



You are free: to copy, distribute and transmit the work; to adapt the work.
You must attribute the work in the manner specified by the author or licensor

IMPACTOS COMBINADOS NA ATMOSFERA DE EMISSÕES GASOSAS ORIUNDAS DA DISPERSÃO DE HIDROCARBONETOS BIOGÊNICOS E POLUENTES DE UMA PLANTA TERMOELÉTRICA EM MATO GROSSO DO SUL

Edmilson de Souza¹; Josmar Davilson Pagliuso²; Carlos Henrique Portezani³; Danielle Cristine Pedruzzi⁴

RESUMO

A geração de energia no Brasil é predominantemente hidroelétrica. Entretanto, desde o ano 2001, de maneira mais intensa, e, por conta do contingenciamento da oferta dessa matriz energética, e consequente quedas no fornecimento de energia em âmbito nacional, surgiram programas nacionais para implantar, de maneira mais robusta, uma rede de unidades termoeletricas. Uma dessas ações, o gasoduto Brasil-Bolívia, permitiu ao Estado de Mato Grosso do Sul, inserir-se como consumidor de gás natural através de duas usinas térmicas, uma em Campo Grande, e outra, a Luís Carlos Prestes, de propriedade da empresa Petróleo Brasileiro S.A., em Três Lagoas, sendo esta última, objeto do presente estudo. O foco do presente artigo são os impactos das emissões gasosas, em especial o monóxido de carbono (CO), os óxidos de nitrogênio (NOx), por parte da planta Termoeletrica, e, do transporte de hidrocarbonetos (HC) da cobertura vegetal de florestas presentes na região; que tornam-se importantes para a química da atmosfera local, dado o grande volume emitido por esses tipos de fontes e seus desdobramentos para a formação de oxidantes na atmosfera local. Os impactos do transporte dos poluentes foram simulados a partir da aplicação do modelo ISC-PRIME. Os resultados indicam que a participação das emissões da Térmica para as concentrações de CO e NOx registradas experimentalmente, embora não sejam desprezíveis, não se configura como a principal fonte para os poluentes estudados. Os níveis de concentração dos poluentes em Três Lagoas, atualmente, atendem ao estabelecido nas normas nacionais.

Palavras-chave: Qualidade do Ar, Dispersão de Poluentes do Ar, Usinas Termoeletricas, NOx, Hidrocarbonetos Biogênicos

COMBINED IMPACTS IN THE ATMOSPHERE OF GASEOUS EMISSIONS FROM POLLUTANTS AND BIOGENIC HYDROCARBONS DISPERSION OF A THERMOELECTRIC PLANT IN MATO GROSSO DO SUL

ABSTRACT

The power generation in Brazil is predominantly hydroelectric. However, since 2001, more intense, and because of contingencies of the supply of this energy matrix, and consequent falls in power supply nationwide, there were national programs to implement, more robust, a network of units thermoelectric. One of these actions, the Bolivia-Brazil pipeline, allowed the State of Mato Grosso do Sul, insert themselves as consumers of natural gas through two thermal plants, one in Campo Grande, and another, Luís Carlos Prestes, company-owned Petróleo Brasileiro SA, in Três Lagoas, the latter being the subject of this study. The focus of this article are the impacts of gaseous emissions, especially carbon monoxide (CO), nitrogen oxides (NOx) by the thermoelectric plant, and transportation of hydrocarbons (HC) of forest cover present in the region, which are important for the chemistry of the local atmosphere, given the large volume issued by these types of sources and its consequences for the formation of oxidants in the local atmosphere. Transport impacts of pollutants were simulated from the application of the model ISC-PRIME. The results indicate that the share of emissions from the thermal to the concentrations of CO and NOx recorded experimentally, although not negligible, is not configured as the primary source for the pollutants studied. The concentration levels of pollutants in Três Lagoas, currently meet the established national standards.

Keywords: Air Quality, Dispersion of Air Pollutants, Thermopower Plants, NOx, Biogenic Hydrocarbons

^{1,3,4} Centro Integrado de Análise e Monitoramento Ambiental (CInAM). Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS). Cidade Universitária de Dourados. Rodovia Dourados/Itahum km 12. CEP 79804-970. Dourados-MS.

¹ E-mail:edmilson@uems.br

² Núcleo de Engenharia Térmica e Fluidos (NETeF). Universidade de São Paulo (USP). Rua Trabalhador São-carlense 400. Vila Pureza. CEP 13566-590- São Carlos-SP. E-mail: josmar@sc.usp.br.

1. INTRODUÇÃO

No Brasil a geração de energia elétrica é dominada pelo segmento hidroelétrico. Segundo relatório da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), em 2006, a geração hidroelétrica respondia por quase 75% de toda a capacidade de produção nacional instalada. A falta de investimentos na expansão e aprimoramento do setor hidroelétrico incorreu em desequilíbrio entre oferta e demanda e, culminou, durante o ano de 2001, quando os níveis dos reservatórios estavam abaixo da média histórica, no racionamento do uso de eletricidade. Dessa maneira, foi fortalecido o discurso expansionista do setor termoeletrico resultando na instalação de diversas plantas de geração de energia em vários estados do país (ANEEL, 2006; ESPOSITO e OLIVEIRA, 2004; MEDEIROS, 2003).

Em 2001 o Plano Prioritário de Termoeletricidade, elaborado pelo governo brasileiro, previa a instalação de 49 novas termoeletricas no país como forma de atender o desequilíbrio ocorrido no mercado de energia. Essa medida previa o uso do gás natural, principalmente, boliviano, como insumo para a geração de eletricidade. A Usina Termoeletrica William Arjona, localizada em Mato Grosso do Sul, foi a primeira dentro desse

plano a utilizar o gás natural. Posteriormente, também em MS, entrou em atividade a Termoeletrica de Três Lagoas de propriedade da Petrobrás S.A..

Termoeletricas podem operar em ciclo simples ou ciclo combinado. O ciclo simples consiste no aproveitamento da energia produzida durante a combustão da mistura de ar sob pressão e o combustível escolhido. A expansão dos gases de combustão pelas pás permite o deslocamento do eixo e a posterior entrega dos gases de exaustão, em temperaturas menores, no meio ambiente. Dependendo do projeto, turbinas a gás em ciclo simples apresentam eficiência de até 35%, e, as Usinas Térmicas que as utilizam, em geral, entram no sistema interligado nacional nos momentos de pico de carga.

O ciclo combinado aproveita as temperaturas elevadas (em relação à temperatura ambiente) dos gases de exaustão do ciclo simples para gerar energia a partir de uma turbina a vapor. Desta forma a eficiência do conjunto pode chegar a 56%. Outra opção para esse tipo de empreendimento é a cogeração, modalidade em que o vapor produzido pode ser direcionado ao processo produtivo de outra indústria associada à primeira, alcançando até cerca de 80% de eficiência (TURDERA et. al., 2006; GENERAL ELECTRIC, 2008).

Segundo Gupta (1997) a tecnologia de combustão em turbinas a gás tem sofrido desenvolvimento gradual e contínuo após a segunda guerra mundial. Entretanto, o interesse tanto de cientistas quanto do público em geral por questões ambientais como a redução na qualidade do ar, a descoberta do buraco na camada de ozônio na Antártida, maior incidência de verões quentes, intensificação do efeito estufa e elevação dos níveis da formação de smog nas cidades, têm exigido melhor desempenho dos sistemas de combustão.

Michelini (2005) investigou de maneira comparativa o uso de vários combustíveis (carvão mineral, biomassa, óleo combustível e gás natural) na geração de termoelectricidade em quatro diferentes usinas no Brasil. Entre essas usinas está a William Arjona, que utiliza gás natural como combustível. Entre os itens avaliados por esse autor para caracterizar o desempenho de cada planta está a emissão de poluentes na atmosfera.

No citado trabalho, os gases de exaustão, óxidos de nitrogênio (NOx), dióxido de enxofre (SO₂), e material particulado (MP) foram selecionados como indicadores da performance do aproveitamento de energia em relação à produção de cada poluente oriunda do processo de combustão. Sob a ótica das emissões atmosféricas o estudo constata

que o uso de gás natural é mais vantajoso em relação aos demais combustíveis analisados, dentro dos limites das características dos empreendimentos selecionados.

Pulles & Heslinga (2004) investigaram a variabilidade da emissão de poluentes do ar oriundas da queima de gás natural em plantas industriais na Holanda e, como esse fato influenciou os dados consolidados em um inventário nacional de emissões. Segundo esses autores a substituição do uso de combustíveis (com maiores teores de enxofre) evidenciou queda significativa nas emissões de compostos de enxofre, porém as reduções de NOx e CO são menos óbvias.

A análise estatística de emissões da combustão de gás natural em queimadores de caldeiras de plantas industriais comparadas ao uso em turbinas a gás, entre 1990 e 1998, permite, no caso do NOx, notar tendência na redução das emissões. O decréscimo na média dentro do período foi de 150 g/GJ para 105 g/GJ para turbinas a gás e, de 90 g/GJ para 55 g/GJ para queimadores em caldeiras (PULLES e HESLINGA, 2004).

Verifica-se de fato uma tendência de queda do fator de emissão dos queimadores em turbinas a gás. A taxa anual de decréscimo no fator de emissão de NOx em queimadores de turbinas a gás é

de 5,8 %, enquanto em caldeiras é de 4,9% (PULLES e HESLINGA, 2004).

No caso do monóxido de carbono (CO) essa tendência não é evidente. Enquanto a correlação estatística, no tempo, dos fatores de emissão para o NOx são de cerca de 0,75, o CO, para turbinas a gás, é de 0,43, indicando uma correlação não muito forte com o tempo. Em caldeiras, o CO apresenta tendência de queda com o tempo, tendo 2/3 das médias correlacionadas com o tempo (PULLES e HESLINGA, 2004).

Pulles & Heslinga (2004) concluem que, individualmente, as variações nos fatores de emissão de ambos os tipos de queimadores, são consideráveis em relação aos anos e também ao tamanho da planta, oscilando entre uma ordem de grandeza para o NOx e mais de duas para o CO. Entretanto, quando considerado globalmente, inventário nacional, tais variações são minimizadas, o que segundo esses autores é um indicativo que essas variações são de caráter estocástico. Informações do banco de dados, completo, indicam incertezas de 2-3% nas emissões de NOx e de 7% para o CO.

As emissões de NOx sofrem variações em função da presença percentual de nitrogênio na composição do combustível. Rangel & Büchler (2005) investigaram o comportamento da

combustão de gás natural com 1% e 10% de N₂ em sua composição utilizando para tanto experimentos em bancada e simulação computacional. Adicionalmente, os autores variaram a temperatura do ar de combustão em 300°C, 600°C e 1000°C. Os resultados indicam que independente do percentual de N₂ o aumento na temperatura do ar de combustão intensifica a presença de NO de origem térmica. Entretanto, o aumento no percentual de nitrogênio no combustível insere no processo de combustão reações concorrentes, que modificam o consumo de oxigênio atômico e hidroxila, reduzindo a produção de NO de origem térmica, portanto reduzindo os níveis de NOx.

Os resultados experimentais dessa pesquisa confirmaram a avaliação da simulação. A concentração das emissões, para o padrão de 300°C, para variação de 1% a 10% de N₂ na composição do combustível ocasionou redução de 21% na formação de NOx. Entretanto, o calor transferido para as paredes da fornalha também sofre reduções, uma vez que a energia é consumida nas reações de recombinação dos novos compostos formados, exigindo uma quantidade maior de combustível para obter maiores quantidades de calor.

Segundo Lora (2002), as turbinas industriais a gás podem ser classificadas

em dois tipos: turbinas aeroderivativas e heavy duty. As turbinas aeroderivativas são oriundas de projetos aeronáuticos modificados para atender as características de um empreendimento industrial. O aproveitamento de um projeto de turbina já existente o torna economicamente atrativo, tendo em vista o elevado investimento necessário para a elaboração de um projeto inteiramente novo. Essas turbinas são conhecidas por sua eficiência, alta confiabilidade, ocuparem pouco espaço e facilidades em manutenção; em geral, são encontradas em plataformas marítimas, bombeamentos de gás, potência de pico em centrais termoelétricas e propulsão naval.

O NO_x, devido ao grande volume emitido em uma planta térmica, é um dos mais importantes poluentes entregues à atmosfera por termoelétricas a gás natural. Tecnologias recentes, como as turbinas *Dry Low* NO_x, permitem baixas emissões desse poluente. Tais turbinas quando utilizam gás natural apresentam 15 ppmv e 9 ppmv, respectivamente, de óxidos de nitrogênio e monóxido de carbono (MICHELINI, 2005; GENERAL ELECTRIC, 2008).

As turbinas do tipo heavy duty designadas “classe F” e produzidas pela *General Electric* utilizam essa tecnologia de redução de emissões *Dry Low* NO_x, e, do modelo 6FA, existem 4 unidades

instaladas na planta termoelétrica de Três Lagoas.

No presente trabalho é apresentado um estudo sobre os impactos das emissões atmosféricas de uma planta termoelétrica na região leste do Estado de Mato Grosso do Sul (MS), no município de Três Lagoas, que apresenta crescimento maior que a média brasileira, e tornou-se o segundo maior PIB (Produto Interno Bruto) Industrial do Estado de MS.

A relevância do trabalho está fundamentada, entre outros aspectos, em três pontos essenciais: a) refere-se a uma região que apresenta rápido e intenso desenvolvimento industrial no âmbito nacional; b) é o primeiro estudo a abordar os impactos desse desenvolvimento na qualidade do ar; e, c) a aplicação de métodos que fazem uso de modelos de dispersão de poluentes como o NO_x nas áreas próximas à planta termoelétrica, observando suas contribuições frente aos níveis verificados em monitoramento com instrumentos analíticos.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Simulações computacionais foram realizadas para avaliar o potencial de duas grandes fontes emissoras de precursores do ozônio, a termoelétrica responsável pela emissão de grandes volumes de NO_x e CO,

que está localizada na região periférica de Três Lagoas, MS, e a floresta de eucalipto, cujas áreas mais próximas da área urbana estão entre 12 km e 25 km.

Para avaliar os impactos da pluma de poluentes, no caso presente, dos óxidos de nitrogênio emitidos pela Unidade Termoelétrica (UTE) de Três Lagoas, foi utilizado um software simulador, cujo modelo matemático é recomendado pela Agência de Proteção Ambiental Norte Americana (USEPA, sigla em inglês) com base gaussiana para identificar as principais áreas impactadas com as maiores concentrações na área urbana do município.

O simulador utiliza dois módulos, um meteorológico e outro de controle de emissões de poluentes. O meteorológico utilizou dados de monitoramento de duas estações localizadas na área urbana da cidade, uma de propriedade da empresa Petróleo Brasileiro S.A. (PETROBRAS) e outra do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

Os arquivos do módulo de emissões de poluentes foram produzidos a partir de dados reais de operação da Térmica e também de dados obtidos de um inventário de emissões da térmica, considerando a tecnologia empregada nas turbinas. A simulação computacional foi realizada através do ISCST3 (Industrial Source

Complex Shot Term), que é responsável pela previsão dos impactos do transporte da pluma de poluentes, permitindo avaliar as concentrações médias no tempo nos arredores de fontes previamente selecionadas. O programa foi adquirido junto a Lakes Environmental, com a denominação ISC-PRIME, que desenvolveu uma interface visual amigável em ambiente Windows a partir do código fonte Fortran desenvolvido pela USEPA.

Com o programa ISC-PRIME foi possível simular a dispersão das emissões de CO e NO_x oriundas da Usina Termoelétrica (fonte pontual), e estimar as emissões de hidrocarbonetos (HC), de uma extensa área de floresta de reflorestamento próxima à região urbana (fonte área). Os arquivos de entrada exigem como dados: a taxa de emissão do poluente; temperatura e velocidade dos gases de exaustão; características geométricas da fonte emissora; coordenadas geográficas.

Os dados meteorológicos foram tratados e simulados no programa de computador WRPLOT fornecido pela Lakes Environment. As informações foram agrupadas em 16 diferentes direções e avaliadas para mês, semana e ano.

De maneira complementar, utilizou-se a planilha Excel para auxiliar nos cálculos, tendo em vista o elevado volume de dados.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A simulação da concentração de NOx e CO, das plumas emitidas pela UTE, compreendeu um extenso grupo de resultados para diferentes períodos dos anos 2005 e 2006. Como exemplar desse grupo de resultados são apresentados os relativos ao período sazonal de maior interesse para a região Centro-oeste, o segundo semestre (no caso o mês de setembro), quando a humidade é baixa, a

temperatura é alta, e a concentração de ozônio mais significativa.

As figuras 01 e 02 ilustram os resultados obtidos para o NOx no dia 5 de Setembro de 2005. Nesse dia, os ventos sopraram, predominantemente, para o sudoeste, isto é, sobre a área urbana de Três Lagoas. As figuras foram obtidas considerando os dados de elevação do terreno e da dispersão da pluma de poluentes.

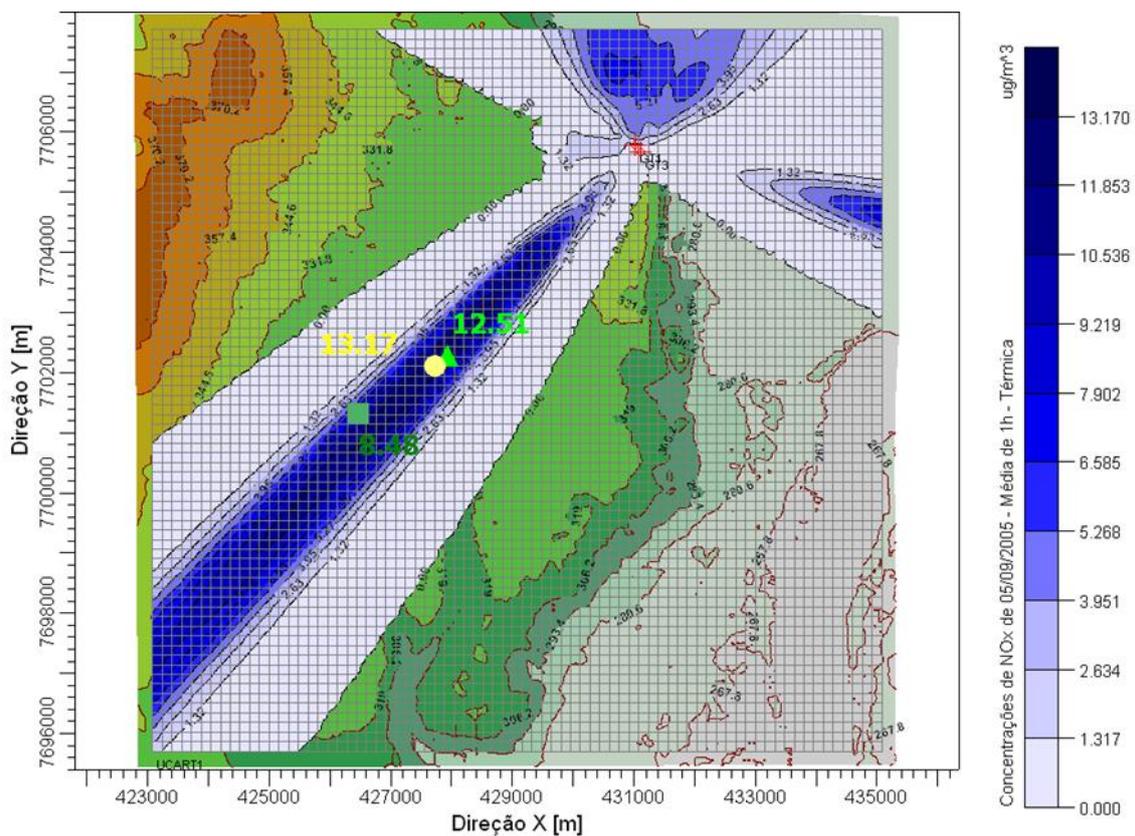


Figura 01: Concentração para média de 1h de NOx pela UTE de Três Lagoas (05/09/2005)

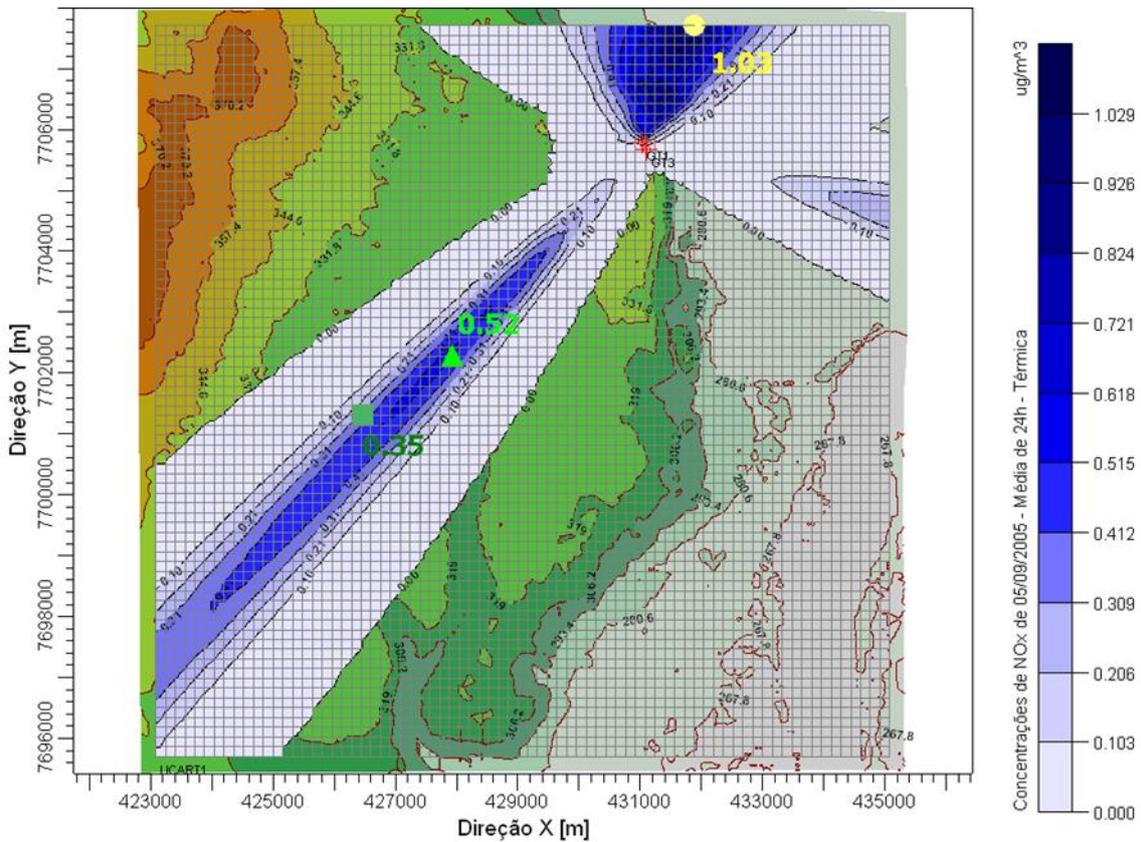


Figura 02: Concentração para média 24h de NOx pela UTE de Três Lagoas (05/09/2005)

O mapa topográfico da região de Três Lagoas, que aparece de fundo nas figuras, ilustra a variação da altitude do relevo representada por uma escala de cores que abrange desde o verde (região plana da área urbana), com altitudes oscilando próximo a 320 metros, ao laranja (com suaves elevações de terreno), atingindo até 370 metros, e, por fim, o lago, em azul claro, ao longo do lado direito das figuras, com altitude de 280 metros.

A fonte emissora, a Usina Térmica, está identificada com duas cruzes com círculo (em vermelho) que representam as

chaminés em funcionamento no período de simulação.

Sobreposta à imagem do relevo, em escala de tons azul, estão as médias de 1 (Figura 01) e 24 (Figura 02) horas da pluma de dispersão de NOx. Foram definidos símbolos para os pontos receptores de interesse para o cálculo da concentração do poluente. A localização do triângulo verde claro representa a estação de monitoramento da qualidade do ar, o quadrado verde escuro identifica a região central da cidade de Três Lagoas, e o círculo em amarelo o local de maior concentração registrada.

As concentrações de 8,48; 12,51 e 13,17 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ encontradas, respectivamente, para a área central, estação de monitoramento e local de maior concentração, estão muito abaixo do padrão de qualidade do ar recomendado pelo CONAMA 03/90 que estabelece 190 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para média de 1 hora como padrão secundário. A concentração média registrada (experimental) na estação de monitoramento de qualidade do ar no dia 5 foi de $16,74 \pm 2,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$, que embora considerada baixa sob a luz da legislação brasileira, exige fontes adicionais para completar a média de 24 horas, tendo em vista que para esse dia a média máxima de

24 horas das emissões da Térmica (simulação) permaneceu em níveis negligenciáveis abaixo de $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$, o que está de acordo com os dados encontrados no Relatório de Impacto ao Meio Ambiente (RIMA) da Usina Termoelétrica.

As simulações realizadas para média de 24 horas para o CO também indicam participação negligenciável das emissões oriundas da UTE, que em geral apresentam seus máximos próximos à fonte e, quando a pluma está voltada para a área urbana seu impacto ocorre principalmente na direção SO-NE. A Figura 03 ilustra a concentração de CO para a média de 24 horas.

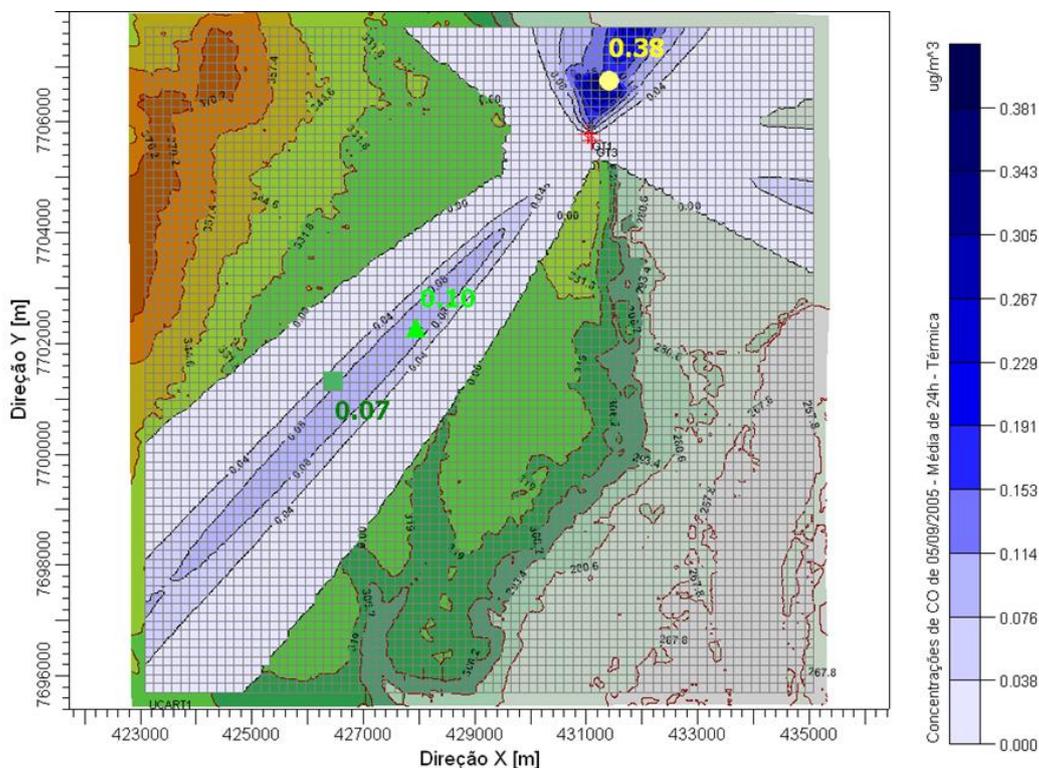


Figura 03: Bacia hidrográfica do rio São Francisco com ênfase para o Baixo São Francisco

A concentração média de CO, para 24 horas, registrada pela estação de monitoramento foi de $299,1 \pm 74,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$, valor este muito acima da média provocada pelas emissões da Usina Termoelétrica, cerca de $0,10 \mu\text{g}/\text{m}^3$, e amplamente abaixo dos padrões recomendados pela resolução do CONAMA que prevê $10.000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (8 h) e 40.000 (1 h).

Com dados de monitoramento de parâmetros meteorológicos foi possível construir o perfil do regime de ventos do local, um dos responsáveis diretos pela dispersão de poluentes na atmosfera. O mês de janeiro na região também é interessante devido a fatores sazonais, pois é um dos períodos que apresenta maior pluviosidade e intensidade de radiação solar, o que pode influenciar nos padrões de estabilidade atmosférica, bem como a formação de ozônio.

Dois dos parâmetros meteorológicos mais relevantes na análise da variação de concentração de poluentes na atmosfera urbana são direção e velocidade dos ventos, e esses foram selecionados para serem apresentados em conjunto com os resultados de dispersão. Em Três Lagoas a distribuição dos ventos ao longo do ano atende a todas as direções, porém é possível definir uma direção preferencial.

O resultado para a predominância da direção para onde sopram os ventos, em

ambos os anos, 2005 e 2006, indica o Oeste, com vetores resultantes em 265° e 273° , respectivamente. Quanto à velocidade dos ventos, as maiores atingem entre 3,6 e 5,7 m/s, mas o seu percentual de participação é baixo.

Na Figura 04 é apresentada a rosa dos ventos para o mês de janeiro, que devido à velocidade média maior auxilia na melhor dispersão dos poluentes provenientes das emissões das fontes presentes na região. Em 51% dos dados a direção para onde sopram os ventos indica a área entre o oeste o sul, em 227° , exatamente na direção da área urbana.

A formação de ozônio de baixa altitude depende da presença de hidrocarbonetos, e segundo resultados do inventário de emissões atmosféricas (dados primários da presente investigação), as florestas de eucalipto localizadas ao sudoeste da cidade de Três Lagoas consistem em importante fonte desses compostos. Embora as emissões totais sejam relevantes, cerca de 25.000 ton/ano de isopreno e monoterpenos, a distância da área urbana não é desprezível, sendo que as áreas mais próximas estão entre 12 e 25 km de distância. Esse fato é importante, considerando que as velocidades médias dos ventos na região são próximas a 1,5 m/s e a permanência de isopreno e monoterpenos é, em média, de 1 hora.

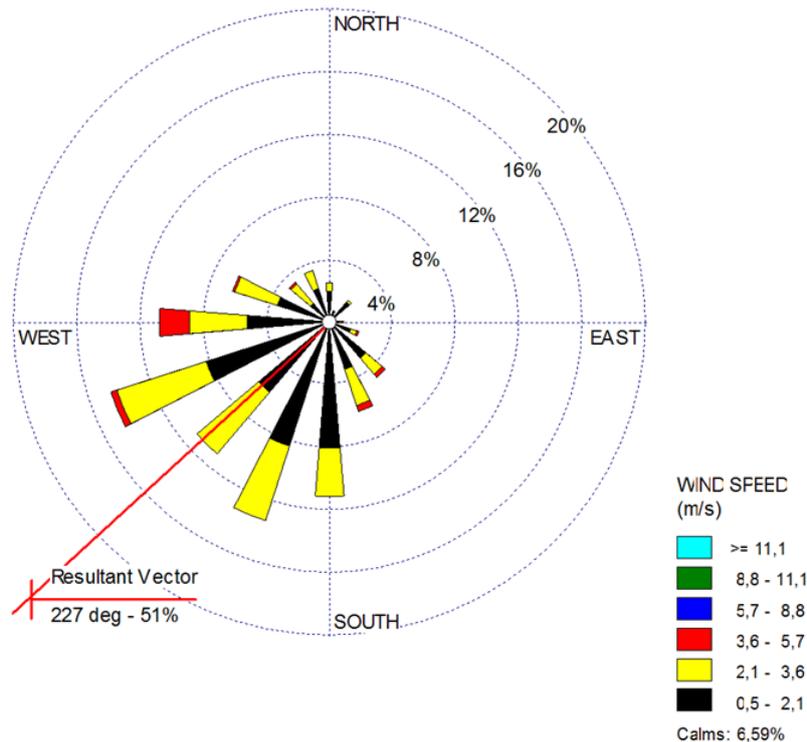


Figura 04: Rosa dos ventos para o mês de Janeiro. Ano 2005.

As figuras 05 e 06 ilustram a simulação realizada para uma situação hipotética em que os ventos predominassem na direção da cidade por um dia inteiro, nas condições de temperatura e velocidade típicas da região para o mês de Setembro, que está entre os que apresentam as maiores concentrações de ozônio registradas localmente.

Na figura 05 a área florestal está delimitada pela linha tracejada em vermelho, a área urbana pelo quadrado vermelho e as áreas afetadas com a dispersão dos hidrocarbonetos biogênicos em escala de azul.

As taxas de emissões utilizadas foram variáveis ao longo do dia baseadas

no modelo de designado G-93, Guenther (1993), e com dados da floresta local. O modelo também não considera os hidrocarbonetos como reativos, o que implica que as concentrações calculadas para atingirem a área urbana, ao menos dos compostos orgânicos emitidos na fonte, serão sobrestimadas em qualquer cenário, de 1 ou 24 horas.

As concentrações estimadas para a área urbana são $37,23 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e $11,53 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para as médias de tempo de 1 e 24 h, respectivamente. A figura 06 ilustra a dispersão da pluma de hidrocarbonetos atingindo a região urbana (quadrado vermelho) para uma média de 24 horas.

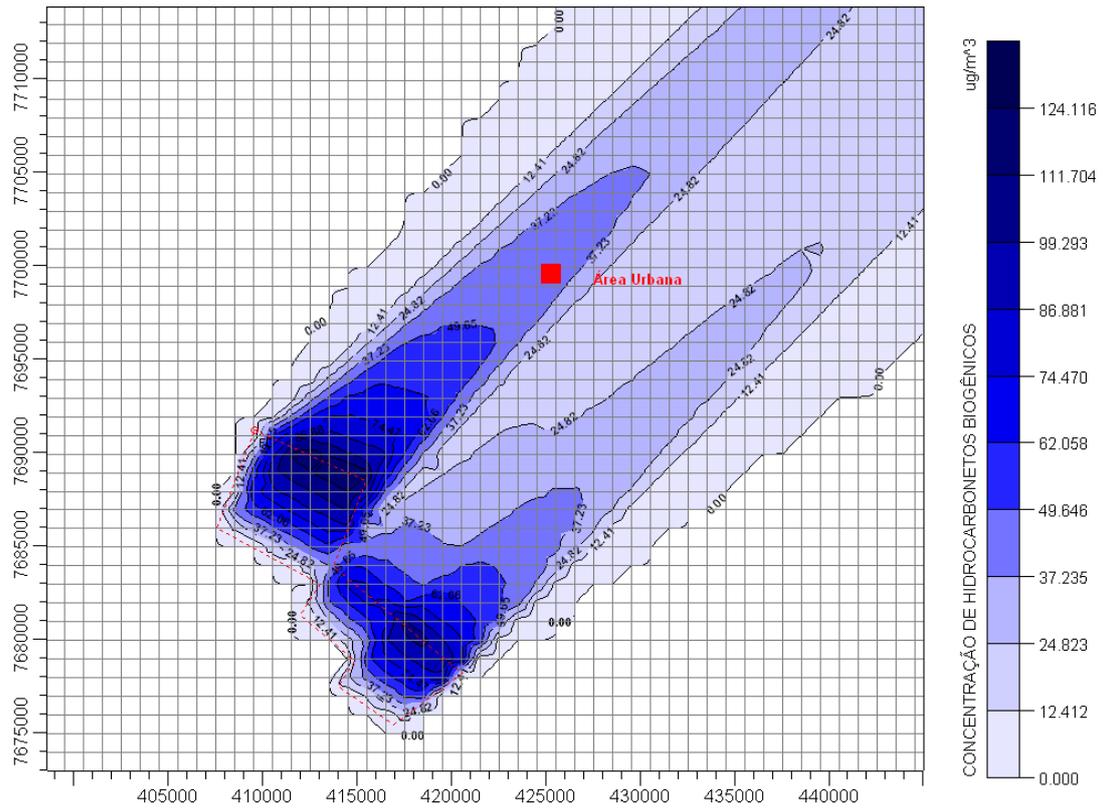


Figura 05: Concentração para a média de 1h de HC pela Cobertura Vegetal de Eucalipto

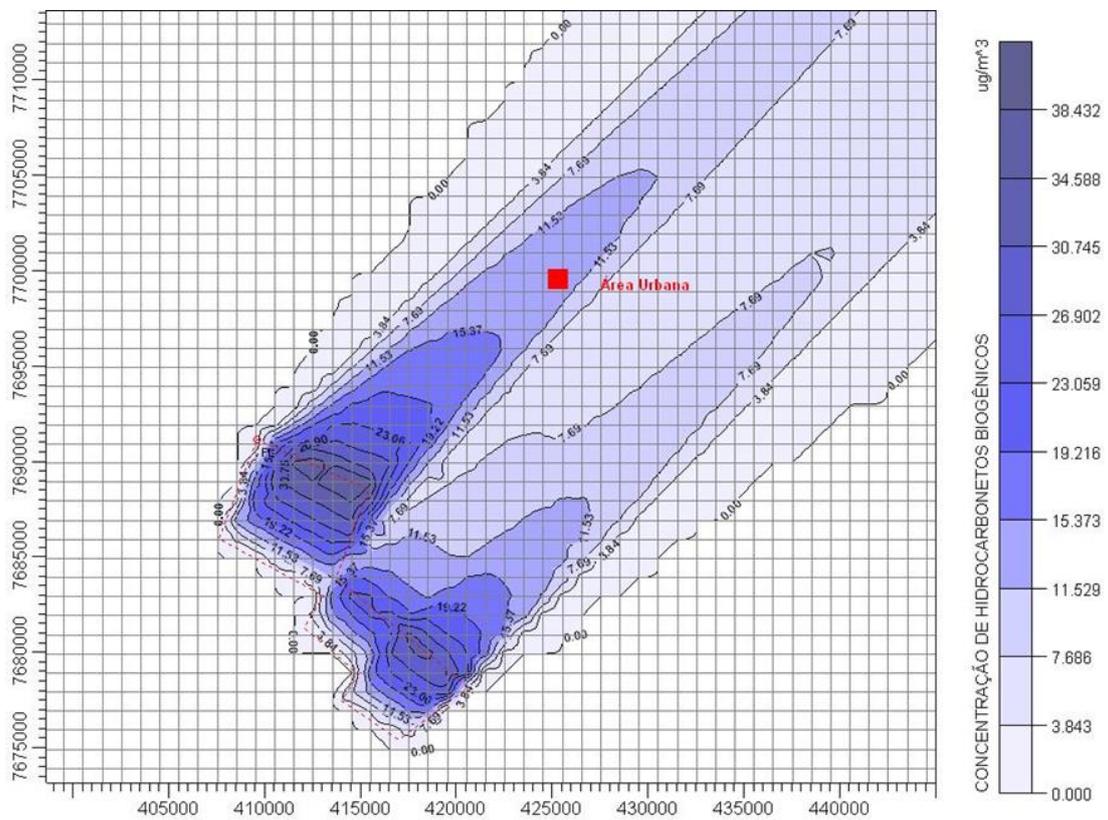


Figura 06: Concentração para uma média de 24h de HC pela Cobertura Vegetal de Eucalipto.

4. CONCLUSÕES

Os resultados são promissores, embora ainda iniciais, para a região leste de MS do ponto de vista ambiental, pois juntamente com outros resultados dos mesmos autores, compõem uma importante referência para os estudos de Qualidade do Ar nessa região do país.

A pesquisa é conclusiva acerca dos impactos do monóxido de carbono e dos óxidos de nitrogênio oriundos da Térmica na região de Três Lagoas. Tal conclusão indica que as concentrações mais significativas se restringem a pequenas distâncias das dimensões da área urbana local. Em outro estudo, os presentes autores demonstram que as concentrações estimadas tanto para o monóxido de carbono quanto para os óxidos de nitrogênio são dominadas pela fonte veicular local, sendo as contribuições da Térmica de caráter marginal, porém não negligenciável.

Os impactos das emissões biogênicas oriundas das áreas de florestas mais próximas à área urbana, também segundo os resultados não apresentam concentrações significativas. Entretanto, são necessários mais estudos sobre a dinâmica da formação de ozônio na região.

Investigações de áreas como o leste de MS, que apresentam intensa atividade industrial que reúnem florestas como o

eucalipto e a geração termoelétrica, com grandes volumes de NO_x, apresentam formação de ozônio significativas ao longo do caminho formado pela pluma desses poluentes.

Atualmente, novos estudos estão sendo desenvolvidos pelo Grupo de Pesquisa, considerando a expansão de ambos os setores na região, além da inserção do setor siderúrgico nas imediações da área urbana.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao apoio financeiro da FUNDECT, Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado de MS; à PETROBRAS S.A., e à Votorantim Papel e Celulose, à CESP e ao INMET pela colaboração à pesquisa.

6. REFERÊNCIAS

ANEEL. Relatório Anual 2006.

ESPOSITO, A. S. & OLIVEIRA, A. Competitividade da Termoelectricidade Movida a Gás Natural no Brasil: Estudo de Caso de Um Sistema Predominantemente Hidroelétrico. UFRJ. 2004.

GUENTHER, A. B. et. al. Isoprene and Monoterpene Emission Rate Variability: Model Evaluations and Sensitivity Analyses. **Journal of Geophysical Research**. Vol. 98. p.12.609-12.617. 1993.

- GUPTA, A. K. Gas Turbine Combustion: Prospects and Challenges. Energy Conversion and Management. Vol. 38. p.1311-1318. 1997.
- GENERAL ELECTRIC(2008). Manual do Fabricante. Disponível em: <http://gepower.com/prod_serv/products/gas_turbines_cc/en/index.htm>. Acesso em: set. 2008.
- LORA, E. E. S. Prevenção e Controle da Poluição nos Setores Energético, Industrial e de Transporte. **Interciência**. 2002.
- MEDEIROS, A. M. & ROVERE, E. L. Bases Metodológicas para a Incorporação da Variável Ambiental no Planejamento da Expansão Termoelétrica no Brasil. COPPE/UFRJ. 2003.
- MICHELINI, A. N. C. MAET – Modelo de Avaliação da Eco-Eficiência Termoelétrica – Um Estudo Multicaso. UFSC. 2005.
- PULLES, T. & HESLINGA, D. On the Variability of Air Pollutant Emissions from Gas-fired Industrial Combustion Plants. **Atmospheric Environment**. Vol. 38. p. 3827-3838. 2004.
- RANGEL, L. P. & BÜCHLER, P. M. Estudo do Nitrogênio na Combustão do Gás Natural. **Química Nova**. Vol. 28. p. 957-963. 2005
- RYERSON, T.B. et. al. Observations of Ozone Formation in Power Plant Plumes and Implications for Ozone Control Strategies. **Science Magazine**. Vol. 292. p.719-723. 2001.
- SOUZA, E.; PAGLIUSO, J.D. Evaluation of the Urban Air Quality in Brazilian Midwest Region. **International Journal of Environmental Protection**. Vol. 2 No. 4.p.14-19.2012.
- TURDERA, E. M. V. et. al. Avaliação Ambiental Estratégica para o Gás Natural AAE/GN. **Interciência**. 2006.