

ANÁLISE DA DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DAS EMISSÕES DE ÓXIDOS DE NITROGÊNIO (NO_x) DEVIDO ÀS INDÚSTRIAS DE AÇÚCAR E ÁLCOOL NO ESTADO DE SÃO PAULO

Flávia Guimarães FIORANELLI^{1,2}

Jorge Marcos de MORAES^{1,2}

Alexandre Marco da SILVA³

Anselmo FIORANELLI²

Resumo

O presente trabalho teve como objetivo quantificar as emissões de NO_x pelas indústrias de açúcar e álcool, no estado de São Paulo devido à queima de bagaço de cana de açúcar. Esse combustível vem sendo cada vez mais utilizado para suprir as necessidades individuais de energia térmica e elétrica das usinas e o excedente energético, obtido através de cogeração, exportados para a rede local. Utilizando-se dados georreferenciados obtidos em 125 usinas de cana localizadas no estado de São Paulo, foram elaborados mapas com a distribuição espacial da emissão de NO_x , [kg.h^{-1}] para as safras 2001/2002, 2002/2003 e 2003/2004. Os mapas foram gerados através de procedimentos de interpolação de dados e técnicas de geoprocessamento. Verificou-se que as regiões de Piracicaba e Ribeirão Preto, ambas com alta densidade demográfica, possuem altos valores de emissão de NO_x e conseqüentemente são as mais suscetíveis aos efeitos desse poluente atmosférico.

Palavras-chave: Poluição atmosférica. Óxidos de nitrogênio. Estado de São Paulo. Usinas de açúcar e álcool. Estudo espacializado da poluição.

Abstract

Spatial distribution analysis of NO_x emission due to sugar cane and alcohol industries in Sao Paulo State

The aim of the present paper was to quantify NO_x emission of sugar cane and alcohol industries in Sao Paulo State, due to the burning of the cane bagasse. The use of this kind of fuel is increasing to supply individual needs of thermal and electrical energy of the mills and, the exceeding energy, obtained by cogeneration, is exported to the local energetic network. Using georeferenced data obtained in 125 mills in Sao Paulo state, maps were elaborated showing the spatial distribution of NO_x emission for the harvests of 2001/2002, 2002/2003 and 2003/2004. The maps were generated through interpolation and geoprocessing techniques. It was verified that the regions of Piracicaba and Ribeirão Preto, both with high demographic density, have high values of NO_x emission and consequently are the most sensitive to be influenced by this kind of atmospheric pollutant.

Keywords: Atmospheric pollution. Nitrous oxides. Sao Paulo state. Sugar cane and alcohol mills. spatial study of pollution.

¹ Centro de Energia Nuclear na Agricultura, CENA-USP, Av. Centenário, 303, 13400-000, Piracicaba, SP, jmmoraes@cena.usp.br (contatos)

² Escola de Engenharia de Piracicaba, FUMEP, Av. Monsenhor Martignio Salgot, 560, 13414-040, Piracicaba, SP, anselmofioraneli@uol.com.br

³ Departamento de Engenharia Ambiental, UNESP – Sorocaba, Av. Três de Março, 511, 18087-180, Sorocaba, SP, amsilva@sorocaba.unesp.br

INTRODUÇÃO

O mercado sucroalcooleiro possui uma grande importância na economia nacional, movimentando por ano, entre faturamentos diretos e indiretos, o correspondente a 2,3% do PIB brasileiro e é responsável por aproximadamente 1 milhão de empregos diretos (ALVES, 2002). O estado de São Paulo é o maior produtor de açúcar e álcool do País, produzindo cerca de 60% do total nacional.

A cana-de-açúcar é um importante tipo de biomassa energética existente no país, uma vez que, além da produção do açúcar e do álcool, seu bagaço (aproximadamente 30% da cana moída) é utilizado como combustível para termelétricas. As usinas brasileiras evoluíram, desde a década de 80, de uma posição em que eram auto-suficientes em energia térmica e geravam apenas 60% de sua energia elétrica, para a posição de quase auto-suficiência também nesse tipo de energia.

A necessidade crescente de ampliar o parque nacional de geração de energia, devido à tendência de aumento do consumo de energia elétrica, acoplado à crescente demanda de álcool, devido à popularização de veículos bi-combustíveis, fazem com que a expectativa de produção de cana de açúcar seja crescente nos próximos anos.

Apesar da utilização do bagaço na geração de energia elétrica em usinas térmicas resultar em menor impacto ambiental quando comparado a outros combustíveis, em especial ao carvão mineral e óleo combustível (LORA et al, 2000), a geração de energia útil pelo processo de combustão resulta na emissão de gases e material particulado que, uma vez lançados na atmosfera, provocam diferentes níveis de poluição atmosférica (FIORANELLI, 2004).

Para Carvalho e Lacava (2003), os principais agentes causadores de poluição atmosférica presente nos gases de combustão são: o material particulado (MP), o dióxido de enxofre (SO_2) e os óxidos de nitrogênio (NO_x).

NO_x é o termo geral que designa a soma de monóxido de nitrogênio (NO) e dióxido de nitrogênio (NO_2), os dois componentes de nitrogênio mais emitidos em processos de combustão. Normalmente, as quantidades de NO formadas são muito maiores que as de NO_2 . Entretanto, uma vez lançado na atmosfera, o NO rapidamente se transforma em NO_2 e as taxas de emissão mássica de NO_x são sempre calculadas considerando seus dois compostos como exclusivamente NO_2 .

O NO_x é produzido devido a alta temperatura de operação das câmaras de combustão e a utilização de combustíveis com teores de nitrogênio. As concentrações de NO_2 na saída das chaminés, em geral permanecem baixas e a relação NO/ NO_2 é cerca de três, mas a concentração de ambos os óxidos é pequena. Entretanto, essa relação baixa drasticamente para temperaturas mais altas.

Esse gás pode provocar primordialmente dois tipos de impactos ambientais: 1) a poluição do ar e 2) a formação da chuva ácida; ambos com graves consequências na saúde humana e na qualidade do meio ambiente.

Com relação a deterioração da qualidade do ar, pode-se citar a formação da névoa fotoquímica ("smog"), que ocorre através da reação entre poluentes atmosféricos, incluindo NO_x , ozônio (O_3), componentes orgânicos voláteis (VOCs), SO_2 , aerossóis e material particulado, sob forte luz solar. Ocorre primariamente em áreas urbanas em dias ensolarados, quando as temperaturas são mais elevadas. Em quantidade excessiva, ameaça as pessoas, os animais e as plantas.

Carvalho e Lacava (2003) assinalam que o NO_x e O_3 são responsáveis diretos por edemas pulmonares uma vez que, sendo ambos solúveis em gordura, penetram profundamente nos alvéolos, provocando a desnaturação de proteínas e tornando porosas as paredes dos alvéolos e dos capilares.

Nas plantas, o NO_x e O_3 diminuem a permeabilidade das membranas celulares. A clorofila e a carotenóide são destruídas, diminuindo a capacidade fotossintética. Além disso, esses compostos bloqueiam a troca gasosa das folhas. Por fim, a presença de NO_x no interior das células acarreta a formação de nitrito, que possui atividade metagênica e altera as características hereditárias.

A chuva ácida ocorre devido a formação de ácido nítrico (HNO_3) e ácido sulfúrico (H_2SO_4), gerados através da reação entre os óxidos de nitrogênio e de enxofre, respectivamente, com o vapor da água (BRAGA et al, 2002).

Peruzzo e Canto (2000) observaram que o HNO_3 não surge na chuva apenas devido a poluição. Em consequência dos raios, que ocorrem durante as tempestades, também produzem NO e NO_2 , que conduzem ao aparecimento do HNO_3 na água. Assim, quantidades moderadas desse ácido podem existir na chuva, mesmo na ausência de poluição, desde que a chuva seja acompanhada de raios.

Uma das consequências das chuvas ácidas é a deterioração da qualidade dos solos, com perdas na produtividade agrícola e do equilíbrio ecológico. Isso ocorre devido a acidificação do solo, ao processo de lixiviação dos nutrientes e a eliminação de organismos que contribuem para a integridade do solo.

Outro grande impacto danoso é a acidificação da água, principalmente em lagos de reservatórios voltados para abastecimento e produção de energia elétrica, provocando desgaste em equipamentos, tubulações, turbinas, bomba, etc. Além disso, a acidez pode provocar a destruição da vegetação, peixes e outros organismos, além da deterioração de obras civis e monumentos.

Dentro desse contexto, a identificação das áreas com alto potencial de emissão de NO_x apresenta-se como uma ferramenta importante para os órgãos de gestão da qualidade do ar, na identificação de áreas potenciais de poluição, assim como para estudos científicos nos quais a quantificação desse componente, na atmosfera ou como material de deposição, seja de interesse. Uma vez estabelecidos os pontos de emissão e conhecendo-se as quantidades mensais e/ou anual que cada ponto emite é possível, através de técnicas de geoprocessamento, promover-se a interpolação destes pontos a fim de avaliar, dentro de um contexto espacial mais amplo e completo, as principais regiões que emitem o composto em questão.

QUALIDADE DO AR – LEGISLAÇÃO

A legislação brasileira de qualidade do ar, segundo BRAGA et al (2002), segue muito de perto as leis norte-americanas. Nos Estados Unidos, o órgão responsável pela fixação de índices é a EPA ("Environmental Protection Agency"), que especifica o nível máximo permitido para diversos poluentes atmosféricos, sendo que a máxima concentração de um poluente é especificada em função de um período médio de tempo. Os limites máximos (padrões) estão divididos em dois níveis: primário e secundário.

O primário inclui uma margem de segurança adequada para proteger pessoas mais sensíveis como crianças, idosos e pessoas com problemas respiratórios.

O secundário é fixado sem considerar explicitamente problemas com a saúde humana, mas levando em conta outros elementos, como danos à agricultura, a materiais e edifícios e à vida animal, mudanças de clima, problemas de visibilidade e conforto pessoal.

O Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, através da Resolução nº 003, de 28/06/90, estabeleceu os padrões nacionais de qualidade do ar, com base na Portaria Normativa nº 348, de 14/03/90, do IBAMA (LORA e TEIXEIRA, 2004). Esses padrões são mostrados na Tabela 1.

Tabela 1 - Padrões nacionais de qualidade do ar, conforme Resolução CONAMA nº 003, de 28 / 06 / 90

Poluentes	Tempo de amostragem	Padrão primário (µg / m ³)	Padrão secundário (µg / m ³)	Método de medição**
Partículas totais em suspensão	24 horas*, 1	240 80	150 50	Amostrador de grandes volumes
Dióxido de enxofre	24 horas*, 2	365 80	100 40	Pararosalinina
Monóxido de carbono	1 hora* 8 horas*	40.000 10.000	40.000 10.000	Infravermelho não dispersível
Ozônio	1 hora*	160	160	Quimiluminescência
Fumaça	24 horas*, 2	150 60	100 40	Refletância
Partículas inaláveis	24 horas*, 2	150 50	150 50	Separação inercial/filtração
Dióxido de nitrogênio	1 hora*, 2	320 100	190 100	Quimiluminescência

* Não deve ser excedido mais que uma vez ao ano. ** Os métodos de referência de amostragem e análise de poluentes descritos são aqueles aprovados pelo INMETRO. Pode-se adotar métodos equivalentes a esses, desde que aprovados pelo IBAMA. 1: Média geométrica anual. 2: Média aritmética anual.

Para Braga et al (2002), é importante considerar que os padrões de qualidade do ar não são definitivos. Eles devem ser revistos constantemente tendo em vista, principalmente, a entrada de novos poluentes do ar que podem alterar seus efeitos adversos. A fixação de padrões de qualidade do ar é um processo extremamente complexo, que envolve diversos tipos de problemas e requer um longo período de trabalho e de observação.

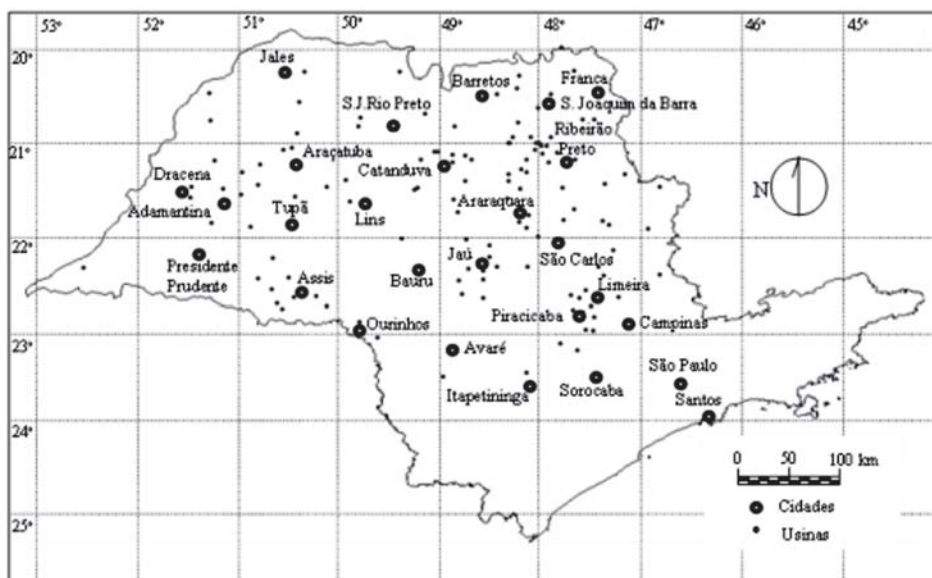
Por outro lado, o padrão de emissão, diferente dos índices de qualidade de ar apresentados acima, é definido como a quantidade máxima de poluente que é permitida ser descarregada no meio ambiente a partir de uma única fonte de poluição. Não há até o presente momento, legislação a nível federal, estadual ou municipal, que fixe limites para emissão de poluentes para fontes fixas.

MATERIAIS E MÉTODOS

Base de dados

Utilizou-se neste estudo os dados disponibilizados pela UDOP – Usinas e Destilarias do Oeste Paulista (UDOP, 2004), baseando-se os estudos em quantidades de cana esmagada em três safras, 2001/2002, 2002/2003 e 2003/2004 para 125 usinas distribuídas no Estado de São Paulo. A localização das usinas e de algumas das principais cidades do Estado de São Paulo pode ser observada na Figura 1.

Figura 1 - Localização das Usinas e de algumas das principais cidades do Estado de São Paulo



Estimativa da geração de NO_x devido à combustão do bagaço

Os fatores de emissão estabelecidos pela EPA (EPA, 1996) podem ser utilizados para uma avaliação preliminar das quantidades emitidas de poluentes, como óxidos de enxofre (SO_2), óxidos de nitrogênio (NO_x), particulados, compostos orgânicos voláteis (COV), entre outros (LORA e TEIXEIRA, 2004).

Conforme EPA (EPA, 1996), o fator de emissão de NO_x para combustão de bagaço em usinas de açúcar é de 0,60 kg NO_x por tonelada de bagaço com umidade de 50%, que segundo HUGOT (1969) é a umidade média em que o mesmo é queimado nas caldeiras para a obtenção de energia térmica e elétrica. Segundo esse mesmo autor a quantidade média de fibra na cana de açúcar é 14%.

A estimativa da emissão total de NO_x , em kg.h^{-1} , é baseada nesse conteúdo de umidade e fibra, ou seja, considerando que 28% da cana moída é transformada em bagaço. Outras premissas utilizadas foram de que a safra tem duração média de 6 meses (4.320 horas) e de que a usina queima 95% do bagaço e utilize 5% para outros fins (venda para agricultores, para fábricas de ração etc).

Utilizando-se as premissas supra-citadas, pode-se calcular a quantidade de NO_x liberada através da queima de bagaço de cana-de-açúcar. Esse cálculo pode ser exemplificado na Tabela 2, para todo o estado de São Paulo, onde, a partir dos valores da cana esmagada, são calculadas as quantidades de NO_x emitidas, na base horária, para as safras 2001/2002, 2002/2003, 2003/2004. A Tabela 3 apresenta a quantidade de cana esmagada (toneladas) e estimativa da emissão de NO_x (kg h⁻¹) das 25 maiores indústrias de açúcar e álcool do Estado de São Paulo nas mesmas safras.

Tabela 2- Quantidade de cana esmagada (toneladas) e estimativa da emissão de NO_x (kg h⁻¹) pelas indústrias de açúcar e álcool do Estado de São Paulo, nas safras 2001/ 2002, 2002/ 2003 e 2003/ 2004

	Safra 2001/2002	Safra 2002/2003	Safra 2003/2004
Cana esmagada (t)	176.201.106	190.941.505	205.795.413
Emissão de NO _x (kg h ⁻¹)	6.510	7.054	7.603

Tabela 3 - Quantidade de cana esmagada (toneladas) e estimativa da emissão de NO_x (kg h⁻¹) das 25 maiores indústrias de açúcar e álcool do Estado de São Paulo, nas safras 2001/ 2002, 2002/ 2003 e 2003/ 2004

Usina	Georeferenciamento		Produção de cana (t)			Emissão NO _x (kg h ⁻¹)		
	Longitude	Latitude	2001/2002	2002/2003	2003/2004	2001/2002	2002/2003	2003/2004
Da Barra	48°32'56"	22°28'07"	5.821.092	5.213.583	6.163.486	215	193	228
Santa Elisa	48°01'56"	21°04'53"	5.637.141	5.668.672	5.196.714	208	209	192
São Martinho	48°07'21"	21°19'02"	5.239.159	5.386.775	6.099.697	194	199	225
Vale do Rosário	48°00'17"	20°37'22"	4.054.867	4.326.364	4.757.097	150	160	176
Bonfim	48°17'38"	21°24'45"	3.957.066	3.900.806	4.165.118	146	144	154
Barra Grande	48°45'45"	22°37'38"	3.947.349	3.578.666	3.437.881	146	132	127
São José - Macatuba	48°47'21"	22°29'06"	3.824.873	3.560.465	4.016.057	141	132	148
Nova América	50°32'49"	22°47'13"	3.642.812	3.245.571	3.600.278	135	120	133
São João - Araras	47°20'52"	22°25'40"	3.253.493	3.199.367	3.127.343	120	118	116
Costa Pinto	47°40'52"	22°38'11"	3.246.146	3.534.057	3.663.528	120	131	135
Da Pedra	47°37'56"	21°10'36"	3.039.470	3.381.407	3.699.457	112	125	137
Colombo	48°51'35"	21°12'46"	2.940.243	3.051.135	3.250.246	109	113	120
Santa Cruz - AB	48°05'52"	21°46'30"	2.850.014	2.356.292	2.589.621	105	87	96
Catanduva	48°51'03"	21°07'33"	2.721.495	2.881.831	3.044.080	101	106	112
Colorado	48°11'28"	20°16'41"	2.603.304	3.243.452	3.287.349	96	120	121
Iracema	47°31'38"	22°35'11"	2.554.316	2.571.749	2.663.325	94	95	98
Andrade	48°17'38"	21°00'00"	2.442.215	2.785.716	2.621.809	90	103	97
Maracá	50°39'24"	22°34'22"	2.412.888	2.173.809	2.024.315	89	80	75
Equipav	49°52'21"	21°38'04"	2.273.755	2.449.487	2.908.014	84	90	107
Rafard	47°31'45"	23°00'29"	2.224.390	2.093.167	2.239.143	82	77	83
São Luiz - Pirassununga	47°18'07"	21°53'02"	2.183.763	2.278.794	2.466.849	81	84	91
Bazan	48°01'28"	21°00'00"	2.112.403	2.527.841	2.792.702	78	93	103
Cruz Alta	49°07'45"	20°41'00"	2.035.834	2.197.779	1.963.297	75	81	73
Moema	49°22'56"	20°14'02"	2.033.648	2.601.162	3.509.042	75	96	130
São Luiz - Ourinhos	49°46'38"	22°55'45"	2.002.514	1.801.267	2.101.605	74	67	78

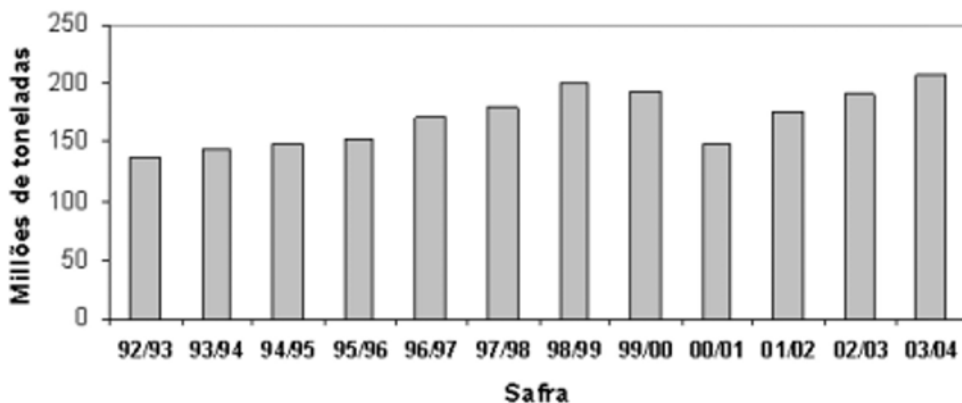
Interpolação e geração dos mapas

Conhecendo-se a emissão de NO_x [kg h^{-1}] pelas indústrias de açúcar e álcool, pode-se elaborar mapas das distribuições espaciais desse poluente. Os mapas foram elaborados a partir do georreferenciamento das usinas ao longo do estado de São Paulo, com o qual efetuou-se o processo de interpolação dos valores conforme a safra considerada. O processo de interpolação foi realizado utilizando-se o software Surfer versão 8.0 e a opção "Kriging". Após a interpolação o arquivo foi exportado ao software Idrisi versão Kilimanjaro para efetuar-se a reclassificação e gerar os mapas interpretativos. O número de classes interpretativas foi escolhido com o intuito de gerar um produto cartográfico que permitisse haver, simultaneamente, uma clara diferenciação entre as classes de valores e uma clara compreensão de cada um dos mapas, além de permitir também uma comparação entre eles. Este procedimento foi adotado para a base de dados de cada um dos períodos estudados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inicialmente é interessante apresentar a variação temporal da quantidade de cana esmagada no Estado de São Paulo entre as safras 1992/1993 e 2003/2004 (Figura 2).

Figura 2 - Produção de cana esmagada no Estado de São Paulo (UNICA, 2004)



Verifica-se um crescimento de 1992/1993 até 1998/1999, uma queda de produção nas safras 1999/2000 e 2000/2001. A partir daí, nota-se um forte crescimento na produção de cana esmagada.

Os mapas obtidos para as safras 2001/2002, 2002/2003 e 2003/2004 são apresentados, respectivamente, nas figuras 3, 4 e 5.

Figura 3 - Emissão média anual de NO_x , pelas indústrias de açúcar e álcool do Estado de São Paulo, safra 2001 / 2002

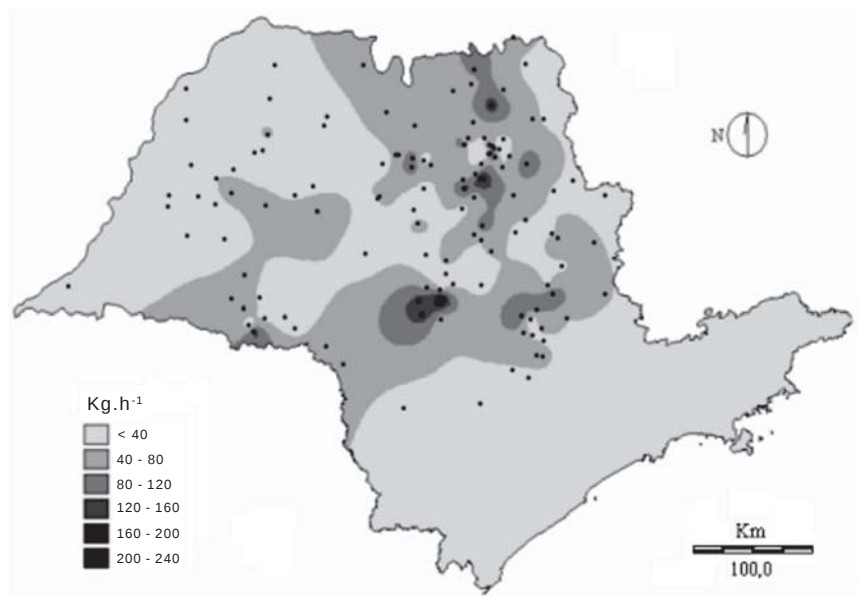


Figura 4 - Emissão média anual de NO_x , pelas indústrias de açúcar e álcool do Estado de São Paulo, safra 2002 / 2003

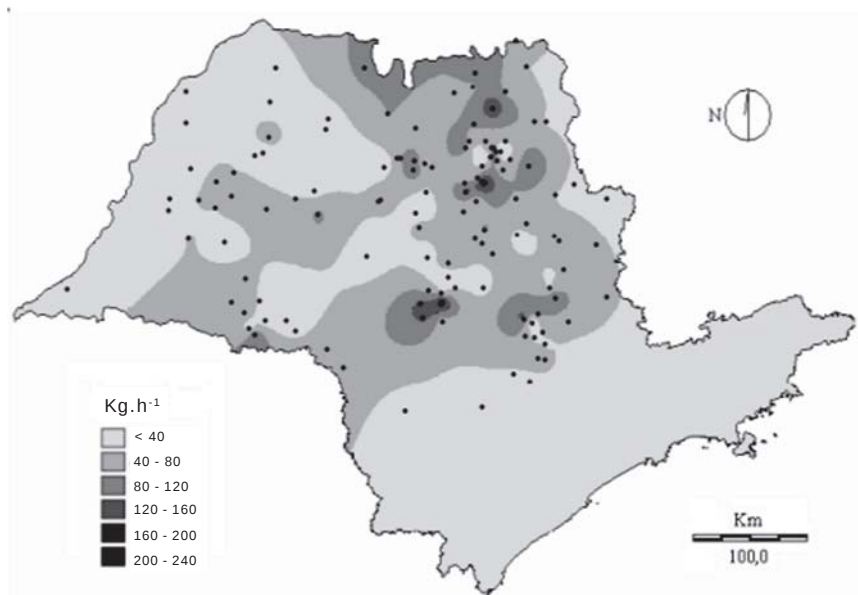
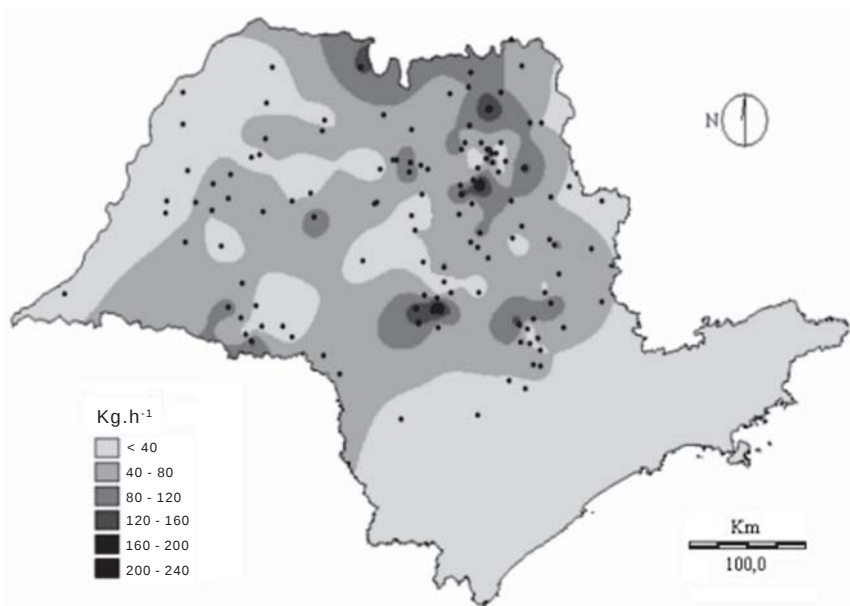


Figura 5 - Emissão média anual de NO_x , pelas indústrias de açúcar e álcool do Estado de São Paulo, safra 2003/2004



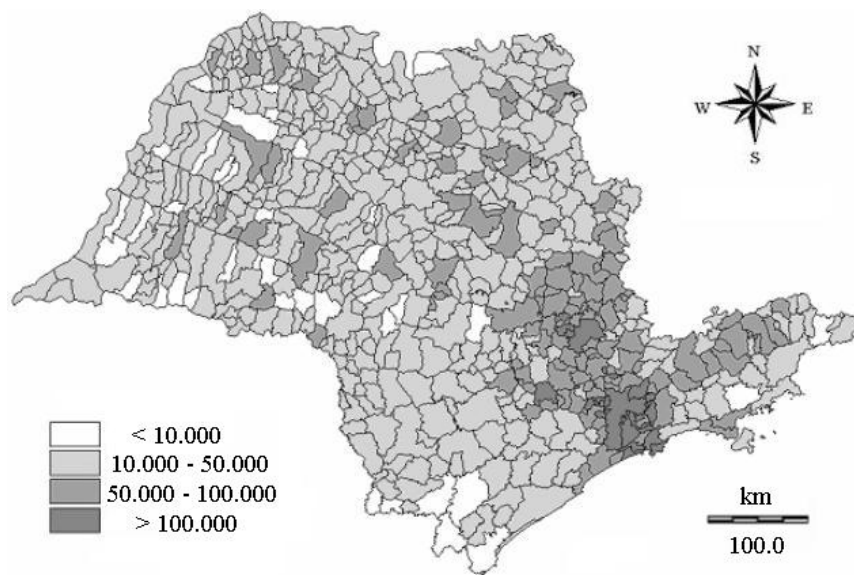
Os mapas mostram que existe um aumento da superfície interpolada com emissões médias acima de 40 kg.h^{-1} ao longo das três safras estudadas, o que também pôde ser observado pelos valores absolutos de cana esmagada da Figura 1 e da Tabela 2.

As regiões serão referidas aqui em termos das maiores cidades próximas às usinas, evitando um excesso de citações. Valores individuais de algumas usinas ultrapassam 200 kg.h^{-1} de emissão de NO_x nas regiões de Piracicaba e Ribeirão Preto, entretanto, esses valores são pontuais e não necessariamente aparecem no mapeamento devido à interpolação.

Na safra 2001/2002 (Figura 3), quatro regiões podem ser identificadas mais claramente com emissões acima de 80 kg.h^{-1} , ou seja, Piracicaba, Ribeirão Preto, Catanduva e Jaú. As três últimas constituem regiões restritas com emissões médias acima de 120 kg.h^{-1} e a região de Jaú com emissões médias acima de 160 kg.h^{-1} . As Figuras 4 e 5 confirmam os resultados para essas regiões, entretanto mostram um aumento das emissões nas regiões norte e sudoeste do estado.

Por outro lado, confrontando esses resultados com o de populações por município este último apresentado na Figura 6 (Martinelli et al. (2002)), observa-se que algumas das concentrações de usinas coincidem com locais de alta densidade populacional. Nesse aspecto, duas regiões despontam como possíveis de serem afetadas pela emissão de NO_x : a região de Piracicaba, muito próxima a Campinas, Limeira, Americana, Nova Odessa e a região de Ribeirão Preto incluindo Sertãozinho, Pradópolis entre outras que possuem uma alta densidade de usinas de açúcar e álcool. Além dessas, a região de Jaú e Barra Bonita apresenta uma relação usinas e população considerável.

Figura 6 - Distribuição espacial do número de habitantes ao longo do estado de São Paulo



Os resultados mostram regiões potenciais para avaliar a variabilidade temporal e espacial da poluição do ar e suas conseqüência na saúde humana e do meio ambiente em sua volta. Também, modificações e ajustes nos equipamentos de combustão podem ser propostos no sentido de reduzir a emissão de NO_x nas regiões consideradas mais críticas.

CONCLUSÃO

A quantidade de cana moída ao longo dos anos sugere uma tendência de aumento, entretanto pouco se sabe sobre as emissões de poluentes devido à utilização do bagaço para a obtenção de energia.

Através do estudo espacial das emissões de NO_x nas safras 2001/2002, 2002/2003 e 2003/2004, verificou-se que as regiões de Piracicaba e Ribeirão Preto são as potencialmente mais críticas em termos da saúde humana e das possíveis conseqüências ambientais decorrentes da alta concentração desse poluente. A região de Jaú também merece também atenção especial. Nessas regiões foram detectadas as maiores de emissões médias de NO_x , além de possuírem alta densidade demográfica.

REFERÊNCIAS

ALVES, L.R.A. Transmissão de preços entre produtos do setor sucroalcooleiro do Estado de São Paulo. Dissertação de Mestrado da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, 2002. 107p.

BRAGA, B.; HESPANHOL, I.; CONEJO, J.G.L.; MIERXA, J.C.; BARROS, M.T.L.; SPENCER, M.; PORTO, M.; NUCCI, N.; JULIANO, N.; EIGER, S. **Introdução à Engenharia Ambiental**. São Paulo: Ed. Pearson, Prentice Hall, 2002, 336p.

CARVALHO Jr, J. A.; LACAVA, P. T. **Emissões em Processos de Combustão**. São Paulo: Ed. Unesp, 2003, 135p.

CONAMA, **Padrões de Qualidade do Ar** Resolução Nº 003, de 28 de junho de 1980.

EPA. **Bagasse Combustion in Sugar Mills**. In: AP 42, 5ª Ed., Vol. I, External Combustion Sources SECTION 1.8. EPA (Environmental Protection Agency) EUA, 1996, 96p.

HUGOT, E. **Manual da Engenharia Açucareira**. São Paulo: Editora Mestre Jou, 1969, 1198p.

LORA, E.E. S., ARRIETA, F. P., CARPIO, R. C., NOGUEIRA, L. A. H. "Clean Production: Efficiency and Environment". **International Sugar Journal**, v.102, n.1219, pp.343-351, 2000.

LORA, E. E. S.; TEIXEIRA, F. N. Controle da Poluição. In: LORA, Electo Eduardo Silva; NASCIMENTO, Marco Antônio Rosa do. *Geração Termelétrica*, Volume 2, Rio de Janeiro: Ed. Interciência, 2004. Cap. 18. p. 1105-1139.

MARTINELLI, L.A.; SILVA, A.M.; CAMARGO, P.B.; MORETTI, L.R.; TOMAZELLI, A.C.; SILVA, D.M.L.; FISCHER, E.G.; SONODA, K.C.; SALOMÃO, M.S. M. B. LEVANTAMENTO DAS CARGAS ORGÂNICAS LANÇADAS NOS RIOS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Biota Neotropica**, Volume(2), <http://www.biotaneotropica.org.br/v2n2/pt/abstract?article+BN01502022002>, 2002.

PERUZZO, T. M.; CANTO, E. L. **Química**. São Paulo: Ed. Moderna, 2000, pp. 74.

UNICA, **Produção de Cana Esmagada – Centro Sul**. Publicação da União da Agroindústria Canavieira de São Paulo. Disponível em www.portalunica.com.br/referencia/estatisticas.jsp. Acessado em 01/02/06.

UDOP, **Ranking da Produção de Cana – Centro-Sul**. Disponível em: www.udop.com.br. Acessado em 01/02/046.

Recebido em fevereiro de 2006

Revisado em maio de 2006

Aceito em agosto de 2006