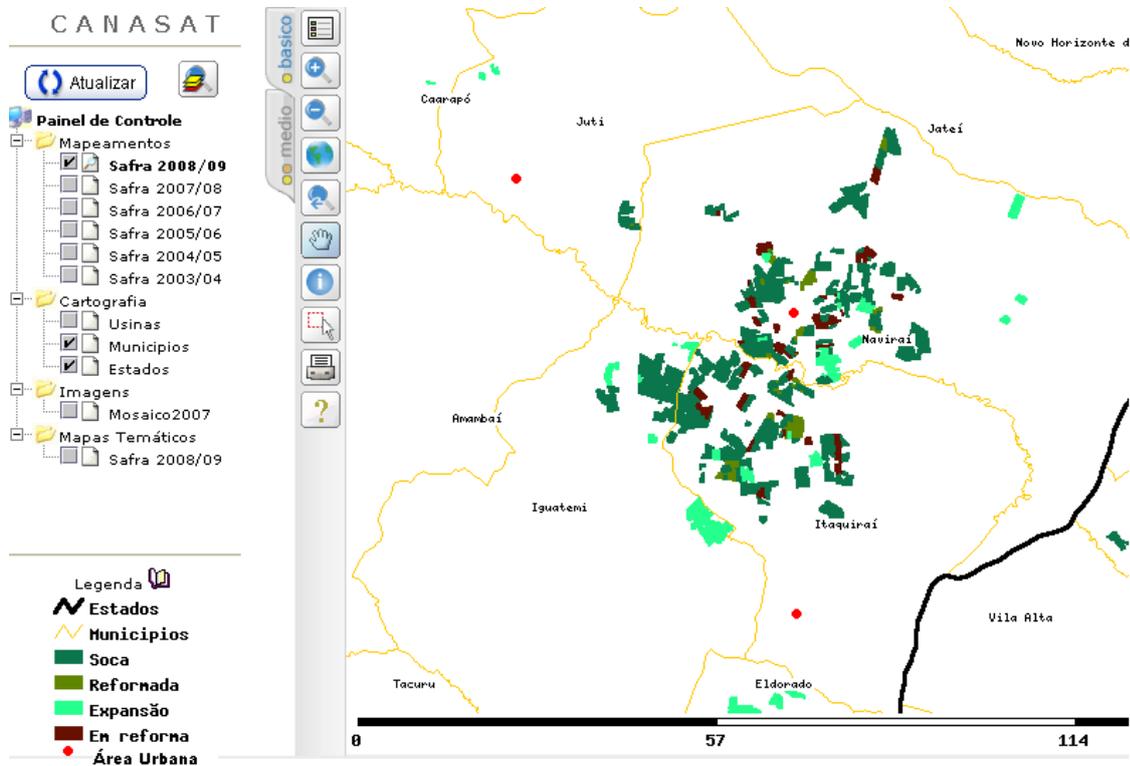


Figura 2: Locação das cidades em relação às plantações.

Essa rosa-dos-ventos apresenta os ventos vindos do nordeste e indo para o sudoeste. Esse valor dado pelo vetor resultante é em relação à projeção azimutal, que considera o norte como o ponto 0° e vai aumentando no sentido horário.

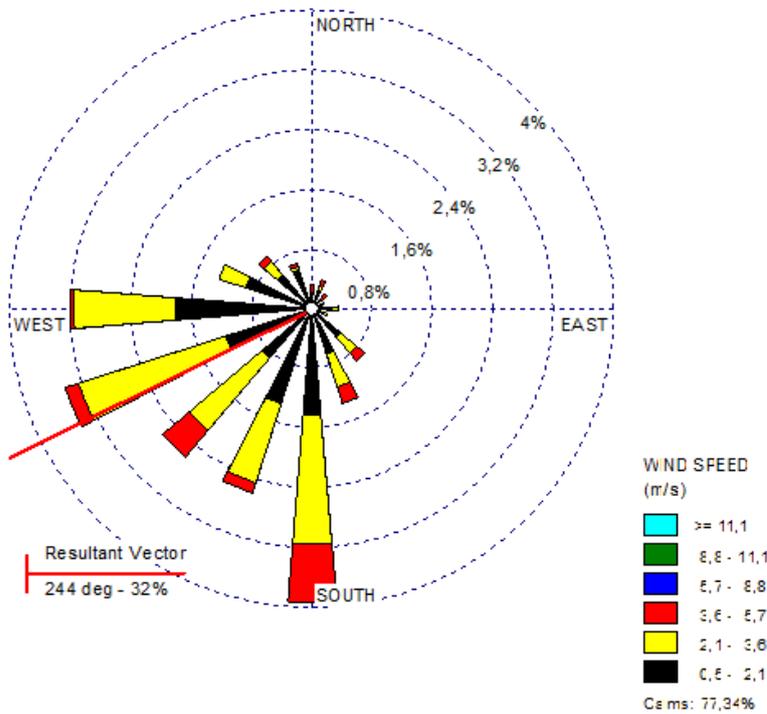


Figura 3: Rosa-dos-ventos de Juti-MS.

A linha vermelha traçada na figura 4 representa a direção de ventos predominante na região. Sendo assim, as áreas que serão consideradas para o cálculo de emissão de monóxido de carbono serão as lavouras do entorno dessa linha.

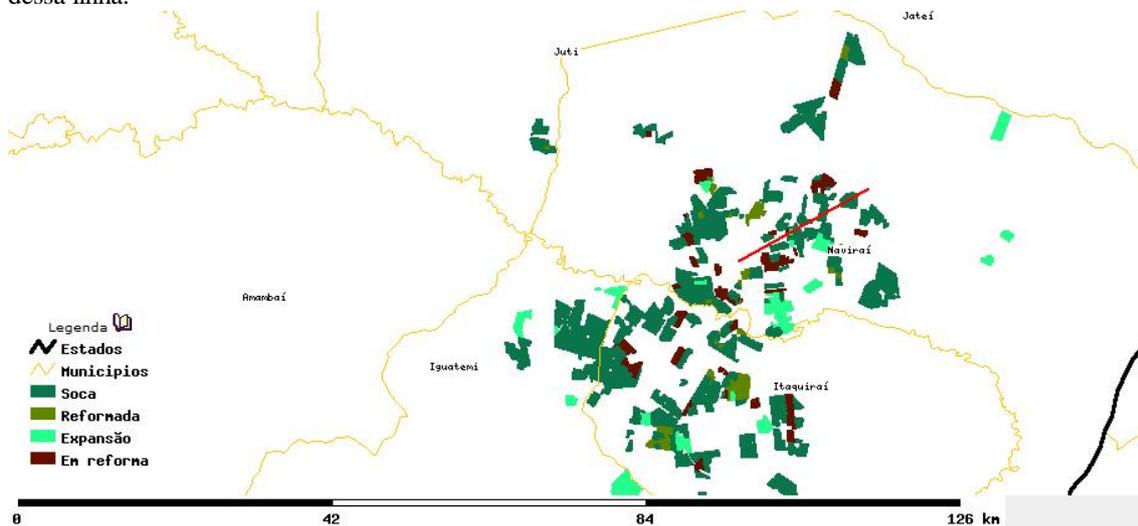


Figura 4: Representação do sentido dos ventos no mapa.

Essas áreas foram medidas com o auxílio da ferramenta “medir área” que é fornecida pelo próprio programa do projeto Canasat. Essa ferramenta possibilita a medida de apenas uma área por vez, sendo a área total determinada pela soma de cada área individual.

Nota-se na figura 5, que a área total determinada foi de 5450 hectares.

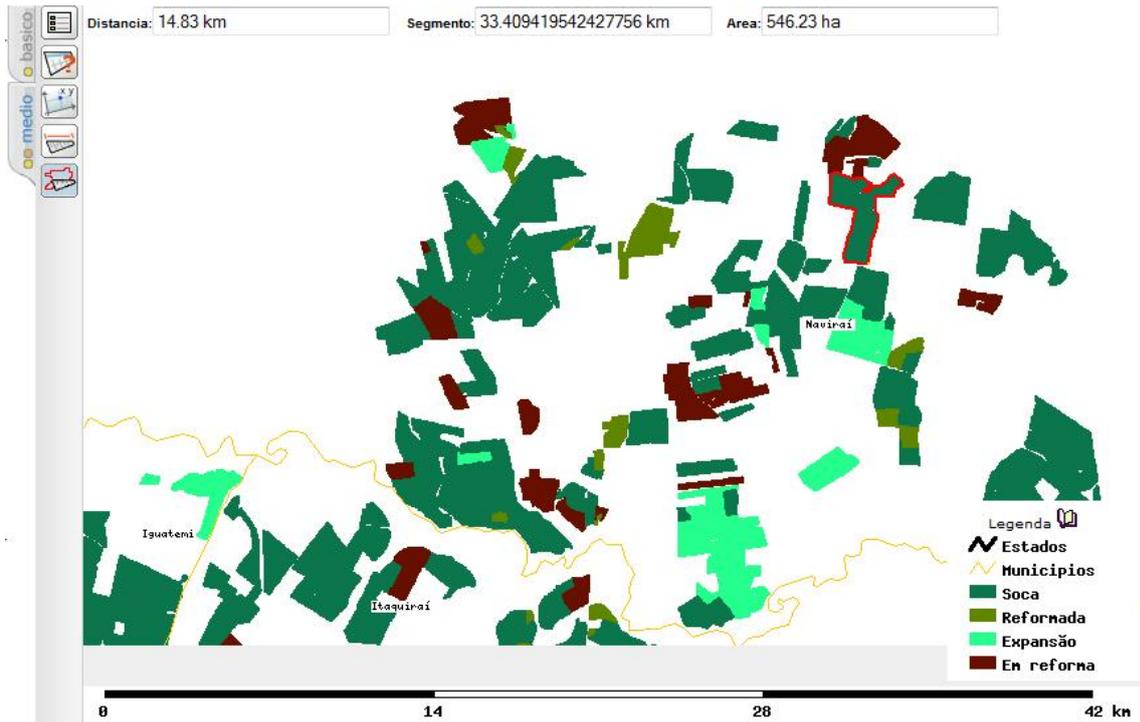


Figura 5: Exemplo de medição da área de lavoura.

Levando-se em consideração o índice de queima de Mato Grosso do Sul de 55% para o ano de 2008, estimamos então que desses 5450 hectares, 2997,5 sofrerão com a queima pré-colheita.

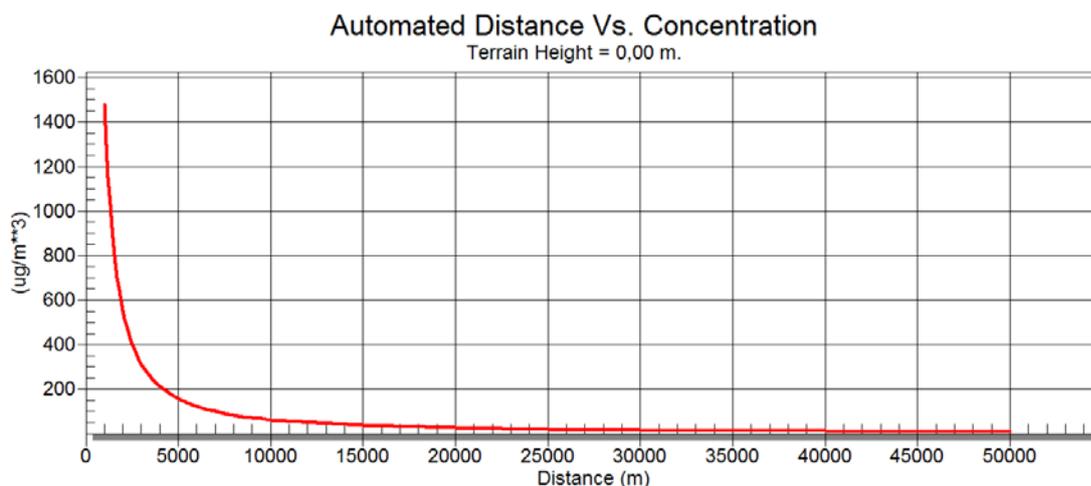
O tempo de queima foi estimado em 8 horas, levando-se em conta que o limite padrão de concentração de CO estabelecido pela Resolução CONAMA 03/90, que é de  $10000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , é dado em concentração média de 8 horas.

Trabalhando com esses dados no *Screen*, temos a tabela 1 e a figura 6, mostrando as concentrações de CO.

**Tabela 1: Concentração de CO e distância da fonte em Naviraí.**

Distância(m)	Concentração ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Distância(m)	Concentração ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
1000	1478,00	3500	254,30
1100	1298,00	4000	212,50
1200	1151,00	4500	181,30
1300	1029,00	5000	157,30
1400	926,80	5500	138,30
1500	839,70	6000	123,00
1600	765,20	6500	110,30
1700	700,90	7000	99,81
1800	644,70	7500	91,22
1900	595,70	8000	83,86
2000	552,50	8500	77,49
2100	516,10	9000	71,93
2200	483,70	9500	67,04
2300	454,60	<u>10000</u>	<u>62,71</u>
2400	428,20	15000	37,01
2500	404,40	20000	26,13
2600	382,60	25000	16,96
2700	362,80	30000	16,02
2800	344,70	40000	11,52
2900	328,00	50000	8,92
3000	312,70		

As plantações mais distantes, dentro da área de estudo, encontravam-se a 20 quilômetros do município de Naviraí. É considerado como o ponto inicial da dispersão dos poluentes o centro da área fonte das emissões. Sendo assim, a concentração estimada de monóxido de carbono no município de Naviraí foi de  $62,71 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

**Figura 6: Gráfico: concentração de CO x distância da fonte.**

Na região formada pelos municípios de Rio Brillhante e Nova Alvorada do Sul, o município de Nova Alvorada do Sul sofre mais as conseqüências da emissão de poluentes por estar rodeado de grandes plantações de cana de açúcar próximas à sua área urbana. Com relação à Rio Brillhante, a área urbana está a 12 quilômetros das plantações que estão na direção do vento, conforme as figuras 7 e 8.

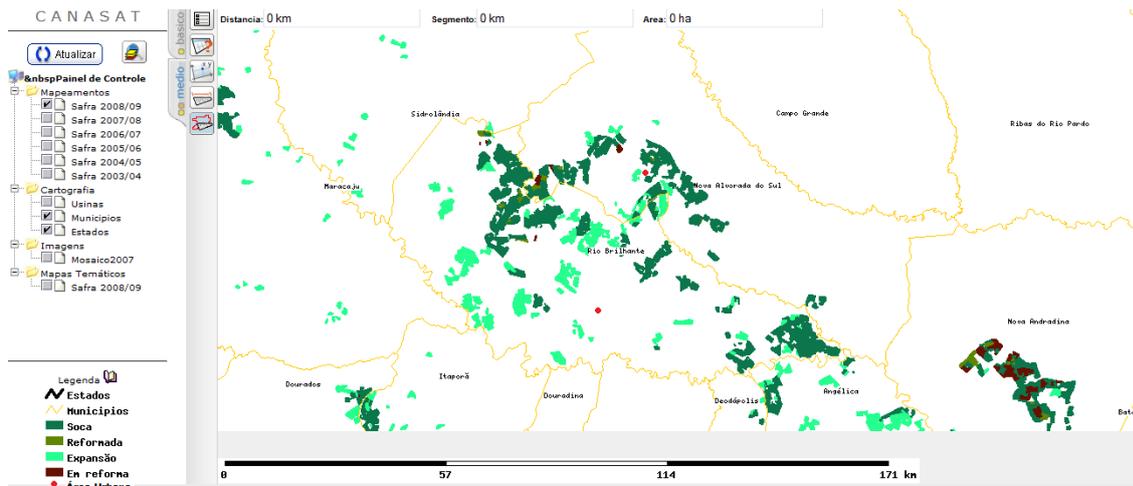


Figura 7: Localização das cidades em relação às plantações.

A rosa-dos-ventos para esses municípios foi calculada utilizando-se os dados meteorológicos da estação A743, localizada no município de Rio Brillante, e está apresentada na figura 8.

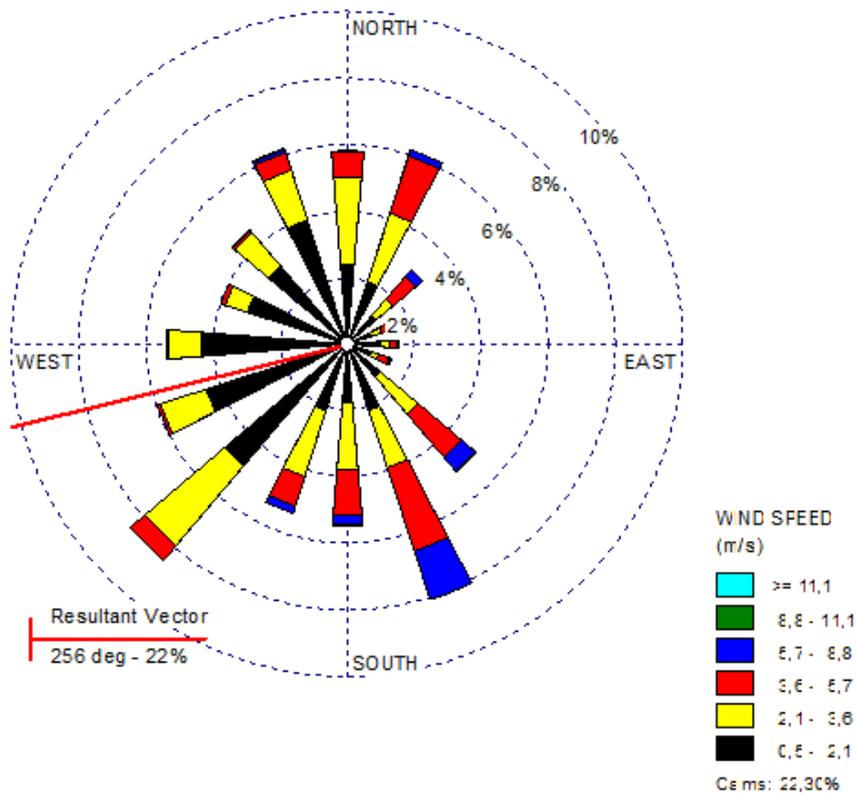


Figura 8: Rosa-dos-ventos de Rio Brillante-MS.

Segundo os dados tratados pelo *WRPlot*, a velocidade média dos ventos foi de 1,96 m/s.

A linha vermelha traçada na figura 9 representa a o vetor resultante da direção dos ventos registrados na região. As áreas que serão consideradas para o cálculo de emissão de monóxido de carbono serão as lavouras do entorno dessa linha.

Após a medida utilizando-se a ferramenta medir área do Canasat, encontrou-se uma área total de 3947 hectares.

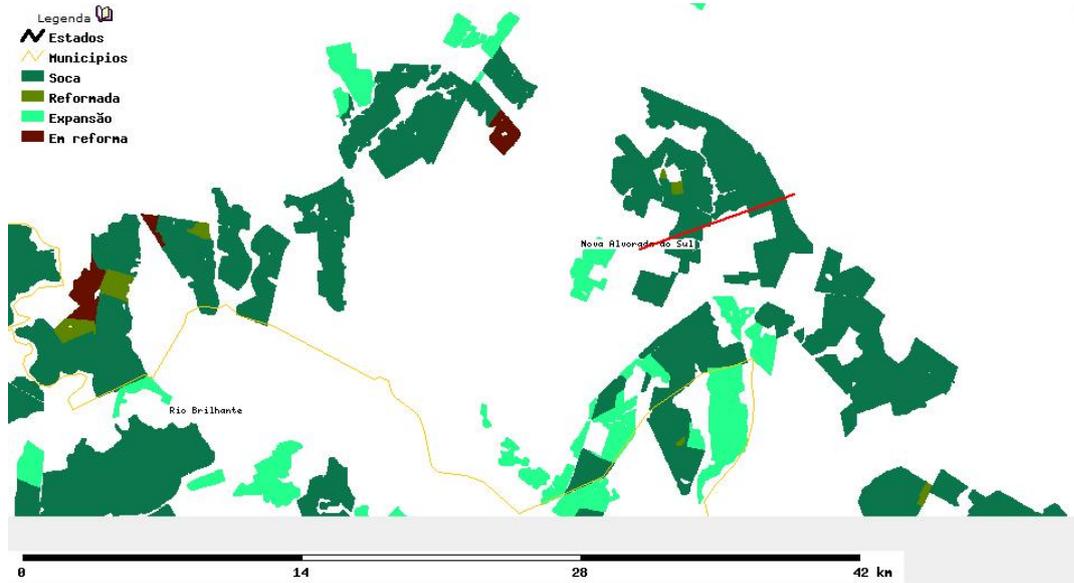


Figura 9: Representação do sentido dos ventos no mapa.

Considerando a colheita mecanizada de 45%, a área queimada será de 55%, ou seja, 2170,85 ha.

A tabela 2, gerada pelo *Screen*, e a figura10 mostram as concentrações de CO para o entorno de Nova Alvorada do Sul.

As plantações mais distantes de Nova Alvorada do Sul, encontravam-se a 8 quilômetros da área municipal. É considerado como o ponto inicial da dispersão dos poluentes o centro da área fonte das emissões. Sendo assim, a concentração estimada de monóxido de carbono no município de Nova Alvorada do Sul foi de 78,71  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

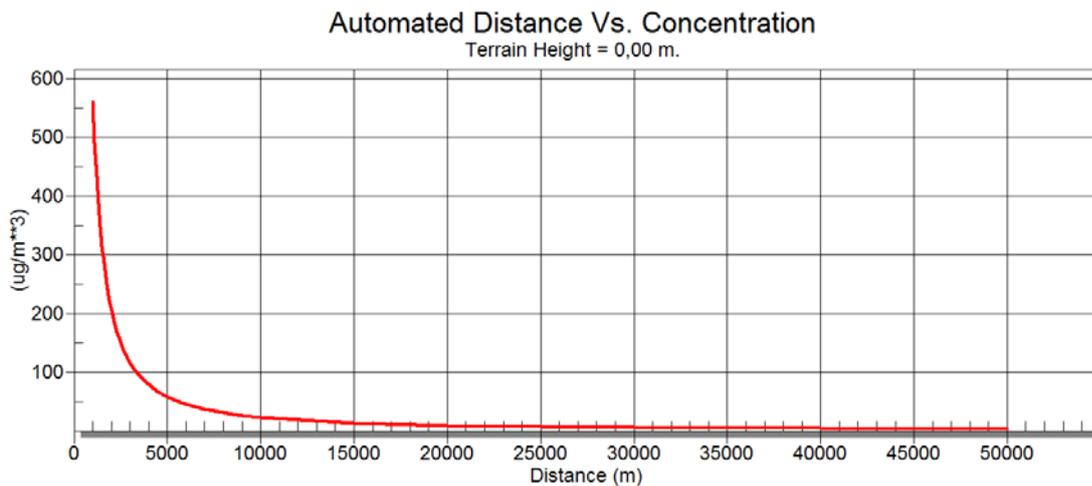


Figura 10: Gráfico: concentração de CO x distância da fonte.

**Tabela 2: Concentração de CO e distância da fonte em Nova Alvorada do Sul.**

Distância(m)	Concentração (µg/m <sup>3</sup> )	Distância(m)	Concentração (µg/m <sup>3</sup> )
1000	560,40	3500	94,24
1100	490,50	<u>4000</u>	<u>78,71</u>
1200	433,80	4500	67,13
1300	386,90	5000	58,20
1400	347,70	5500	51,15
1500	314,40	6000	45,46
1600	286,10	6500	40,79
1700	261,70	7000	36,90
1800	240,60	7500	33,73
1900	222,00	8000	31,01
2000	205,80	8500	28,65
2100	192,10	9000	26,59
2200	179,90	9500	24,78
2300	169,00	10000	23,18
2400	159,10	15000	13,67
2500	150,20	20000	9,65
2600	142,10	25000	7,37
2700	134,70	30000	5,92
2800	127,90	40000	4,26
2900	121,70	50000	3,30
3000	116,00		

Em uma simulação alterando o valor da velocidade de ventos para 1 m/s, mesma condição apresentada em Naviraí, a concentração estimada de CO para Nova Alvorada do Sul é de 154,3 µg/m<sup>3</sup>.

Todos os resultados da concentração de CO apresentados encontram-se dentro do padrão de qualidade do ar instituído pela Resolução CONAMA 03/90, que é 10000 µg de CO/m<sup>3</sup> para uma média de 8 horas (padrão primário e secundário).

## CONCLUSÕES

Ao analisar os resultados encontrados, da concentração de monóxido de carbono, pode-se observar dois aspectos. O primeiro diz respeito à área de emissão e distância em relação às cidades. Mesmo a área estudada de Naviraí, e conseqüentemente a emissão de CO, sendo muito maior que a de Nova Alvorada do Sul, as concentrações encontradas foram menores devido à distância em relação à fonte de emissão. Isso acontece pois a dispersão dos poluentes é exponencial, sendo as concentrações nos pontos iniciais muito altas.

O segundo aspecto relevante é a respeito das condições da atmosfera, principalmente a velocidade dos ventos. Isso ficou bem claro na simulação feita em Nova Alvorada do Sul. Quando foi suposta uma velocidade bem menor dos ventos, a concentração de CO aumentou significativamente. Isso vem mostrar a importância das condições atmosféricas na dispersão dos poluentes atmosféricos em geral.

Assim, para evitar maiores concentrações de poluentes deve-se buscar, na oportunidade de implantação de usinas e plantações de cana-de-açúcar, não apenas condições de fertilidade e facilidades econômicas, mas também é importante a escolha de regiões distantes das cidades e em regiões onde o regime atmosférico absorva melhor os impactos gerados.

Em relação ao CO, apesar das concentrações encontrarem-se abaixo do limite máximo estabelecido pelo CONAMA, deve-se salientar que esse padrão também é considerado secundário, ou seja, que mesmo abaixo dessa concentração pode haver efeito adverso na população e no meio ambiente, ainda que esse efeito seja mínimo. Portanto, enquanto mais estudos sobre a exposição a pequenas concentrações de monóxido de carbono não forem realizados, não é possível afirmar que as concentrações abaixo do estabelecido pelo CONAMA sejam completamente seguras.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALVAREZ, I.A.; CASTRO, P.R.C. Crescimento da parte aérea de cana crua e queimada. SCIENTIA AGRICOLA. Piracicaba, v.56, n.4, out-dez 1999.
2. BAIRD, C. Química Ambiental. Higienópolis: Artmed, 2002.
3. CASTRO, H.A.; GOUVEIA, N.; ESCAMILLA-CEJUDO, J.A. Questões metodológicas para a investigação dos efeitos da poluição do ar na saúde. REVISTA BRASILEIRA DE EPIDEMIOLOGIA. São Paulo, v. 6, n. 2, p. 135-149, jun 2003.
4. HOLLGATE, S.T. *et al.* Air Pollution and Health. Cambridge: Academic Press, 1999.
5. LEME, R. M. Estimativa das Emissões de Poluentes Atmosféricos e Uso de Água na Produção de Eletricidade com Biomassa de Cana de Açúcar. Campinas. 2005. Dissertação (Mestrado em Planejamento de Sistemas Energéticos). Universidade Estadual de Campinas, 2005.
6. NEGRI, J.C. Modelo Preditivo da Emissão e Dispersão do NOx Gerado em Usinas Termoelétricas Como Instrumento de Análise de Inserção e Capacidade de Suporte Regional da Qualidade do Ar. São Paulo. 2002. Tese (Doutorado em Engenharia). Universidade de São Paulo, 2002.
7. PHILIPPI JR, A.; ROMÉRO, M.A.; BRUNA, G.C. Curso de Gestão Ambiental. Barueri: Manole, 2004.