

**EMISSÕES ATMOSFÉRICAS POR CHAMINÉS INDUSTRIAIS NAS MESORREGIÕES LESTE, CENTRO E SUL DO ESTADO DE GOIÁS (BRASIL)**

**EMISIONES A LA ATMÓSFERA POR LAS CHIMENEAS INDUSTRIALES EN EL MESO-REGIONES ORIENTE, CENTRO Y SUR DEL ESTADO DE GOIÁS (BRASIL)**

**CARLOS DE MELO E SILVA NETO**

Doutorando em Produção Vegetal / UFG – Universidade Federal de Goiás (Campus Samambaia, Goiânia – GO), carloskoa@gmail.com

**VANDERVILSON ALVES CARNEIRO**

Docente da UEG – Universidade Estadual de Goiás (Campus Henrique Santillo, Anápolis - GO), Doutorando em Geografia / UFG – Universidade Federal de Goiás (Campus Samambaia, Goiânia – GO), profvandervilson@gmail.com

**FRANÇOIS SERVER SILVA**

Técnico Ambiental do SENAI - Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (Goiânia – GO), Graduando de Engenharia Ambiental da FARA - Faculdade Araguaia (Goiânia, GO), francois.senai@gmail.com

**LYNE SUSSUARANA PEREIRA**

Docente do SENAI - Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (Goiânia, GO), Mestre em Engenharia Agrícola / UEG – Universidade Estadual de Goiás (Campus Henrique Santillo, Anápolis - GO), sussuarana.fly@gmail.com

**BRUNO BASTOS GONÇALVES**

Doutorando em Aquicultura / UNESP – Universidade Estadual Paulista Júlio Mesquita Filho (Campus FCAV, Jaboticabal – SP), goncalves.b.b@gmail.com

**Resumo:** O efeito da poluição do ar pode ser caracterizado pela alteração de condições consideradas normais, potencializando o agravamento de problemas já existentes, que podem se manifestar na saúde e no bem estar da população. O tipo de combustível utilizado na geração de energia da indústria é um fator determinante para definir os poluentes que irão compor as emissões atmosféricas, definindo quais componentes e suas quantidades. Assim, esse trabalho objetiva comparar as emissões atmosféricas de fontes estacionárias a partir da geração de energia utilizando diferentes combustíveis, verificando assim, a quantidade de poluente emitido. Realizou-se por meio de coleta de amostras e análises laboratoriais, a determinação das concentrações de Material Particulado, SO<sub>2</sub> e NO<sub>2</sub>, utilizando-se Coletor Isocinético de Poluentes Atmosféricos e o Analisador de Gases 3000 Eurotron. As amostragens foram realizadas segundo um eixo transversal, passante pelo furo da fonte de coleta (chaminé).

Ao todo foram avaliadas 23 chaminés, em nove municípios das Mesorregiões Leste (Cristalina e Abadiânia), Centro (Nerópolis, Itapaci, Rubiataba, Firminópolis e Anápolis) e Sul (Rio Verde e Cachoeira Dourada) do Estado de Goiás. Foram considerados quatro grupos de combustíveis, a saber: seis chaminés de queima de biomassa, nove de queima de gás liquefeito de petróleo, cinco utilizando madeira e derivados para a queima e três utilizando óleo pesado BPF. Os resultados apresentaram diferenças consideráveis entre os tipos de combustíveis em relação à emissão de material particulado, de SO<sub>2</sub> e NO<sub>2</sub>. A combustão de madeira apresentou altos valores de material particulado, sendo o único diferente entre os outros combustíveis. Para os gases de combustão, como NO<sub>2</sub>, a diferença significativa estatisticamente foi do combustível de óleo BPF em comparação com os outros combustíveis. Além das características inerentes aos combustíveis, existem outros fatores que podem influenciar a emissão atmosférica. As atividades que utilizam combustíveis fósseis exigem maior preocupação com o teor dos poluentes e das emissões atmosféricas, requerendo cuidado especial com a manutenção das chaminés, dos filtros-manga e dos lavadores, sendo, todos esses, atenuadores das emissões atmosféricas. Porém, o melhor caminho para solucionar a questão da emissão de poluentes atmosféricos por atividades industriais é através da melhoria energética, em fontes fixas e móveis, assim reduzindo as emissões atmosféricas.

**Palavras-chave:** Combustíveis. Poluição do ar. Fontes estacionárias.

**Resumen:** Los efectos de la contaminación del aire pueden ser caracterizados por el cambio de condiciones consideradas normales y aprovechando los problemas existentes, que pueden manifestarse en la salud y el bienestar de la población. El tipo de combustible utilizado para la generación de energía para la industria es el factor determinante para la determinación de contaminantes que compondrán las emisiones atmosféricas, definir los componentes y su cantidad. Así, este trabajo pretende comparar las emisiones atmosféricas de fuentes fijas de la generación de energía utilizando combustibles diferentes, comprobando la cantidad de contaminantes emitidos. Realizado por medio de recogida de muestras y análisis de laboratorio, la determinación de las concentraciones de material particulado, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, usando isocinética fregadero de contaminantes atmosféricos y el analizador de gas de Eurotron 3000. Los muestreos se realizaron según una fuente de colección del transeje passante agujero (chimenea). En conjunto 23 fueron evaluadas las chimeneas, en nueve municipios del este Mesoregions (Cristalina y Abadiânia), centro (Nerópolis, Itapaci, Rubiataba, Firminópolis y Anápolis) y sur (Rio Verde y Cachoeira Dourada) del Estado de Goiás, cuatro grupos de combustibles, siendo: seis chimeneas de la quema de biomasa, nueve de quemar petróleo licuado de gas, cinco usando madera y derivados para quemar y tres pesados aceite usando BPF. Los resultados mostraron diferencias considerables entre los tipos de combustibles en relación con la emisión de partículas, SO<sub>2</sub> y NO<sub>2</sub>. La combustión de la madera presentaron valores altos de material particulado, siendo el sólo diferencia entre los otros combustibles. Los gases de combustión como NO<sub>2</sub>, diferencia estadísticamente significativa fue el BPF aceite combustible comparado con otros combustibles. Además de las características inherentes a los combustibles, hay otros factores que pueden influir en las emisiones atmosféricas. Las actividades que utilizan combustibles fósiles tienen una mayor preocupación sobre el contenido de contaminantes y emisiones atmosféricas, preocupándose más eficazmente con el mantenimiento de chimeneas, filtros-manga y arandelas, siendo todos estos atenuadores de emisiones atmosféricas. Sin embargo, la mejor manera de resolver el problema de la emisión de contaminantes del aire por actividades industriales es a través de la mejora energética, de fuentes fijas y móviles, reduciendo así las emisiones atmosféricas.

**Palabras - clave:** Combustibles. Fuentes fijas. Contaminación atmosférica.

## INTRODUÇÃO

As atividades de cunho antrópico intensificam a poluição do ar com o lançamento contínuo de grandes quantidades de substâncias poluentes. Em território brasileiro, é observada a tendência à modernização das instalações industriais por ocasião do licenciamento ambiental, com o objetivo de reduzir as emissões atmosféricas (OLIVEIRA, 1997; ARRUDA, 2009; PIRES, 2005; PUC/RJ, 2002; ESPÍRITO SANTO, 2004).

Muitas das ações de controle em âmbito nacional estão concentradas na existência de padrões de qualidade ambiental estabelecidos pelas resoluções do CONAMA (Conselho Nacional de Meio Ambiente). Essa regulamentação de emissão de poluentes gerados por grandes fontes estacionárias ocorre em grande parte nas fases do licenciamento ambiental (PUC/RJ, 2002; PIRES, 2005; ARRUDA, 2009; ESPÍRITO SANTO, 2004).

Há lacunas importantes com relação ao monitoramento ambiental da vizinhança dos complexos industriais do país, no que se refere ao fornecimento de séries históricas e informações, tais como: a composição dos efluentes e a quantificação das emissões, dificultando enormemente a avaliação dos impactos causados pelas fontes estacionárias (PUC/RJ, 2002; PIRES, 2005; ARRUDA, 2009; ESPÍRITO SANTO, 2004; BOUBEL, 1994).

As diversas fontes de poluição do ar podem ser classificadas como fontes estacionárias ou fontes fixas e que podem ser subdivididas em dois grupos: um abrangendo atividades pouco representativas nas áreas urbanas, como queimadas, lavanderias e queima de combustíveis em padaria, hotéis e outras atividades consideradas não industriais; outro formado por atividades individualmente significativas, em vista à variedade ou intensidade de poluentes emitidos, como a poluição dos processos industriais (BOUBEL, 1994; DERÍSIO, 2007; CAVALCANTI, 2003; MONTEIRO JÚNIOR, 2008; CAVALCANTI, 2010; FELLEBERG, 1980).

Os grupos de poluentes que servem como indicadores de qualidade são: dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>), material particulado (MP), monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), ozônio (O<sub>3</sub>) e óxidos de nitrogênio (NO<sub>2</sub>). A razão dessa escolha está relacionada à frequência de ocorrência e aos efeitos adversos sobre o ambiente. Assim, os efeitos da poluição do ar podem ser caracterizados pela alteração de condições consideradas normais e potencializando problemas já existentes, que podem se manifestar na saúde, no bem estar da população, na vegetação, na fauna, e sobre os materiais (CAVALCANTI, 2003; MONTEIRO JÚNIOR, 2008; CAVALCANTI, 2010; FELLEBERG, 1980; DERÍSIO, 2007; BOUBEL, 1994).

A fonte de poluição atmosférica é um conceito muito amplo que, segundo Boubel (1994), Espírito Santo (2004), Bretschneider e Kurfürst (1987), Derísio (2007) e Fellenberg (1980), pode ser definido como: 1- um local do qual escapam substâncias poluentes (chaminés, dutos, descargas de ar e outros); 2 - processos e/ou equipamentos de produção (caldeiras, fornos, linhas de produção, câmaras de combustão e outros); 3 - uma área com

conjunto de pontos e/ou processos e equipamentos numa região específica, capazes de liberar matéria ou energia para a atmosfera, tornando-a poluída.

O tipo de combustível utilizado para geração de energia para a indústria é fator determinante para definição dos poluentes que irão compor as emissões atmosféricas, definindo quais componentes e a quantidade dos mesmos. Assim, esse trabalho objetiva comparar as emissões atmosféricas de fontes estacionárias a partir da geração de energia utilizando diferentes combustíveis, verificando assim, a quantidade de poluente emitido e quais combustíveis são mais poluentes.

## **FONTES DE POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA**

As fontes fixas (estacionárias) de emissão são qualquer instalação, equipamento ou processo, situado em local fixo que libere ou emita matéria para a atmosfera, por emissão pontual ou fugitiva, por exemplo, as chaminés de uma indústria, emissões de processos termoelétricos, caldeiras, dutos para liberação de gases de aterros sanitários (CONAMA n° 382/2006).

Pode-se asseverar que a poluição atmosférica trata-se de uma degradação da qualidade ambiental do ar, resultante das atividades antrópicas diretas e indiretas. Porém, eventos naturais também podem degradar a qualidade ambiental da atmosfera e por consequência afetar a saúde humana e o equilíbrio da biota (ESPÍRITO SANTO, 2004; CAVALCANTI, 2003).

Poluente atmosférico é toda substância sólida, líquida ou gasosa que afeta prejudicialmente o meio ambiente após mudanças químicas na atmosfera ou pela ação sinérgica com outras substâncias (BRETSCHNEIDER; KURFÜRST, 1987; FELLEBERG, 1980; DERÍSIO, 2007).

Segundo Espírito Santo (2004), Almeida (2011) e a Política Nacional de Meio Ambiente (Lei 6.938, de 31 de agosto, de 1981), a poluição é definida como a degradação da qualidade ambiental resultante de atividades que direta ou indiretamente: a) prejudiquem a saúde, a segurança e o bem-estar da população; b) criem condições adversas às atividades sociais e econômicas; c) afetem desfavoravelmente a biota; d) afetem as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente; e) lancem matérias ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos.

Afirmam ainda que vai mais além da definição acima e considera qualquer forma de matéria ou energia com intensidade e em quantidade, concentração, tempo ou características em desacordo com níveis estabelecidos, e que tornem ou possam tornar o ar: a) impróprio, nocivo ou ofensivo à saúde; b) inconveniente ao bem-estar público; c) danoso aos materiais, à fauna e à flora; d) prejudicial à segurança, ao uso e gozo da propriedade e às atividades normais da comunidade (ALMEIDA, 2011; CONAMA 003 / 1990).

Para Boubel (1994), Arruda (2009), Espírito Santo (2004) e Almeida (2011), os poluentes atmosféricos podem ser encontrados nos estados sólido, líquido e/ou gasoso, e podem ser agrupados de acordo com seu estado de agregação: a) substâncias sólidas ou líquidas podem ser agrupadas como particulado ou material particulado desde que princípios físicos sejam frequentemente utilizados para sua remoção e suas densidades sejam aproximadamente três vezes maiores do que a do ar no qual estão diluídos; b) gases e vapores formam outro grupo, sendo poluentes moleculares com existência permanente: os gases propriamente ditos, ou os vapores, que em temperatura ambiente podem sofrer condensação e voltar à forma líquida original.

CIMM (2012), Espírito Santo (2004), Sampaio (2012), Freedman (1995) e Almeida (2011) pontuam que os poluentes também podem ser classificados de acordo com o modo de surgimento no ambiente atmosférico: a) poluentes primários: aqueles emitidos diretamente pelas fontes de emissão; b) poluentes secundários: formados na atmosfera através de reações químicas (como hidrólise, oxidação ou reações fotoquímicas) entre poluentes primários e/ou constituintes naturais na atmosfera.

Os poluentes ainda podem ser classificados de acordo com sua composição química, ou seja, os poluentes podem ser classificados como inorgânicos e orgânicos (BAEK et al., 1991; ALMEIDA, 2011; SAMPAIO, 2012). As fontes antropogênicas são de emissão que estão de alguma maneira relacionada às atividades humanas. Estão inclusas neste grupo as emissões oriundas das operações na agricultura, da queima de biomassa, da queima de combustíveis fósseis, de processos industriais e de atividades microbiológicas durante o tratamento de efluentes (EPA, 1990; SAMPAIO, 2012; CAVALCANTI, 2003).

De acordo com a CIMM (2012), FEEMA (2004), Sampaio (2012) e EPA (1990), as fontes emissoras podem ser divididas em dois grandes grupos com relação à forma de sua emissão: 1) fontes pontuais: possuem um comportamento regular, com características de emissão bem determinadas. Exemplos: as chaminés de fontes de combustão, chaminés de secadores e outros pontos discretos de descarga de poluição e outros; 2) fontes difusas:

possuem uma natureza de comportamento mais dinâmica, estando sujeitas às variações operacionais e ambientais. Exemplos: estações de tratamento de efluentes, emissões evaporativas de processos industriais, etc.

As fontes de emissão de poluentes podem ser as mais variadas possíveis, ou seja, podem-se considerar dois tipos básicos de fontes poluição: a) específicas e b) múltiplas (FEEMA, 2004; EPA, 1990; ALMEIDA, 2011; CAVALCANTI, 2003).

Dessa forma, as fontes específicas são fixas em determinado território, ocupam na comunidade área relativamente limitada e permitem uma avaliação individual. As indústrias são exemplos de fontes específicas de poluição (FEEMA, 2004; EPA, 1990; ALMEIDA, 2011; CAVALCANTI, 2003; CIMM, 2012).

Também há as fontes múltiplas que podem ser fixas ou móveis e geralmente se dispersam pela comunidade, oferecendo grande dificuldade de serem avaliadas uma a uma e o exemplo de fonte múltipla são os veículos automotores (FEEMA, 2004; EPA, 1990; ALMEIDA, 2011; CAVALCANTI, 2003; CIMM, 2012).

As fontes industriais de poluição atmosférica estão correlacionadas à quantidade e qualidade dos poluentes emitidos por este tipo de fonte e dependem de vários fatores relacionados à fabricação. As matérias-primas e combustíveis envolvidos no processo, a eficiência do processo, o produto fabricado e o grau de medidas de controle de emissões influem diretamente no tipo e concentração do poluente expelido (FEEMA, 2004; EPA, 1990; ALMEIDA, 2011; CAVALCANTI, 2003; CIMM, 2012).

Para a realização de um inventário das emissões atmosféricas é ponto fundamental determinar os tipos e quantidades de unidades de interesse na área do estudo e principalmente agrupar estes dados de forma que facilite a sistematização dos mesmos (SAMPAIO, 2012; EPA, 1990; FEEMA, 2004; CIMM, 2012).

CETESB (1978), Schenk (2013), IAP (2012), Sampaio (2012), MMA (2012) e Barcelos et al. (2005) destacam que o padrão de qualidade do ar define legalmente as concentrações máximas de um componente gasoso presente na atmosfera de modo a garantir a proteção da saúde e do bem estar das pessoas. Os padrões de qualidade do ar são baseados em estudos científicos dos efeitos produzidos por poluentes específicos e são estabelecidos em níveis que possam propiciar uma margem de segurança.

Através da Portaria Normativa nº 348 de 14/03/1990 do IBAMA e da Resolução CONAMA nº 003 de 28/06/1990, são estabelecidos os padrões nacionais de qualidade do ar.

No Brasil são estabelecidos dois tipos de padrões de qualidade do ar: os primários e os secundários.

Os padrões primários de qualidade do ar são as concentrações de poluentes que se ultrapassadas poderão afetar a saúde da população. Podem ser entendidos como níveis máximos toleráveis de concentração de poluentes atmosféricos, constituindo-se em meta de curto e médio prazo (SCHENK, 2013; IAP, 2012; MMA, 2012; BARCELOS et al., 2005; CETESB, 1978).

São padrões secundários de qualidade do ar as concentrações de poluentes atmosféricos abaixo das quais se prevê o mínimo efeito adverso sobre o bem estar da população, assim como o mínimo dano à fauna, flora, materiais e ao meio ambiente em geral. Podem ser entendidos como níveis desejados de concentração de poluentes, constituindo-se em meta de longo prazo (SCHENK, 2013; IAP, 2012; CETESB, 1978; MMA, 2012; BARCELOS et al., 2005).

São poluentes padronizados no Brasil: partículas totais em suspensão, fumaça, dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>), partículas inaláveis, monóxido de carbono (CO), ozônio (O<sub>3</sub>) e dióxido de nitrogênio (NO<sub>2</sub>) (SCHENK, 2013; IAP, 2012; CETESB, 1978; MMA, 2012; BARCELOS et al., 2005).

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

Realizou-se por meio de coleta de amostras e análises laboratoriais, a determinação das concentrações de Material Particulado (MP), SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, utilizando-se Coletor Isocinético de Poluentes Atmosféricos - CIPA e o Analisador de Gases 3000 Eurotron. A metodologia utilizada nas coletas e análises das amostras está descrita nos métodos da ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas, CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo e da EPA – Environmental Protection Agency.

As amostragens foram realizadas segundo um eixo transversal, passante pelo furo da fonte de coleta (chaminé) (figura 1). Ao todo foram avaliadas 23 chaminés, em nove (9) municípios das Mesorregiões Leste (Cristalina e Abadiânia), Centro (Nerópolis, Itapaci, Rubiataba, Firminópolis e Anápolis) e Sul (Rio Verde e Cachoeira Dourada) do Estado de Goiás (figura 2), de quatro grupos de combustíveis, sendo: seis (6) chaminés de queima de biomassa, nove (9) de queima de gás liquefeito de petróleo (GLP), cinco (5) utilizando madeira e derivados para a queima e três (3) utilizando óleo pesado BPF (baixo ponto de

fluidez). Cada coleta realizada teve duração de 60 minutos. Para a coleta das amostras, empregou-se um Coletor Isocinético de Poluentes Atmosféricos – CIPA, devidamente calibrado (Certificado de Calibração da LME – Laboratório de Metrologia da Energética – Qualidade do Ar). Além do CIPA, utilizou-se o coletor Ecil de gases de combustão ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{SO}_2$  e  $\text{NO}_2$ ).

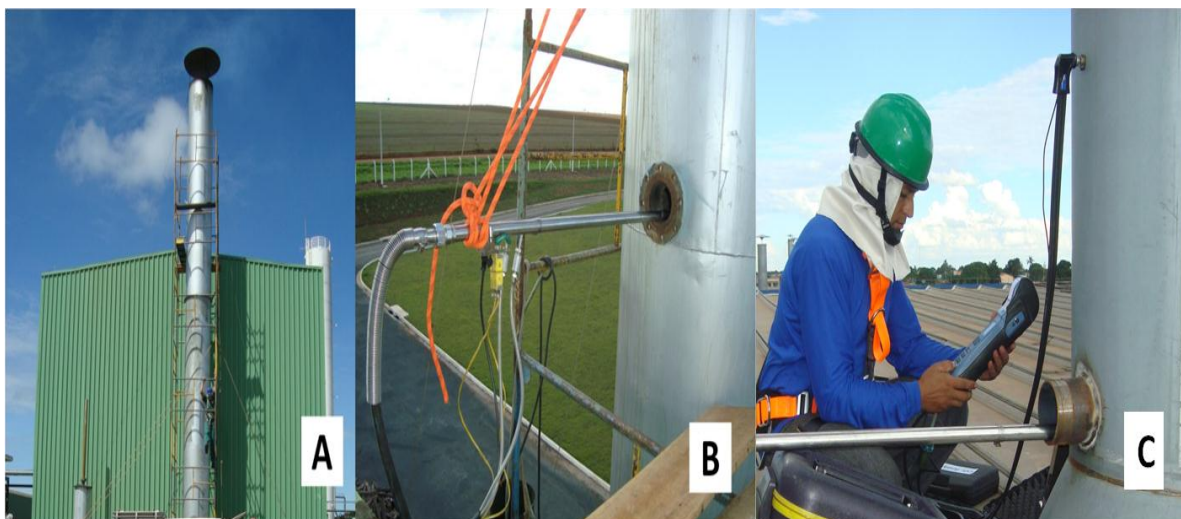


Figura 1. (A) Chaminé, (B) Sonda acoplada em chaminé para medição dos gases e (C) Técnico realizando medição dos gases de combustão. Foto: Autores, 2012.

Para comparação dos resultados, foi realizada a distribuição dos dados para a verificação da normalidade dos mesmos, ANOVA e teste de Tukey para comparação das emissões entre os diferentes combustíveis. Utilizou-se como forma de comparação, os padrões de lançamento dispostos na Resolução CONAMA nº 382 de 26 de dezembro de 2006, que estabelece os limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos para fontes fixas para atividades industriais.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados apresentaram diferenças consideráveis entre os tipos de combustíveis em relação à emissão de material particulado,  $\text{SO}_2$  e  $\text{NO}_2$ . Em relação ao material particulado, era esperado que os combustíveis de biomassa e madeira produzissem mais em comparação aos outros, isso devido à umidade do mesmo, porém somente o combustível de madeira, apresentou altos valores de material particulado, sendo o único diferente significativo entre os outros combustíveis (tabela 1).



MUNICÍPIOS PESQUISADOS NAS MESORREGIÕES GOIANAS 2012/2013

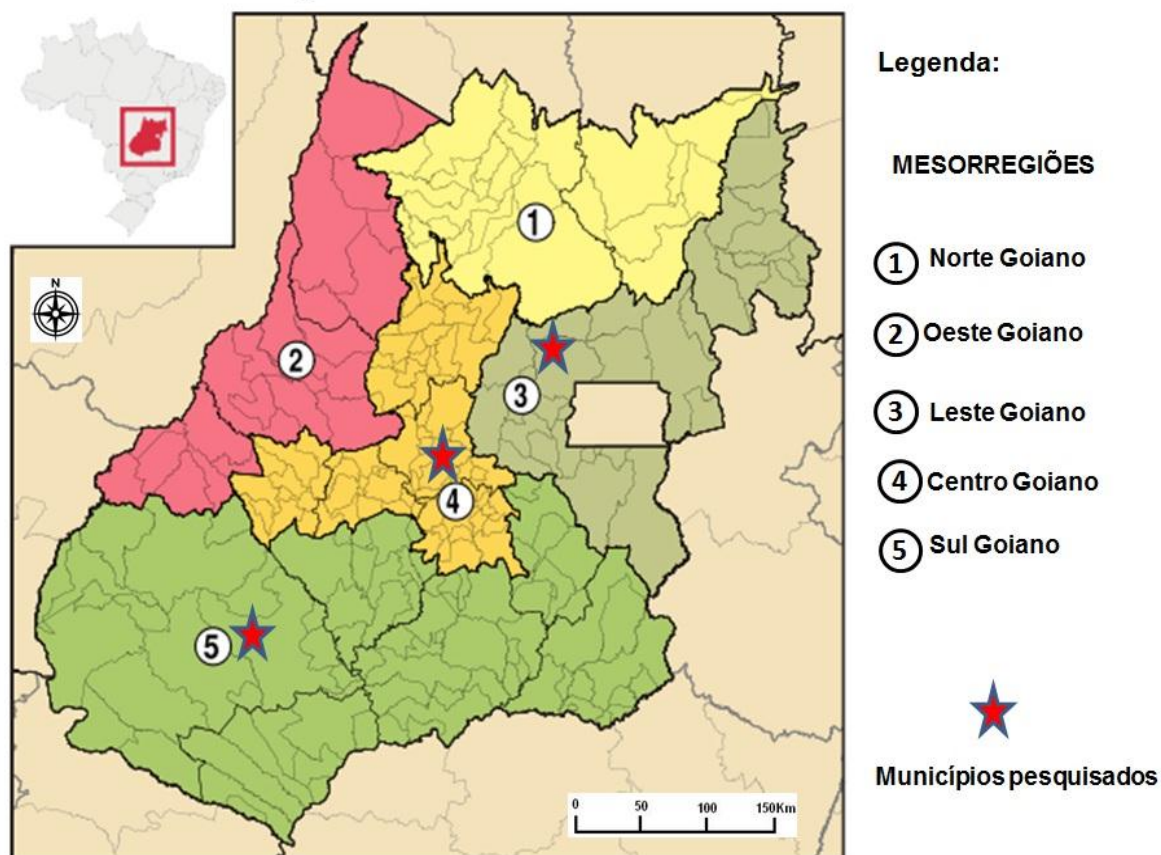


Figura 2 – Municípios pesquisados nas mesorregiões goianas em 2012 e 2013

Fonte: Wikipedia (2012) / Organização: VANDERVILSON ALVES CARNEIRO (2013)

De maneira geral, observando as 23 chaminés amostradas, os valores do material particulado para todos os combustíveis se mostraram dentro dos padrões estabelecidos pelos padrões CONAMA n° 382/2006, somente madeira que ficou um pouco acima do valor de 130 mg/Nm<sup>3</sup>, pois esse limite é relativo a caldeiras com potência térmica nominal baixas, sendo assim resultante de processos de combustão incompleta (tabela 1).

Tabela 1 - COMPARAÇÃO DA EMISSÃO DE MATERIAL PARTICULADO  
(MP - F(15, 41,81) = 2,3044, p=0,01).

Tipos de combustíveis	N	MP (mg/Nm <sup>3</sup> )	Padrão CONAMA n° 382/2006 (mg/Nm <sup>3</sup> )
GLP	9	40,80 ± 70,13a	200 a 280
Madeira	5	195,65 ± 154,30b	50
Biomassa	6	38,86 ± 34,14a	130 a 730
Óleo	3	36,77 ± 25,28a	100 a 300
Total	23	73,43 103, 82	

Fonte: Autores, 2012.

Para os gases de combustão, como NO<sub>2</sub>, a diferença foi do combustível de óleo BPF em comparação com os outros combustíveis. Já para o SO<sub>2</sub> não houve diferença significativa entre nenhum dos tratamentos, nem mesmo da biomassa ou madeira, que era de se esperar não apresentar valores de SO<sub>2</sub>. Mesmo assim, os combustíveis de biomassa e madeira apresentaram valores pequenos de SO<sub>2</sub> (tabela 2; gráfico 2).

Segundo a nossa amostragem, as chaminés movida por combustão de GLP apresentaram de maneira geral a média elevada na emissão dos gases NO<sub>2</sub> e SO<sub>2</sub>, se mostrando acima das medias estabelecidas pela legislação. Lembrando que esses padrões estabelecidos podem variar de acordo com a potência termina nominal da caldeira, assim, pontualmente as caldeiras podem estar dentro dos parâmetros estabelecidos pela legislação, sendo esse resultado apenas uma média dos valores obtidos (tabela 2).

Os combustíveis fósseis tradicionalmente são conhecidos por apresentarem maiores valores de emissão de SO<sub>2</sub> e NO<sub>2</sub>, devido à composição química dos mesmos. Nesse trabalho, esses são representados pelo GLP e óleo diesel. Esses combustíveis foram os que apresentaram maiores valores para os gases de SO<sub>2</sub> e NO<sub>2</sub> (tabela 3).

Tabela 2 - COMPARAÇÃO DA EMISSÃO DE ÓXIDOS DE ENXOFRE (SOX) E ÓXIDO NITROSO (NO<sub>2</sub>) COM DIFERENTES COMBUSTÍVEIS (F (15, 41,81) = 2,3044, p = 0,01).

Tipos de combustíveis	N	SO <sub>2</sub> (mg/Nm <sup>3</sup> )	CONAMA nº 382/2006 (mg/Nm <sup>3</sup> )	NO <sub>x</sub> (mg/Nm <sup>3</sup> )	CONAMA nº 382/2006 (mg/Nm <sup>3</sup> )
GLP	9	500,73 ± 631,68a	N.A.	326,73 ± 367,85a	350
Madeira	5	66,19 ± 48,68a	200	82,53 ± 89,81a	135
Biomassa	6	0,59 ± 0,78a	N.A.	235,38 ± 144,05a	650
Óleo	3	517,76 ± 59,55a	1800 a 2700	779,49 ± 155,96b	1000 a 1600
Total	23	278,01 ± 452,95		308,87 ± 317,88	

Fonte: Autores, 2012.

Tabela 3 - COMPARAÇÃO DA EMISSÃO DE MONÓXIDO DE CARBONO E DIÓXIDO DE CARBONO COM DIFERENTES COMBUSTÍVEIS (CO - F (15, 41,81) = 2,3044, p = 0,01 – CO<sub>2</sub> - F (15, 41,81) = 2,3044, p = 0,01).

Tipos de combustíveis	N	CO <sub>2</sub> (%)	CO (mg/Nm <sup>3</sup> )	CONAMA nº 382/2006 (mg/Nm <sup>3</sup> )
GLP	9	26,76 ± 42,20a	108,86 ± 98,31a	N. A.
Madeira	5	2,73 ± 2,70a	157,12 ± 125,49a	1300 a 6500
Biomassa	6	6,78 ± 4,58a	2131,25 ± 3455,65a	1300 a 6500
Óleo	3	8,72 ± 2,84a	15,65 ± 18,84a	N. A.
Total	23	13,97 ± 27,71a	634,77 ± 1883,73a	N. A.

Fonte: Autores, 2012.

Já a biomassa e a madeira são combustíveis oriundos de biomassa vegetal, e de maneira geral, se não forem secos, são combustíveis de grande umidade, os quais no momento da queima, liberando muito vapor d'água e arrastando grande quantidade de material particulado. Essa característica desse combustível ficou bem evidente, sendo que o combustível de madeira apresentou grande emissão de material particulado.

Além das características inerentes aos combustíveis, existem outros fatores que podem influenciar a emissão atmosférica. Esses fatores podem incluir pureza dos combustíveis utilizados, estrutura física das caldeiras e fornos, sendo observado que caldeiras que apresentam manutenção em dia tendem a emitir menos gases e poluentes para atmosfera, e a temperatura de queima, que é fator determinante na emissão dos gases e material particulado. Material particulado é comumente formado quando a baixas temperaturas e grande umidade do material, ocorrendo a queima incompleta do mesmo, e gerando o particulado. Além disso, em baixas temperaturas, é formado o CO, monóxido de carbono, um gás não monitorado neste trabalho.

Todas as fontes estacionárias medidas buscam o atendimento a legislação ambiental referente, porém, as atividades que utilizam combustíveis fósseis tem maior preocupação com o teor dos poluentes e das emissões atmosféricas, se preocupando de maneira mais eficaz com a manutenção das chaminés, os filtros-manga e lavadores, sendo todos esses atenuadores das emissões atmosféricas.

## **CONCLUSÕES**

O cenário constatado pela pesquisa nas Mesorregiões Leste, Centro e Sul do Estado de Goiás faz com que se apresentem algumas possíveis soluções. Na literatura especializada são pontuadas inúmeras soluções disponíveis para o controle, a redução e até mesmo a prevenção da emissão de poluentes atmosféricos por atividades industriais. Acredita-se que os principais equipamentos para tal tarefa são: câmara de sedimentação, ciclone, filtros-manga, precipitadores eletrostáticos, lavador de gases, torre de lavagem de gases, filtro de carvão ativo, pós-queimador e outros.

Porém, vários especialistas, concordam que o melhor caminho para solucionar a questão da emissão de poluentes atmosféricos por atividades industriais é através da melhoria energética, em fontes fixas e móveis. Esse caminho é a forma mais racional de reduzir emissões atmosféricas.

Vários pesquisadores destacam que as maiores tendências nesse tema estão relacionadas à melhoria em eficiência energética, fontes alternativas de energia, aumento do uso de gás natural e sinergia dos recursos naturais.

Os dados da pesquisa em Goiás faz com que se veja que a poluição atmosférica é um dos maiores desafios para a gestão das cidades e o monitoramento da qualidade do ar deve ser uma atividade preventiva e contínua do empreendedor, para evitar a emissão de poluentes fora dos padrões, corrigindo possíveis variações e evitando danos ao meio ambiente e a população.

Destaca-se também que as questões de cunho ambiental ligadas à poluição do ar em territórios goiano e do Brasil, ainda estão muito incipientes. Entende-se que a falta de profissionais qualificados para o gerenciamento destas fontes estacionárias de emissões atmosféricas é uma realidade.

É preciso que haja uma fiscalização e monitoramento eficazes e cumprimento das legislações pertinentes aos poluentes atmosféricos nas esferas municipal, estadual e federal.

Também cabe ressaltar a importância da LA (Licença Ambiental) mediante estudos prévios de EIA (Estudo de Impacto Ambiental) e RIMA (Relatório de Impacto do Meio Ambiente) conjuminando com um plano de gestão dos poluentes atmosféricos por parte dos empreendedores.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, R. **Diretrizes para elaboração de inventários de emissões de gases de efeito estufa em municípios de pequeno e médio porte.** 2011. 196 f. Dissertação (Mestrado em Gestão Ambiental), Programa de Pós-Graduação Profissional em Gestão Ambiental, Universidade Positivo, Curitiba, 2011.

ARRUDA, M. Z. **Análise de combustíveis de caldeiras.** 2009. 74 f. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Ambiental), Faculdade de Engenharia e Arquitetura, Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICA – ABNT. **NBR 10700/89 - Planejamento de amostragem em dutos e chaminés de fontes estacionárias.** Disponível em <[http://www.ecologica.com.br/ecologica/info\\_normas\\_tecnicas.php](http://www.ecologica.com.br/ecologica/info_normas_tecnicas.php)>. Acesso em 11/04/2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICA – ABNT. **NBR 10701/89 - Determinação de pontos de amostragem em dutos e chaminés de fontes estacionárias (procedimento).** Disponível em <[http://www.ecologica.com.br/ecologica/info\\_normas\\_tecnicas.php](http://www.ecologica.com.br/ecologica/info_normas_tecnicas.php)>. Acesso em 11/04/2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICA – ABNT. **NBR 10702/89**

**Efluentes gasosos em dutos e chaminés de fontes estacionárias - Determinação da massa molecular - Base seca. Método de ensaio.** Disponível em <[http://www.ecologica.com.br/ecologica/info\\_normas\\_tecnicas.php](http://www.ecologica.com.br/ecologica/info_normas_tecnicas.php)>. Acesso em 11/04/2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICA – ABNT. **NBR 11966/89 Efluentes gasosos em dutos e chaminés de fontes estacionárias - Determinação da velocidade e vazão. Método de ensaio.** Disponível em <[http://www.ecologica.com.br/ecologica/info\\_normas\\_tecnicas.php](http://www.ecologica.com.br/ecologica/info_normas_tecnicas.php)>. Acesso em 11/04/2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICA – ABNT. **NBR 11967/89 Efluentes gasosos em dutos e chaminés de fontes estacionárias - Determinação da umidade.** Disponível em <[http://www.ecologica.com.br/ecologica/info\\_normas\\_tecnicas.php](http://www.ecologica.com.br/ecologica/info_normas_tecnicas.php)>. Acesso em 11/04/2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICA – ABNT. **NBR 12019/90 MB 3355 Efluentes gasosos em dutos e chaminés de fontes estacionárias - determinação de material particulado.** Disponível em <[http://www.ecologica.com.br/ecologica/info\\_normas\\_tecnicas.php](http://www.ecologica.com.br/ecologica/info_normas_tecnicas.php)>. Acesso em 11/04/2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICA – ABNT. **NBR 12020/92 - Efluentes gasosos em dutos e chaminés de fontes estacionárias - Calibração dos equipamentos utilizados em amostragem Método de ensaio.** Disponível em <[http://www.ecologica.com.br/ecologica/info\\_normas\\_tecnicas.php](http://www.ecologica.com.br/ecologica/info_normas_tecnicas.php)>. Acesso em 11/04/2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICA – ABNT. **NBR 12020/92 Efluentes gasosos em dutos e chaminés de fontes estacionárias - Calibração dos equipamentos utilizados em amostragem.** Disponível em <[http://www.ecologica.com.br/ecologica/info\\_normas\\_tecnicas.php](http://www.ecologica.com.br/ecologica/info_normas_tecnicas.php)>. Acesso em 11/04/2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICA – ABNT. **NBR 12021/90 Efluentes gasosos em dutos e chaminés de fontes estacionárias - Determinação de dióxido de enxofre, trióxido de enxofre e névoas de ácido sulfúrico. Método de ensaio.** Disponível em <[http://www.ecologica.com.br/ecologica/info\\_normas\\_tecnicas.php](http://www.ecologica.com.br/ecologica/info_normas_tecnicas.php)>. Acesso em 11/04/2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICA – ABNT. **NBR 12827/93 - Efluentes gasosos com o sistema filtrante no interior do duto ou chaminé de fontes estacionárias - Determinação de material particulado - Método de ensaio.** Disponível em <<http://www.luzimarteixeira.com.br/wp-content/uploads/2011/03/normas-da-abnt-relativas-a-poluicao.pdf>>. Acesso em 11/04/2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICA – ABNT. **NBR 12827/93 - Efluentes gasosos com o sistema filtrante no interior do duto ou chaminé de fontes estacionárias - Determinação de material particulado.** Disponível em <[http://www.ecologica.com.br/ecologica/info\\_normas\\_tecnicas.php](http://www.ecologica.com.br/ecologica/info_normas_tecnicas.php)>. Acesso em 11/04/2012.

BAEK, S. O.; FIELD, M. E.; GOLDSTONE, P. W.; KIRK, P. W.; LESTER, J. N.; PERRY, R. A review of atmospheric polycyclic aromatic hydrocarbons: sources , fate and behavior. **Water, Air and Soil Pollution**, n. 60, p. 279-300, 1991. Disponível em: <<http://link.springer.com/article/10.1007%2F978-1-4020-2826-2>>. Acesso em: 21/09/2012.

BARCELLOS, F. C.; MORENO, R. A.; SILVA, L. C. D.; SILVA, L. A. Poluição do ar por fontes fixas nos municípios brasileiros. In: ENCONTRO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA ECOLÓGICA, VI, 2005, Brasília (DF), **Anais...** Brasília (DF): SBEE, 2005, p. Disponível em <[http://www.ecoeco.org.br/conteudo/publicacoes/encontros/vi\\_en/artigos/mesa3/poluicao\\_ar\\_fontes\\_fixas.pdf](http://www.ecoeco.org.br/conteudo/publicacoes/encontros/vi_en/artigos/mesa3/poluicao_ar_fontes_fixas.pdf)>. Acesso em: 15/12/2012.

BOUBEL, R.W. **Fundamental of air pollution**. San Diego: Academic Press, 1994.

BRANDINE, R. **Poluição do ar**. Disponível em: <<http://www.coladaweb.com/biologia/ecologia/poluicao-do-ar>>. Acesso em: 13/06/2012.

BRASIL. **Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA) - Lei nº 6.938, de 31 de Agosto de 1981**. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l6938.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.htm)>. Acesso em: 29/05/2012.

BRETSCHNEIRDER, B.; KURFURST, J. **Air pollution control technology**. Amsterdam: Elsevier, 1987.

CAVALCANTI, P. M. P. S. **Modelo de gestão da qualidade do ar – abordagem preventiva e corretiva**. 2010. 252 f. Tese (Doutorado em Planejamento Energético), Programa de Pós-graduação em Planejamento Energético, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.

CAVALCANTI, P. M. P. S. **Avaliação dos impactos causados na qualidade do ar pela geração termelétrica**. 2003. 148 f. Dissertação (Mestrado em Planejamento Energético), programa de Pós-Graduação em Planejamento Energético, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2003.

CENTRO DE INFORMAÇÃO METAL MECÂNICA – CIMM. **Controle de poluentes atmosféricos**. Disponível em: <[http://www.cimm.com.br/portal/material\\_didatico/3672-control-de-poluente-atmosfericos#.U6bOgUBfz4Y](http://www.cimm.com.br/portal/material_didatico/3672-control-de-poluente-atmosfericos#.U6bOgUBfz4Y)>. Acesso em: 24/07/2012.

COMPANHIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO – CETESB. **Norma Técnica L1 – 012, Out./1978: Poluição do ar - sistemas de amostragem de ar: terminologia**. Disponível em <<http://www.cetesb.sp.gov.br/servicos/normas---cetesb/43-normas-tecnicas---cetesb>>. Acesso em: 17/09/2012.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução CONAMA nº. 316, de 29 de outubro de 2002**. Disponível em <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=338>>. Acesso em: 12/09/2012.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução CONAMA nº. 382, de 26 de dezembro de 2006**. Disponível em <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=520>>. Acesso em: 12/09/2012.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução CONAMA nº. 436, de 22 de dezembro de 2011**. Disponível em <<https://www.google.com.br/#q=conama+436%2F2006>>.

Acesso em: 12/09/2012.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resoluções CONAMA 1984 – 2008**. Brasília: CONAMA, 2008.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução CONAMA nº 3, de 28 de junho de 1990**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=100>>. Acesso em 29/06/2012.

DERÍSIO, J. C. **Introdução ao controle de poluição ambiental**. São Paulo: Signus, 2007.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY - EPA. **National Ambient Air Quality Standards (NAAQS) – 1990**. Disponível em <[http://www.epa.gov/airnow/health-prof/452\\_F\\_05\\_001\\_screen.pdf](http://www.epa.gov/airnow/health-prof/452_F_05_001_screen.pdf)>. Acesso em 11/04/2012.

ESPÍRITO SANTO, A. A. **Influência da poluição atmosférica e variáveis ambientais no comportamento de bioindicadores de solo no entorno de uma metalúrgica de cobre na Bahia**. 2004. 126 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Biomonitoramento), Programa de Pós - Graduação em Ecologia e Biomonitoramento, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2004.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DE ENGENHARIA DO MEIO AMBIENTE — FEEMA, **Inventário de fontes emissoras de poluentes atmosféricos da região metropolitana do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: FEEMA, 2004.

FELLENBERG, G. **Introdução aos problemas da poluição ambiental**. São Paulo: EDUSP, 1980.

FREEDMAN, B. **Environmental ecology: the ecological effects of pollution, disturbance and other stresses**. London: Academic Press, 1995.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS (IBAMA). **Portaria Normativa nº 348/1990**. Disponível em: <<http://www.rcambiental.com.br/Atos/ver/PORT-IBAMA-348-1990/>>. Acesso em: 24/10/2012.

INSTITUTO AMBIENTAL DO PARANÁ - IAP. **Fontes de poluição atmosférica**. Disponível em <<http://www.iap.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=130>>. Acesso em: 10/08/2012.

MONTEIRO JÚNIOR, O. L. **Estudo do controle das emissões de poluentes em caldeiras de alta pressão com queimadores convencionais, abordagem da eficiência versus custo do dano**. 2008. 192 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental), Programa de Pós Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.

OLIVEIRA, J. L. F. **Poluição atmosférica e o transporte rodoviário: perspectivas de uso do gás natural na frota de ônibus urbanos da cidade do Rio de Janeiro**. 1997. 160 f. Dissertação (Mestrado em Planejamento Energético), Programa de Pós – Graduação em

Planejamento Energético, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1997.

PIRES, D. O. **Inventário de emissões atmosféricas de fontes estacionárias e sua contribuição para a poluição do ar na região metropolitana do Rio de Janeiro**. 2005. 194 f. Dissertação (Mestrado em Planejamento Energético), Programa de Pós-Graduação em Planejamento Energético, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO DE JANEIRO – PUC/RJ. Memórias do Seminário sobre Emissões Atmosféricas de Fontes Estacionárias. Rio de Janeiro: PUC, 2002.

RADICCHI, A. L. A. **A poluição na bacia aérea da região metropolitana de Belo Horizonte e sua repercussão na saúde da população**. Revista Brasileira de Estudos de População, Rio de Janeiro, v. 29, n. 1, p. 195 – 198. Disponível em <<http://www.scielo.br/pdf/rbepop/v29n1/v29n1a13.pdf>>. Acesso em: 12/07/2014.

SAMPAIO, F. E. **Metais associados ao material particulado na região central da cidade de Goiânia e os possíveis agravos à saúde da população**. 2012. 124 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e da Saúde), Programa de Pós - Graduação em Ciências Ambientais e Saúde, Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, 2012.

SECRETARIA DE ESTADO DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS – Governo do Paraná. **Resolução SEMA n.º. 54, de 22 de dezembro de 2006**. Disponível em <[http://www.iap.pr.gov.br/arquivos/File/Legislacao\\_ambiental/Legislacao\\_estadual/RESOLUCOES/RESOLUCAO\\_SEMA\\_54\\_2006.pdf](http://www.iap.pr.gov.br/arquivos/File/Legislacao_ambiental/Legislacao_estadual/RESOLUCOES/RESOLUCAO_SEMA_54_2006.pdf)>. Acesso em: 12/09/2012.

SCHENK, C. H. **Medições em fontes estacionárias, no ar ambiente e estudo das dispersões atmosféricas**. Disponível em <<http://www.ambientec.com.br/main.php?ver=artigo&id=9>>. Acesso em 13/11/2013.

WIKIPÉDIA – Enciclopédia Livre. **Lista de mesorregiões de Goiás**. Disponível em: <[http://pt.wikipedia.org/wiki/Anexo:Lista\\_de\\_mesorregi%C3%B5es\\_de\\_Goi%C3%A1s](http://pt.wikipedia.org/wiki/Anexo:Lista_de_mesorregi%C3%B5es_de_Goi%C3%A1s)>. Acessos em: 24/11/2012 e 20/03/2013.