

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS – REGIONAL CATALÃO
UNIDADE ACADÊMICA ESPECIAL DE FÍSICA E QUÍMICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM QUÍMICA

**ESTUDO DA COMPOSIÇÃO DE MATERIAL PARTICULADO E
COMPOSTOS ORGÂNICOS VOLÁTEIS NO AR EM CATALÃO – GO**

RAFAELA SOUZA SANTOS

Bolsa CAPES

CATALÃO – GO

Fevereiro/2015

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR AS TESES E DISSERTAÇÕES ELETRÔNICAS (TEDE) NA BIBLIOTECA DIGITAL DA UFG

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás (UFG) a disponibilizar, gratuitamente, por meio da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/UFG), sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a Lei nº 9610/98, o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou *download*, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

1. Identificação do material bibliográfico: **Dissertação** **Tese**

2. Identificação da Tese ou Dissertação

Autor (a):	Rafaela Souza Santos		
E-mail:	rs.rafaelasantos1@gmail.com		
Seu e-mail pode ser disponibilizado na página?	<input checked="" type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não	
Vínculo empregatício do autor	bolsista		
Agência de fomento:	Comissão de Aperfeiçoamento de Pessoal do Nível Superior	Sigla:	Capes
País:	Brasil	UF:	GO CNPJ:
Título:	Estudo da composição de material particulado e compostos orgânicos voláteis no Ar em Catalão – GO		
Palavras-chave:	Poluição atmosférica, MP, COV		
Título em outra língua:	Study of the particulate matter composition and volatile organic compounds in the air in Catalão - GO		
Palavras-chave em outra língua:	Air pollution, PM, VOC		
Área de concentração:	Química		
Data defesa: (dd/mm/aaaa)	27/02/2015		
Programa de Pós-Graduação:	Programa de Pós-Graduação em Química		
Orientador (a):	Lincoln Lucilio Romualdo		
E-mail:	lincoln.romualdo@gmail.com		
Co-orientador (a):*			
E-mail:			

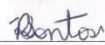
*Necessita do CPF quando não constar no SisPG

3. Informações de acesso ao documento:

Concorda com a liberação total do documento SIM NÃO¹

Havendo concordância com a disponibilização eletrônica, torna-se imprescindível o envio do(s) arquivo(s) em formato digital PDF ou DOC da tese ou dissertação.

O sistema da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações garante aos autores, que os arquivos contendo eletronicamente as teses e ou dissertações, antes de sua disponibilização, receberão procedimentos de segurança, criptografia (para não permitir cópia e extração de conteúdo, permitindo apenas impressão fraca) usando o padrão do Acrobat.


Assinatura do (a) autor (a)

Data: 20 / 10 / 15

¹ Neste caso o documento será embargado por até um ano a partir da data de defesa. A extensão deste prazo suscita justificativa junto à coordenação do curso. Os dados do documento não serão disponibilizados durante o período de embargo.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS – REGIONAL CATALÃO
UNIDADE ACADÊMICA ESPECIAL DE FÍSICA E QUÍMICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM QUÍMICA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**ESTUDO DA COMPOSIÇÃO DE MATERIAL PARTICULADO E
COMPOSTOS ORGÂNICOS VOLÁTEIS NO AR EM CATALÃO – GO**

RAFAELA SOUZA SANTOS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Química da Universidade Federal de Goiás, Regional Catalão como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Química.

Orientador: Prof. Dr. Lincoln Lucilio Romualdo

CATALÃO – GO

Janeiro/2015

Ficha catalográfica elaborada automaticamente
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a), sob orientação do Sibi/UFG.

Santos, Rafaela Souza
Estudo da composição de material particulado e compostos orgânicos
voláteis no ar em Catalão - GO [manuscrito] / Rafaela Souza Santos.
- 2015.
xii, 94 f.: il.

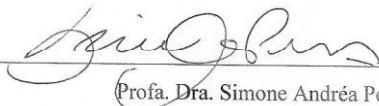
Orientador: Prof. Dr. Lincoln Lucilio Romualdo.
Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Goiás, Regional Catalão
, Catalão, Programa de Pós-Graduação em Química, Catalão, 2015.
Bibliografia. Anexos.
Inclui siglas, mapas, abreviaturas, gráfico, tabelas, lista de figuras,
lista de tabelas.

1. Poluição Atmosférica. 2. MP. 3. COV. I. Romualdo, Lincoln Lucilio,
orient. II. Título.

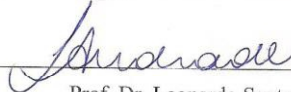
*Assinatura dos membros da comissão examinadora que avaliou e aprovou a defesa de
Dissertação de Mestrado da candidata **Rafaela Souza Santos**, realizada em 27 de
fevereiro de 2015.*



Prof. Dr. Lincoln Lucílio Romualdo



Profa. Dra. Simone Andréa Pozza



Prof. Dr. Leonardo Santos Andrade

Aos meus pais

Agradecimentos

A Deus, dono e criador de tudo.

A minha família, em especial aos meus pais, irmão, cunhada e sobrinha por compreenderem os períodos de ausência.

A minha avó Luzia que mesmo sem entender realmente o que eu fazia, sempre me apoiava e trazia palavras de incentivo.

Aos meus tios Sandra e Ademir, as minhas primas Anielle, Gisele e Francielle por serem tão prestativos e me acolherem em Catalão no início do mestrado.

A Faculdade de Tecnologia da Unicamp, em especial a professora Simone e ao técnico Gil por toda paciência e por todos os ensinamentos quando eu dava os primeiros passos desta pesquisa.

Aos colegas que conheci em Limeira: Eduardo e Ariane, por tudo que me ensinaram; Juliana e Luciane, por todas as conversas, todas as risadas e por tornarem meus dias felizes em uma cidade completamente desconhecida para mim.

Aos colegas de mestrado, especialmente a: Marta, Amanda, Marisa, Ariadne, Priscila, Kamila, Geisel, Paula e Maria Aparecida por compartilharem os momentos de dificuldades e também as alegrias durante esta pequena jornada.

Aos “irmãos” Bruno e Francielle, também colegas de mestrado mas que merecem um agradecimento especial: não imagino como teria sido este caminho se não tivesse conhecido vocês, verdadeiros irmãos que quero levar pra sempre!!

Ao amigo Yuri pela amizade e pela ajuda com a adaptação de todos os esquemas contidos neste trabalho.

A colega de casa Wilma: que pena que 1 ano passou tão rápido, foi uma surpresa (agradabilíssima, por sinal) te conhecer.

Aos amigos de Ipameri, Naiara e Isaque pelo apoio incondicional.

Ao meu orientador professor Lincoln, pela ajuda, apoio, pelas conversas que sempre me esclareciam inúmeras dúvidas, pela confiança e pelos ensinamentos.

A UFG Regional Catalão em especial ao Programa de Pós-Graduação em Química e todos os docentes ligados ao programa que de alguma forma contribuíram para minha formação.

A Capes pelo apoio financeiro.

“Porque Dele, e por Ele, e para Ele, são todas as coisas; glória, pois, a Ele eternamente. Amém” Rm. 11.36

RESUMO

A questão da poluição não é algo recente. A queima de biomassa utilizada para geração de calor já dava início aos processos antrópicos de poluição atmosférica. Os poluentes encontram-se na atmosfera nos estados sólido, líquido e gasoso. O conjunto das partículas sólidas e líquidas constitui o chamado material particulado (MP), e as demais formam o conjunto de poluentes gasosos. O MP abrange uma faixa de tamanho entre 0,1-100 μm e varia em tamanho, composição, fontes de emissão e efeitos adversos causados a saúde. Os compostos gasosos são formados em sua maioria pelos compostos orgânicos voláteis (COVs), que são compostos orgânicos que encontram-se no estado gasoso em temperatura ambiente. Esses poluentes podem ser lançados na atmosfera por fontes naturais e antrópicas, dentre as quais destacam-se os processos de combustão e ressuspensão da poeira do solo por ação dos ventos. A cidade de Catalão – GO tem crescido bastante nos últimos anos, principalmente devido a chegada de mineradoras na cidade que exploram os complexos carbonatíficos de Catalão I e Catalão II. O objetivo deste trabalho foi realizar o monitoramento do ar atmosférico em uma região da cidade de Catalão pela amostragem e análise de MP e COVs. As amostragens de MP, que aconteceram a cada seis dias por um período de 24 horas, foram realizadas para PTS, MP₁₀ e MP_{2,5} em amostradores de grande volume adequados para cada tamanho de partícula. A análise gravimétrica indicou que as concentrações medidas estão de acordo com os padrões definidos pela legislação. A análise elementar do MP foi realizada pela técnica de EDXRF e indicou que os elementos presentes são, em sua maioria, provenientes da emissão veicular e poeira ressuspensa do solo pela ação dos ventos. A amostragem dos COVs foi realizada pela técnica de microextração por fase sólida (SPME – do inglês *solid phase microextraction*), duas vezes por semana por 12 horas. A análise dos COVs amostrados foi realizada por cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massas (GC / MS - do inglês *gas chromatography mass spectrometry*) em que os compostos foram identificados por comparação com a biblioteca NIST / MS (*Nacional Institute of Standard and Technology / Mass Spectral*) presente no equipamento. A identificação desses compostos indicou uma forte influência das emissões veiculares na composição do ar atmosférico.

Palavras chave: poluição atmosférica, MP, COV.

ABSTRACT

The issue of pollution is not new. The burning of biomass used for heat generation already was beginning to anthropogenic processes of air pollution. The pollutants are in the atmosphere in solid, liquid and gaseous state. The set of solid and liquid particles is called particulate matter (PM), and the other form the set of gaseous pollutants. The MP covers a range of 0.1-100 microns and varies greatly in size composition, emission sources and adverse effects on health. The gaseous compounds are formed mostly of volatile organic compounds (VOCs), which are organic compounds which are gaseous at room temperature. These pollutants can be emitted by natural and anthropogenic sources, among which stand out the combustion processes and soil dust resuspension by wind action. The city of Catalão - GO has grown greatly in recent years, mainly due to the arrival of mining in the city exploring the carbonatite complexes Catalão I and Catalão II. The aim of this study was to monitor the atmospheric air in a region of the city of Catalan through the sampling and analysis of PM and VOCs. Samples MP, which occurred every six days over a period of 24 hours, were carried out for TSP, PM₁₀ and PM_{2.5} in HI-VOL samplers suitable for each particle size. Gravimetric analysis indicated that the measured concentrations are in accordance with the standards set by law. The elementary MP analysis was performed by EDXRF technique and indicated that the elements present are mostly from vehicle emissions and resuspended soil dust by the wind. Sampling was performed by VOCs microextraction technique of solid phase (SPME - solid phase microextraction) twice a week for 12 hours. The analysis of the sampled VOCs was performed by gas chromatography-mass spectrometry (GC / MS - gas chromatography mass spectrometry) in which the compounds were identified by comparison with a NIST library / MS (National Institute of Standards and Technology / Mass Spectral) present in the equipment. The identification of these compounds indicated a strong influence of vehicle emissions in the composition of atmospheric air.

Keywords: air pollution, PM, VOCs

Lista de Abreviaturas

CAR/PDMS	- Carboxeno/Polidimetilsiloxano
CONAMA	- Conselho Nacional do Meio Ambiente
COV	- Compostos Orgânicos Voláteis
EDXRF	- Espectrometria de Fluorescência de raios X por Energia Dispersiva
HI-VOL	- Amostrador de grande volume
IBAMA	- Instituto Brasileiro do Meio Ambiente
IBGE	- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INMET	- Instituto Nacional de Meteorologia
mg	- miligramas
mm	- milímetros
mmHg	- milímetros de mercúrio
MP	- Material Particulado
MP ₁₀	- Material Particulado com diâmetro > 10 µm
MP _{2,5}	- Material Particulado com diâmetro > 2,5 µm
NAAQS	- Padrões Nacionais de Qualidade do Ar Ambiente
nm	- nanômetros
°C	- graus Celsius
OMS	- Organização Mundial da Saúde
Pa	- Pascal
PA	- Poliacrilato
PDMS	- Polidimetilsiloxano
PIAP	- Província Ígnea do Alto Paranaíba
ppm	- partes por milhão
PRONAR	- Programa Nacional de Controle da Poluição do ar
PTS	- Partículas Totais em Suspensão
SISNAMA	- Sistema Nacional do Meio Ambiente
SPE	- Extração por Fase Sólida
SPME	- Microextração por Fase Sólida
USEPA	- Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos
µg/m ³	- microgramas por metro cúbico
µm	- micrômetros
BC	- Black Carbon

Lista de Tabelas

TABELA 1.1 - Padrões nacionais de qualidade do ar	8
TABELA 1.2 - Padrões de qualidade do ar no Estado de Goiás	13
TABELA 1.3 - Padrões de qualidade do ar na cidade de Catalão - GO.....	14
TABELA 1.4 - Padrões de qualidade do ar da União Europeia	15
TABELA 1.5 - Padrões de qualidade do ar nos Estados Unidos	19
TABELA 1.6 - Padrões de qualidade do ar da OMS.....	20
TABELA 1.7 - Técnicas de injeção em cromatografia gasosa de alta resolução.....	27
TABELA 3.1 - Características das fibras de SPME utilizadas nas amostragens	39
TABELA 4.1 - Concentrações do material particulado e dados de direção de ventos e média de chuvas.....	43
TABELA 4.2 - Dados de concentração de MP _{2,5} , contribuição de BC e relação passageiros/ veículos de seis capitais brasileiras	47
TABELA 4.3 - Níveis de atenção, alerta e emergência para PTS e MP ₁₀	49
TABELA 4.4 – Elementos identificados nas amostras de PTS.....	50
TABELA 4.5 – Elementos identificados nas amostras de MP ₁₀	51
TABELA 4.6 – Elementos identificados nas amostras de MP _{2,5}	52
TABELA 4.7 - Elementos identificados nas amostras de rocha das mineradoras em Catalão	54
TABELA 4.8 – Compostos identificados na fibra de PDMS.....	55
TABELA 4.9 – Compostos identificados na fibra de PA	56
TABELA 4.10 – Compostos identificados na fibra de CAR/PDMS	57
TABELA A.1 – Compostos identificados na fibra de PA.....	78
TABELA A.2 – Compostos identificados na fibra de PDMS.....	85
TABELA A.3 – Compostos identificados na fibra de CAR/PDMS.....	87

Lista de Figuras

Figura 1.1 – Esquema geral de um sistema de EDXRF (Adaptado de Wegrzynek, 2004)	22
FIGURA 1.2 – Diagrama dos níveis de energia nos processos de (a) absorção de energia, (b) relaxação não radiativa e (c) fluorescência (Fonte: Adaptado de Skoog <i>et al</i> , 2010).....	23
FIGURA 1.3 - Esquema de cromatógrafo a gás. 1: fonte do gás de arraste; 2: controlador da vazão e regulador de pressão; 3: sistema de injeção da amostra; 4: coluna cromatográfica; 5: sistema de detecção; 6: sistema de registro e tratamento dos dados (Fonte: Adaptado de: COLLINS e BRAGA, 2006).	26
FIGURA 3.1 – Vista aérea da cidade de Catalão: área urbana (a), planta de fertilizantes fosfatados (b), Catalão I (c), e Catalão II (d). (Adaptado de: Google Earth, 2014).	35
FIGURA 3.2 – Esquema de um amostrador de grande volume para partículas totais ...	36
FIGURA 3.3 – Esquema de um amostrador de grande volume para partículas grossas e partículas finas.....	37
FIGURA 3.4 - Esquema de um fibra de SPME. Agulha (a), suporte da fibra (b), fibra de sílica fundida (c), adsorção dos compostos voláteis na fibra (d).....	38
FIGURA 3.5 - Esquema de dessorção de uma fibra SPME no injetor de um cromatógrafo gasoso.....	41
FIGURA 4.1 – Concentração de PTS de 20/08/14 a 12/12/14.....	44
FIGURA 4.2 - Concentrações de MP ₁₀ de 20/08/14 a 12/12/14	45
FIGURA 4.3 - Concentrações de MP _{2,5} de 20/08/14 a 12/12/14	46
FIGURA 4.4 - Mapa do acumulado de chuvas no ano de 2014 no Brasil	47
FIGURA 4.5 – Concentrações de PTS, MP ₁₀ e MP _{2,5} de 20/08/14 a 12/12/14.....	48
FIGURA 4.6 – Chuva acumulada nos dias de amostragem e no dia anterior	48
FIGURA A1: Planilha para cálculo da concentração de PTS	75
FIGURA A2 – Planilha para cálculo da concentração de MP ₁₀	76
FIGURA A3 – Planilha para cálculo da concentração de MP _{2,5}	77

Sumário

CAPÍTULO 1	1
1 - Introdução.....	2
1.1 - Conceituação do Tema	2
1.2 - Material Particulado	2
1.3 - Compostos Orgânicos Voláteis	5
1.4 - Legislação.....	7
1.4.1 - Legislação nacional	7
1.4.1.2 - PROCONVE	9
1.4.1.3 - PCPV – I/M.....	12
1.4.1.4 - Legislação Estadual.....	13
1.4.1.5 - Legislação Municipal	14
1.4.2 - Legislação da União Europeia.....	14
1.4.2.1 - Qualidade do Ar Ambiente	15
1.4.2.2 - Fontes de Emissão Estacionárias	16
1.4.2.3 - Compostos Orgânicos Voláteis	16
1.4.2.4 - Tetos de Emissões Nacionais	17
1.4.2,5 - Transporte e Meio Ambiente.....	17
1.4.3 - Legislação dos Estados Unidos	17
1.4.4 – Padrões da Organização Mundial da Saúde	19
1.5 - Técnicas de Caracterização	20
1.5.1 - Espectrometria de Fluorescência de Raios X.....	21
1.5.2 - Cromatografia Gasosa acoplada a Espectrometria de Massas	24
CAPÍTULO 2	31
2 - Objetivos	32
2.1 - Objetivos Gerais.....	32
2.2 - Objetivos Específicos	32
CAPÍTULO 3	33
3 - Procedimento Experimental	34
3.1 – Características do Local	34
3.2 - Amostragem	35
3.2.1 – Material Particulado (MP).....	35

3.2.2 – Compostos Orgânicos Voláteis (COVs).....	38
3.3 – Análise	39
3.3.1 – Material Particulado	39
3.3.2 – Compostos Orgânicos Voláteis	40
CAPÍTULO 4	42
4 - Resultados e Discussões.....	43
4.1 - Material Particulado	43
4.2 - Compostos Orgânicos Voláteis	55
CAPÍTULO 5	60
5 - Conclusões	61
CAPÍTULO 6	62
6 - REFERÊNCIAS	63
ANEXOS	71
ANEXO I – Planilhas e equações para cálculo das concentrações do material particulado	72
IA- Equações para o cálculo da concentração de PTS	72
IB – Equações para o cálculo da concentração de MP ₁₀ e MP _{2,5}	73
ANEXO II: Lista de compostos identificados nas fibras de PA, PDMS e CAR/PDMS	78

CAPÍTULO 1

1 - Introdução

1.1 - Conceituação do Tema

A questão da poluição não é algo recente. A queima de biomassa utilizada para geração de calor já tinha dado início aos processos antrópicos de poluição atmosférica. As primeiras reclamações do assunto começaram a surgir em Roma, há 2 mil anos. No século XII foram assinadas na Inglaterra as primeiras leis acerca da qualidade do ar que proibiam o uso de carvão com alto teor de enxofre. O agravamento desses problemas causaram episódios críticos de poluição do ar, provocando mortes em massa além das intenações (BRAGA *et al*, 2005).

Manahan (2000) define poluente como uma substância presente em um meio, em concentrações acima do normal, como resultado da atividade humana que tem efeitos prejudiciais ao ambiente ou sobre algo de valor no ambiente. Todo poluente se origina de uma fonte. Após ser lançado no ambiente, ele pode então agir sobre um receptor. Um receptor é qualquer coisa, ou ser vivo, afetado pela ação do poluente, como por exemplo o sistema respiratório humano, espécies aquáticas ou mesmo edificações que sofrem corrosão pela ação da chuva ácida.

Os poluentes encontram-se na atmosfera nos estados sólido, líquido e gasoso. O conjunto das partículas sólidas e líquidas constitui o chamado material particulado (MP), as demais formam o conjunto de poluentes gasosos. Essas partículas poluentes podem ser de origem primária ou secundária. Os poluentes primários são lançados na atmosfera a partir de uma fonte, como chaminés de fábricas, escapamentos de veículos motorizados ou através da suspensão da poeira por ação do vento. Poluentes secundários são formados na atmosfera e surgem a partir de reações químicas entre partículas primárias e constituintes atmosféricos naturais, como oxigênio e água.

1.2 - Material Particulado

De uma forma geral, material particulado pode ser definido como o conjunto de partículas sólidas e líquidas que permanecem em suspensão na atmosfera. O conjunto dessas partículas é conhecido como Partículas Totais em Suspensão (PTS), sendo sua concentração expressa em unidades de massa por unidades de volume, comumente microgramas por metro cúbico ($\mu\text{g}/\text{m}^3$). Tais partículas podem ser de

origem primária ou secundária e abrangem uma ampla faixa de tamanhos. Partículas secundárias podem ter cerca de 1-2 nm de diâmetro, enquanto a poeira mais grossa pode chegar a 100 μm de diâmetro aerodinâmico. Porém essas partículas maiores tendem a serem rapidamente sedimentadas. Assim, na prática, há poucas partículas em suspensão maiores que 20 μm (OMS, 2005).

O material particulado atmosférico pode ser dividido em três frações, de acordo com o tamanho das partículas: partículas grossas ou inaláveis com diâmetro aerodinâmico menor ou igual a 10 μm , partículas finas ou respiráveis com diâmetro aerodinâmico menor ou igual a 2,5 μm , e partículas ultrafinas que possuem diâmetro aerodinâmico menor ou igual a 0,1 μm . Por seu menor tamanho, as partículas finas e ultrafinas oferecem maiores riscos aos seres humanos, por sua capacidade de deposição no trato respiratório humano, além de serem responsáveis pela redução da visibilidade. Outro agravante é que sua composição química é ainda mais variada quando comparada à fração grossa das partículas. As partículas ultrafinas originam-se de diversas fontes e possuem diferentes processos de remoção da atmosfera, propriedades ópticas e composição química, além de atuarem de formas distintas no trato respiratório humano (ROCHA, ROSA e CARDOSO, 2009).

A fração grossa das partículas é formada pela fragmentação de partículas ainda maiores. Em ambientes urbanos, as partículas grossas suspensas podem conter poeira ressuspensa de estradas e atividades industriais, óxidos de elementos da crosta (Si, Al, Ti, Fe), e partículas de origem biológica como grãos de pólen, esporos de fungos e fragmentos de plantas e animais, por exemplo. A fração fina das partículas é formada por gases e gotículas, mas processos de combustão também podem gerar partículas nessa faixa de tamanho. As partículas ultrafinas podem ser produzidas pela condensação de metais ou compostos orgânicos que são vaporizados em processo de combustão a altas temperaturas. São compostas por sulfatos, nitratos, amônia, carbono elementar, compostos orgânicos e metais como Pb, Cd, V, Zn, Cu e Mn (OMS, 2005; POZZA, 2009).

Alguns poluentes, dependendo da fonte de emissão, são encontrados em faixas específicas de tamanho de material particulado. Por exemplo, a poeira do solo e estradas encontram-se na faixa de 1 – 100 μm , já a fumaça oriunda da queima do diesel

compreende diâmetros entre 0,005 – 0,15 μm ; sulfatos e nitratos estão na faixa de 0,1 – 10 μm (WHO, 2005).

As pesquisas atuais tem sido voltadas para a investigação da importância do tamanho e composição química das partículas como possíveis agentes causadores de doenças cardiorrespiratórias. Nesse sentido, o foco está se voltando para as partículas com diâmetro menores que 2,5 μm e 1 μm , devido a sua capacidade de penetrar mais profundamente nos pulmões quando comparadas as partículas maiores (KJELLSTROM, NELLER e SIMPSON, 2002).

Essas partículas podem ser lançadas na atmosfera por fontes naturais ou antropogênicas. Dentre as fontes naturais destacam-se a poeira dos solos, sal marinho, incêndios florestais e emissões vulcânicas. As emissões do solo incluem a poeira ressuspensa por ação dos ventos e fragmentação natural de rochas. As fontes antropogênicas podem ser por emissões diretas, que incluem chaminés de indústrias e escapamentos de veículos e conversão gás-partícula. A maior parte do material particulado a partir da poeira do solo, emissões vulcânicas e emissões diretas caem perto da fonte de emissão. As demais fontes produzem partículas finas que permanecem suspensas na atmosfera e podem alcançar distâncias globais (HINDS, 1999).

A composição do material particulado pode variar de acordo com o local de amostragem. Em locais com intenso tráfego de veículos podem ser encontrados os elementos Cu, Fe, Zn, S e P (VALLIUS *et al*, 2005). Locais onde a maior contribuição para o material particulado é de emissões do solo são comuns os elementos Fe, Al, Si e K (MACHADO, 2012). Em áreas que recebem a influência de atividades relacionadas a mineração podem ser encontrados elementos como Cr, Cu, Co, Ni, Ag, V, Ba, Cd, Se, dentre outros (KLUKANOVÁ e RAPANT, 1999). Além destes é comum encontrar elementos terras raras em áreas de mineração. Os elementos terras raras recebem esse nome devido a distribuição “espalhada” na crosta terrestre e pela dificuldade nos processos de refinamento, e não por serem raros. Incluem os elementos da tabela periódica da série dos lantanídeos (do La ao Lu) e ainda Sc e Y (LIANG, LI, WANG, 2014).

1.3 - Compostos Orgânicos Voláteis

Compostos orgânicos voláteis – COV, é o nome dado a substâncias que possuem carbono e evaporam a temperatura ambiente. Pertencem a classe de poluentes atmosféricos no estado gasoso. Podem ser encontrados na atmosfera em áreas urbanas e rurais, em ambientes internos e externos e variam grandemente em polaridade, volatilidade e concentração (SOUSA, 2002).

Apesar de não haver um acordo sobre a definição de COVs, o termo é frequentemente usado para se referir a solventes orgânicos. Nos Estados Unidos, por exemplo, COVs são todos os compostos orgânicos que contribuem para a formação do ozônio fotoquímico. Muitas definições gerais são baseadas nas propriedades físico-químicas dos compostos, como estrutura química, ponto de ebulição e pressão de vapor (DEWULF e VAN LAGENHOVE, 2002).

Williams e Koppmann (2007) definem os COVs como sendo aqueles compostos orgânicos que tem pressão de vapor maior que 10 Pa a 25°C, ponto de ebulição acima de 260°C à pressão atmosférica e 15 ou menos átomos de carbono. Os demais compostos são designados como compostos orgânicos semi-voláteis (COSVs) .

Rigorosamente falando, o termo COV refere-se aos compostos orgânicos presentes na atmosfera como gases mesmo que em condições normais de temperatura e pressão sejam encontrados nos estados sólido ou líquido. Sendo assim, estes compostos possuem, a 20 °C, pressão de vapor compreendida entre 1 e 700 mmHg. Mas de uma forma geral pode-se considerar como COV quaisquer compostos orgânicos presentes na atmosfera excluindo o carbono elementar, o monóxido de carbono e o dióxido de carbono (SOUSA, 2002).

Os COVs são amplamente utilizados em produtos domésticos e comerciais. São encontrados em produtos de limpeza, desinfetantes, ceras, colas, cosméticos, produtos de limpeza a seco, tintas e vernizes. A gasolina, querosene e outros combustíveis também contêm compostos orgânicos voláteis. São também encontrados na fumaça do cigarro e pesticidas.

Por ser muito abrangente, o termo COV possui algumas variações, como é o caso dos COVs biogênicos, COVs biogênicos oxigenados, COVs de enxofre, COVs

antropogênicos e outros COVs. Todas essas classes podem ser reunidas em duas maiores: COVs biogênicos e COVs antropogênicos.

Estes compostos podem ser lançados na atmosfera por fontes naturais e antrópicas. Dentre as fontes naturais destacam-se as erupções vulcânicas e a atividade metabólica de algumas espécies vegetais. Como fontes antrópicas podem ser destacadas a exaustão de veículos, o uso de solventes, emissões fugitivas e descargas em processos industriais, refino de óleo, armazenagem e distribuição de petróleo e gás natural, aterros de resíduos, agricultura, entre outras (SOUSA, 2002).

A exposição a esses compostos pode gerar efeitos a saúde agudos e crônicos. Pessoas com asma e problemas respiratórios são mais suscetíveis a apresentarem agravamento de suas doenças quando expostas a baixas concentrações de COVs. A exposição pode também levar a irritações nos olhos e trato respiratório, além de reações de sensibilização envolvendo os olhos, pele e pulmões. Em altas concentrações os COVs são narcóticos e podem atingir o sistema nervoso central e em concentrações extremas alguns COVs podem comprometer funções neurocomportamentais. O tolueno, por exemplo, em concentrações acima de $188 \mu\text{g}/\text{m}^3$ causa sintomas de letargia, vertigens e confusão, podendo progredir para um estado de coma, convulsões e possivelmente morte em níveis maiores que $35000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (JONES, 1999).

Todas as áreas de pesquisa que lidam com os COVs tem obtido êxito nas análises por cromatografia gasosa. A análise de COVs em matriz sólida, líquida ou gasosa geralmente se inicia com uma fase de pré-concentração, como a utilização de sólidos adsorventes, pré-concentração criogênica, dispositivos com membranas, extração por solvente, *headspace* estático e dinâmico, microextração por fase sólida (SPME, do inglês *solid phase micro-extraction*), e técnicas de destilação e sublimação. É importante ressaltar que as técnicas de pré-concentração levam em conta as características de polaridade dos analitos alvo, especialmente técnicas que utilizam sólidos adsorventes (DEWULF e VAN LAGENHOVE, 2002).

1.4 - Legislação

1.4.1 - Legislação nacional

Além da Constituição da República Federativa do Brasil, a estrutura hierárquica da legislação brasileira é constituída por Leis, Decretos-Leis, Decretos, Resoluções e Portarias. A questão ambiental passou a ser legislada a partir de 1981 com a Lei nº 6.938/81 de 31 de agosto de 1981, que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e constitui a criação do Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA).

O SISNAMA é formado por órgãos de diferentes níveis da administração pública responsáveis pela proteção, melhoria e recuperação da qualidade ambiental no Brasil. Um dos órgãos que constituem o SISNAMA é o Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, que é um órgão consultivo e deliberativo com a finalidade de assessorar, estudar e propor ao Conselho de Governo, diretrizes de políticas governamentais para o meio ambiente e recursos naturais e deliberar o âmbito de sua competência, sobre normas e padrões compatíveis com o meio ambiente ecologicamente equilibrado e essencial à sadia qualidade de vida. O órgão executor pertencente ao SISNAMA é o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) e tem a finalidade de executar e fazer executar, como órgão federal, a política e diretrizes governamentais fixadas para o meio ambiente.

A Resolução CONAMA nº 05, de 15 de junho de 1989 instituiu o Programa Nacional de Qualidade do Ar – PRONAR que limita os níveis de emissão de poluentes por fontes de poluição atmosférica. Esses limites são também estabelecidos por resoluções do CONAMA.

Dentre elas, uma de especial interesse no que respeita ao monitoramento da poluição atmosférica, está a Resolução CONAMA nº 03/90 de 28/06/1989 que dispõe sobre padrões de qualidade do ar previstos no PRONAR pela instituição de padrões primários e secundários de concentrações de alguns poluentes. Estabelece também os métodos de amostragem para cada um destes poluentes, além das concentrações acima das quais se consideram níveis de atenção, alerta e emergência em episódios críticos de poluição do ar. Os padrões de qualidade do ar descritos nesta resolução são mostrados na Tabela 1.1:

TABELA 1.1 - Padrões nacionais de qualidade do ar

POLUENTE	TEMPO DE AMOSTRAGEM	PADRÃO PRIMÁRIO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	PADRÃO SECUNDÁRIO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Partículas Totais em Suspensão (PTS)	24 horas ⁽¹⁾	240	150
	MGA ⁽²⁾	80	60
Dióxido de Enxofre	24 horas	365	100
	MAA	80	40
Monóxido de Carbono (CO)	1 hora ⁽¹⁾	40000 (35 ppm)	40000 (35 ppm)
	8 horas	10.000 (9 ppm)	10.000 (9 ppm)
Ozônio (O₃)	1 hora ⁽¹⁾	160	160
Fumaça	24 horas ⁽¹⁾	150	100
	MAA ⁽³⁾	60	40
Partículas Inaláveis (MP₁₀)	24 horas ⁽¹⁾	150	150
	MAA ⁽³⁾	50	50
Dióxido de Nitrogênio (NO₂)	1 hora ⁽¹⁾	320	190
	MAA ⁽³⁾	100	100

(1) – Não deve ser excedido mais que uma vez ao ano; (2) – Média geométrica anual; (3)- Média aritmética anual
(Fonte: Brasil, 1990)

O Ministério do Meio Ambiente, em parceria com o Conselho Nacional do Meio Ambiente publicou no ano de 2012 um guia com todas as resoluções do CONAMA vigentes publicadas entre setembro de 1984 e janeiro de 2012 (BRASIL, 2012). No que respeita ao controle da poluição sonora e do ar as resoluções foram reunidas de acordo com os planos e programas através dos quais foram instituídas que são: Programa Nacional de Controle da Qualidade do Ar - PRONAR, Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores – PROCONVE/PROMOT, Plano de Controle da Poluição por Veículos em Uso – PCPV e Programa de Inspeção e Manutenção de Veículos em Uso – I/M.

1.4.1.1 - PRONAR

O Programa Nacional de Controle da Poluição do Ar – PRONAR, foi criado pela Resolução CONAMA nº 5, de 15 de junho de 1989 com o objetivo de

permitir o desenvolvimento econômico e social do país de forma ambientalmente segura pela limitação dos níveis de poluentes por fontes de poluição atmosférica visando a melhoria da qualidade do ar pelo atendimento aos padrões estabelecidos e não comprometendo a qualidade do ar em áreas consideradas não degradadas. As resoluções criadas a partir do PRONAR estão resumidas abaixo.

- Resolução CONAMA nº 05, de 05 de junho de 1989: complementada pelas Resoluções CONAMA nº 03 e 08/90, institui o Programa Nacional de Controle da Qualidade do Ar – PRONAR, como um dos instrumentos básicos da gestão ambiental para proteção da saúde e bem-estar das populações e melhoria da qualidade de vida.
- Resolução CONAMA nº 03, de 28 de junho de 1990: dispõe sobre padrões de qualidade do ar previstos no PRONAR.
- Resolução CONAMA nº 08, de 06 de dezembro de 1990: dispõe sobre o estabelecimento de limites máximos de emissão de poluentes no ar para processos de combustão externa de fontes fixas de poluição.
- Resolução CONAMA nº 382, de 26 de dezembro de 2006: estabelece os limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos para fontes fixas.
- Resolução CONAMA nº 436, de 22 de dezembro de 2011: estabelece os limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos para fontes fixas instaladas ou com pedido de licença de instalação anteriores a 02 de janeiro de 2007.

1.4.1.2 - PROCONVE

O Programa de Controle de Poluição do Ar por Veículos Automotores – PROCONVE, foi criado pela Resolução CONAMA nº 18, de 6 de maio de 1986 que visa principalmente reduzir os níveis de emissão de poluentes por veículos automotores de forma a atender aos Padrões de Qualidade do Ar, especialmente nos centros urbanos. As resoluções criadas a partir do PROCONVE estão listadas abaixo:

- Resolução CONAMA nº 18, de 6 de maio de 1986: dispõe sobre a criação do Programa de Controle da Poluição do Ar por veículos Automotores – PROCONVE.

- Resolução CONAMA nº 8, de 31 de agosto de 1993: complementa a Resolução nº 18/86, que institui, em caráter nacional, o Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores – PROCONVE, estabelecendo limites máximos de emissão de poluentes para os motores destinados a veículos novos, nacionais e importados.
- Resolução CONAMA nº 14, de 13 de dezembro de 1995: estabelece prazo para os fabricantes de veículos automotores leve de passageiros equipados com motor de ciclo Otto apresentarem ao IBAMA um programa trienal para a execução de ensaios de durabilidade por agrupamento de motores.
- Resolução CONAMA nº 15, de 13 de dezembro de 1995: dispõe sobre a nova classificação dos veículos automotores para o controle da emissão veicular de gases, material particulado e evaporativo, e dá outras providências.
- Resolução CONAMA nº 16, de 13 de dezembro de 1995: dispõe sobre os limites máximos de emissão de poluentes para os motores destinados a veículos pesados novos, nacionais e importados, e determina a homologação e certificação de veículos novos do ciclo Diesel quanto ao índice de fumaça em aceleração livre.
- Resolução CONAMA nº 226, de 20 de agosto de 1997: estabelece limites máximos de emissão de fuligem de veículos automotores, as especificações para óleo diesel comercial e o cronograma de implantação do cronograma de Melhoria do Óleo Diesel.
- Resolução CONAMA nº 241, de 30 de junho de 1998: dispõe sobre os prazos para o cumprimento de exigências relativas ao PROCONVE para os veículos importados.
- Resolução CONAMA nº 282, de 12 de julho de 2001: estabelece os requisitos para os conversores catalíticos destinados à reposição, e dá outras providências.
- Resolução CONAMA nº 291, de 25 de outubro de 2001: regulamenta os conjuntos para conversão de veículos para o uso do gás natural e dá outras providências.
- Resolução CONAMA nº 297, de 26 de fevereiro de 2002: estabelece os limites para emissões de gases poluentes por ciclomotores, motocicletas e veículos similares novos.

- Resolução CONAMA nº 299, de 25 de outubro de 2001: estabelece procedimentos para elaboração de relatório de valores para o controle das emissões dos veículos novos produzidos e/ou importados.
- Resolução CONAMA nº 315, de 29 de outubro de 2002: dispõe sobre a nova etapa do Programa de Controle de Emissões veiculares – PROCONVE.
- Resolução CONAMA nº 321, de 29 de janeiro de 2003: dispõe sobre alteração da Resolução CONAMA nº 226, de 20 de agosto de 1997, que trata sobre especificações do óleo diesel comercial, bem como das regiões de distribuição.
- Resolução CONAMA nº 342, de 25 de setembro de 2003: estabelece novos limites para emissões de gases poluentes por ciclomotores, motocicletas e veículos similares novos, em observância à Resolução nº 297, de 26 de fevereiro de 2002, e dá outras providências.
- Resolução CONAMA nº 354, de 13 de dezembro de 2004: dispõe sobre os requisitos para adoção de sistemas de diagnóstico de bordo – OBD nos veículos automotores leves objetivando preservar a funcionalidade dos sistemas de controle de emissão.
- Resolução CONAMA nº 373, de 9 de maio de 2006: define critérios de seleção de áreas para recebimento do óleo diesel com o menor teor de enxofre – DMTE, e dá outras providências.
- Resolução CONAMA nº 403, de 11 de novembro de 2008: dispõe sobre a nova fase de exigência do Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores – PROCONVE para veículos pesados novos (Fase P-7) e dá outras providências.
- Resolução CONAMA nº 414, de 24 de setembro de 2009: altera a resolução do Conama nº 18, de 06 de maio de 1986, e reestrutura a Comissão de Acompanhamento e Avaliação do PROCONVE – CAP, em seus objetivos, competência, composição e funcionamento.
- Resolução nº 415, de 24 de setembro de 2009: dispõe sobre nova fase (PROCONVE L6) de exigências do Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores –PROCONVE para veículos automotores leves novos de uso rodoviário e dá outras providências.

- Resolução CONAMA nº 432, de 13 de julho de 2011: estabelece novas fases de controle de emissões de gases poluentes por ciclomotores, motocicletas e veículos similares novos, e dá outras providências.
- Resolução CONAMA nº 433, de 13 de julho de 2011: dispõe sobre a inclusão no Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores – PROCONVE e estabelece limites máximos de emissão de ruídos para máquinas agrícolas e rodoviárias novas.

1.4.1.3 - PCPV – I/M

O Plano de Controle de Poluição por Veículos em Uso – PCPV e Programa de Inspeção e Manutenção de Veículos em Uso – I/M foi criado pela Resolução CONAMA nº 418, de 25 de novembro de 2009. O PCPV objetiva estabelecer regras de gestão e o controle da emissão de poluentes e do consumo de combustíveis de veículos. O Programa de Inspeção e Manutenção de Veículos em uso – I/M tem o objetivo de identificar desconformidades de veículos em uso, tendo como referências as especificações originais dos fabricantes dos veículos, as exigências da regulamentação do PROCONVE e as falhas de manutenção e alterações do projeto original que causem aumento na emissão de poluentes. As resoluções criadas a partir destes programas são as seguintes:

- Resolução CONAMA nº 418, de 25 de novembro de 2009: dispõe sobre critérios para elaboração de Planos de Controle de Poluição Veicular – PCPV e para implantação de Programas de Inspeção e Manutenção de Veículos em Uso – I/M pelos órgãos estaduais e municipais de meio ambiente e determina novos limites de emissão e procedimentos para avaliação do estado de manutenção de veículos em uso.
- Resolução CONAMA nº 426, de 14 de dezembro de 2010: altera o art. 5º e o art. 12 da Resolução CONAMA nº 418, de 2009, estabelecendo novos prazos para o Plano de Controle da Poluição Veicular e o Programa de Inspeção e Manutenção de Veículos em Uso.
- Resolução CONAMA nº 435, de 16 de dezembro de 2011: altera a redação do art. 20 e do art. 33 da Resolução nº 418, de 25 de novembro de 2010, alterada pela Resolução nº 426, de 14 de dezembro de 2010, e regulamenta a entrada em

vigor nos estados e municípios dos programas de inspeção e manutenção dos motocicletos e veículos similares com motor do ciclo de Otto de 4 tempos.

Além destas, o livro do CONAMA conta ainda com um tópico que apresenta as resoluções voltadas à Poluição Sonora e do Ar. São elas:

- Resolução CONAMA nº 230, de 22 de agosto de 1997: dispõe sobre a proibição do uso de equipamentos que possam reduzir, nos veículos automotores, a eficácia do controle de emissão de ruídos e de poluentes atmosféricos.
- Resolução CONAMA nº 242, de 30 de junho de 1998: dispõe sobre limites de emissão de material particulado por veículo leve comercial e limite máximo de ruído emitido por veículos com características especiais para uso fora de estradas.

1.4.1.4 - Legislação Estadual

No Estado de Goiás a Lei nº 8.544, de 17 de outubro de 1978, dispõe sobre o controle da poluição do meio ambiente e institui o sistema de prevenção e controle da poluição do meio ambiente. Esta lei é regulamentada pelo Decreto nº 1.745, de 06 de dezembro de 1979, que foi ainda alterado pelo Decreto nº 5.871, de 03 de dezembro de 2003. Os padrões de qualidade do ar estabelecidos para todo o Estado de Goiás são apresentados na Tabela 1.2:

TABELA 1.2 - Padrões de qualidade do ar no Estado de Goiás

POLUENTE	TEMPO DE AMOSTRAGEM	CONCENTRAÇÃO
Partículas Totais em Suspensão (PTS)	24 h	120 µg/m ³
	MGA*	40 µg/m ³
Óxido de enxofre (SO)	24 h	200 µg/m ³
	MGA	60 µg/m ³
Monóxido de Carbono (CO)	8 h	10 mg/m ³
	1 h	40 mg/m ³
Oxidantes fotoquímicos	8 h	60 µg/m ³
	1 h	120 µg/m ³

*MGA: média geométrica anual

A referida lei determina ainda a proibição da emissão de substâncias odoríferas na atmosfera em quantidades que possam ser perceptíveis fora dos limites da área de propriedade da fonte emissora. Ao todo são listadas cinquenta e cinco substâncias e seus valores máximos permitidos de LPO (Limite de Percepção do Odor). Apesar de algumas dessas substâncias serem compostos orgânicos voláteis a legislação não os considera como tal e, portanto, um monitoramento baseado apenas nas considerações da lei seria inviável.

1.4.1.5 - Legislação Municipal

Na cidade de Catalão-GO os padrões de qualidade do ar são regidos pela Lei nº 2.214, de 05 de agosto de 2004, também chamada de Lei Ambiental. Além da poluição atmosférica a referida lei discorre também acerca das poluições sonora, hídrica, do solo e em vias e logradouros públicos. São estabelecidos os padrões de qualidade do ar de acordo com a Tabela 1.3:

TABELA 1.3 - Padrões de qualidade do ar na cidade de Catalão - GO

POLUENTE	TEMPO DE AMOSTRAGEM	CONCENTRAÇÃO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Partículas Totais em Suspensão (PTS)	24 h	240
	MGA*	80
Dióxido de enxofre (SO₂)	24 h	365
	MAA**	80
Monóxido de Carbono (CO)	1 h	40.000
	8 h	10.000
Oxidantes fotoquímicos	1 h	160

*MGA: média geométrica anual

**MAA: média aritmética anual

1.4.2 - Legislação da União Europeia

A legislação para poluição atmosférica em vigor em todos os Estados Membros da União Europeia está disponível no *site* da Comissão Europeia. Os padrões de qualidade do ar determinados pela legislação em vigor são apresentados na Tabela 1.4.

TABELA 1.4 - Padrões de qualidade do ar da União Europeia

POLUENTE	TEMPO DE AMOSTRAGEM	CONCENTRAÇÃO
Partículas Finas (MP_{2,5})	1 ano	25 µg/m ³
Dióxido de Enxofre (SO₂)	1 hora	350 µg/m ³
	24 horas	125 µg/m ³
Dióxido de Nitrogênio (NO₂)	1 hora	200 µg/m ³
	1 ano	40 µg/m ³
Partículas Inaláveis (MP₁₀)	24 horas	50 µg/m ³
	1 ano	40 µg/m ³
Chumbo (Pb)	1 ano	0,5 µg/m ³
Monóxido de Carbono (CO)	8 horas	10 mg/m ³
Benzeno	1 ano	5 µg/m ³
Ozônio (O₃)	8 horas	120 µg/m ³
Arsênio (As)	1 ano	6 ng/m ³
Cádmio (Cd)	1 ano	5 ng/m ³
Níquel (Ni)	1 ano	20 ng/m ³
Hidrocarbonetos Aromáticos Policíclicos	1 ano	1 ng/m ³ (expresso como uma concentração de benzo(a)pireno)

Fonte: European Commission – Air Quality Standards

A legislação da União Europeia está dividida em cinco tópicos: Qualidade do Ar Ambiente, Fontes de Emissão Estacionárias, Compostos Orgânicos Voláteis, Teto de Emissões Nacionais e Transporte e Ambiente. Um resumo de cada uma das leis é listado abaixo.

1.4.2.1 - Qualidade do Ar Ambiente

- Diretiva 2008/50/CE: dispõe da qualidade do ar ambiente e do ar mais limpo para a Europa.
- Diretiva 1999/30/CE: relativa aos valores limites para dióxido de enxofre, dióxido de nitrogênio e óxidos de nitrogênio, material particulado e chumbo no ar ambiente.
- Diretiva 96/92/CE: dispõe da avaliação e gestão do ar ambiente.

- Diretiva 2000/69/CE: relativa aos valores limites para benzeno e monóxido de carbono no ar ambiente.
- Diretiva 2002/3/CE: relativa ao ozônio no ar ambiente.
- Diretiva 2004/107/CE: relativa a presença de arsênio, cádmio, mercúrio, níquel e hidrocarbonetos aromáticos policíclicos no ar ambiente.
- Decisão do Conselho 97/101/CE: estabelece uma troca recíproca de informações e dados a partir das medidas de rede e estações individuais da poluição atmosférica nos Estados Membros.
- Decisão da Comissão 2004/224/CE: estabelece a obrigação dos Estados Membros a apresentar dentro de dois anos os chamados Planos e Programas para zonas de qualidade do ar, onde certos limiares de avaliação fixados nas diretivas são excedidos.
- Diretiva do Conselho 80/779/CEE: dos valores limites da qualidade do ar e guia de valores para dióxido de enxofre e partículas suspensas.
- Diretiva do Conselho 85/203/CEE: dos padrões de qualidade do ar para dióxido de nitrogênio

1.4.2.2 - Fontes de Emissão Estacionárias

- Diretiva do Conselho 2008/1/CE: da prevenção e controle da poluição.
- Diretiva 2001/80/CE: da limitação de emissões de certos poluentes no ar a partir da combustão em grandes instalações.
- Diretiva 2000/76/CE: relativa a incineração de resíduos.

1.4.2.3 - Compostos Orgânicos Voláteis

- Diretiva 94/63/CEE: relativa ao controle das emissões de compostos orgânicos voláteis (COV) resultantes do armazenamento de gasolinas e da sua distribuição dos terminais para as estações de serviço.
- Diretiva do Conselho 1999/13/CE: relativa a limitação de emissões de compostos orgânicos voláteis devido ao uso de solventes orgânicos em certas atividades e instalações.

- Diretiva 2012/33/UE: que altera a Diretiva 1999/32/CE quanto ao teor de enxofre em combustíveis marinhos.
- Diretiva 1999/32/CE: da redução do teor de enxofre em certos combustíveis líquidos.

1.4.2.4 - Tetos de Emissões Nacionais

- Diretiva 2001/33/EU: do teto de emissões nacionais para certos poluentes atmosféricos.

1.4.2.5 - Transporte e Meio Ambiente

- Diretiva 98/70/CE: relativa a qualidade da gasolina e do combustível para motores diesel

1.4.3 - Legislação dos Estados Unidos

A Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos, USEPA (do inglês *United States Environmental Protection Agency*) é o principal órgão ambiental dos Estados Unidos e foi criada para atender as exigências do *Clean Air Act*, a primeira lei ambiental moderna dos Estados Unidos. Dentre outras funções a USEPA é responsável por definir limites a certos poluentes atmosféricos em todo o território estadunidense.

Criado em 1970 e alterado pela última vez em 1990, o *Clean Air Act* é a lei federal mais abrangente que regula emissões atmosféricas a partir de fontes móveis e estacionárias. Entre outras coisas, esta lei autoriza a EPA a estabelecer Padrões Nacionais de Qualidade do Ar (do inglês *National Ambient Air Quality Standards* – NAAQS) para proteger a saúde e bem-estar público e regular emissões de poluentes atmosféricos perigosos.

De acordo com o *Clean Air Act*, a USEPA define limites a certos poluentes atmosféricos em todo território estadunidense. O *Clean Air Act* também dá a EPA autoridade para limitar as emissões de poluentes atmosféricos provenientes de

fontes estacionárias de poluição. Mesmo que cada estado tenha suas próprias leis os limites de poluição não podem ser menores que os fixados pela EPA.

A estrutura do *Clean Air Act* possui a seguinte configuração:

- Título I: Prevenção e Controle da Poluição do Ar
 - Parte A: Qualidade do Ar e Limitações de Emissão
 - Parte B: Proteção do Ozônio (substituída)
 - Parte C: Prevenção da Deterioração Significativa da Qualidade do Ar
 - Parte D: Pedidos de Projeto para Áreas Não-Atingidas
- Título II: Padrões Nacionais de Emissão
 - Parte A: Padrões de Emissão Para Automóveis
 - Parte B: Padrões de Emissão para Aeronaves
 - Parte C: Veículos de Combustível Limpo
- Título III: Geral
- Título IV: Poluição Sonora
- Título V: Controle da Deposição Ácida
- Título VI: Autorizações
- Título VI: Proteção da Camada de Ozônio

O *Clean Air Act* estabeleceu dois tipos de padrões nacionais de qualidade do ar, os padrões primário e secundário. O padrão primário define limites para proteger a saúde pública, incluindo as populações “sensíveis” como asmáticos, crianças e idosos. O padrão secundário define limites para proteger o bem estar público, incluindo a diminuição da visibilidade e danos aos animais, plantações, vegetações e edifícios (USEPA, 2015). Com base nisso, a EPA estabeleceu padrões de qualidade do ar para seis poluentes principais (Tabela 1.5).

TABELA 1.5 - Padrões de qualidade do ar nos Estados Unidos

POLUENTE	TEMPO DE AMOSTRAGEM	PADRÃO PRIMÁRIO	PADRÃO SECUNDÁRIO
Monóxido de Carbono (CO)	8 horas	9 ppm	--
	1 hora	35 ppm	--
Chumbo (Pb)	Média trimestral	1,5 µg/m ³	0,15 µg/m ³
Dióxido de Nitrogênio (NO₂)	MAA ⁽¹⁾	0,053 ppm	0,053 ppm
Ozônio (O₃)	8 horas	0,075 ppm	0,075 ppm
Partículas < 2,5 µm (MP_{2,5})	24 horas	35 µg/m ³	35 µg/m ³
	MAA ⁽¹⁾	15 µg/m ³	15 µg/m ³
Partículas < 10 µm (MP₁₀)	24 horas	150 µg/m ³	150 µg/m ³
	MAA ⁽¹⁾	50 µg/m ³	50 µg/m ³
Dióxido de Enxofre (SO₂)	3 horas	--	0,50 ppm
	MAA ⁽¹⁾	0,3 ppm	--

(1) – Média aritmética anual

(Fonte: www.epa.gov/air/criteria.html)

1.4.4 – Padrões da Organização Mundial da Saúde

Diante dos visíveis efeitos adversos da poluição do ar a saúde da população, a Organização Mundial da Saúde publica, desde 1987, um Guia da Qualidade do Ar que oferece suporte as autoridades do mundo todo no que respeita a políticas de redução da poluição atmosférica e, conseqüentemente, a redução de seus efeitos adversos a saúde.

A primeira edição deste guia, publicada em 1987, quando os efeitos da poluição sobre a saúde pública e as pesquisas sobre o assunto já haviam aumentado bastante. A segunda edição trazia informações sobre os perigos a saúde causados por 28 poluentes mais comuns. Esta mesma edição passou por revisões, que foram publicadas no ano 2000, e a mais recente no ano de 2005.

Assim, o Guia da Qualidade do Ar para material particulado, ozônio, dióxido de nitrogênio e dióxido de enxofre publicado pela Organização Mundial da Saúde no ano de 2005 está dividido em 13 capítulos.

Os capítulos de 1 a 9 trazem as principais questões relacionadas a aplicação deste guia para a avaliação de riscos e desenvolvimento de políticas acerca da

qualidade do ar, além de revisar os principais conceitos sobre o assunto. Os capítulos 10-13 são revisões dos efeitos a saúde causados pelos principais poluentes: material particulado, ozônio, dióxido de nitrogênio e dióxido de enxofre. Os padrões de qualidade do ar para estes poluentes são apresentados na Tabela 1.6.

TABELA 1.6 - Padrões de qualidade do ar da OMS

POLUENTE	TEMPO DE AMOSTRAGEM	CONCENTRAÇÃO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
MP₁₀ (Partículas < 10 μm)	24 h	50
MP_{2,5} (Partículas < 2,5 μm)	24 h	25
O₃ (Ozônio)	8 h	100
NO₂ (Dióxido de nitrogênio)	1 h	200
SO₂ (Dióxido de enxofre)	24 h	20

Fonte: OMS, 2005

1.5 - Técnicas de Caracterização

A variedade das fontes móveis e fixas de poluição do ar por material particulado e gases trouxe a necessidade de se realizar análises da composição destes poluentes.

Uma técnica bastante utilizada para análise de material particulado é a espectrometria de emissão atômica por plasma indutivamente acoplado (ICP-AES), porém apresenta a desvantagem de requerer um preparo de amostras bastante delicado (MAGALHÃES, 2005). Dada a complexidade das amostras de material particulado, algumas vezes torna-se necessário utilizar mais de uma técnica de caracterização, como, por exemplo, espectrometria de absorção atômica, espectrometria de emissão atômica e cromatografia de íons (SOUZA, *et al*, 2010).

Mesmo com técnicas apropriadas disponíveis, tem se tornado comum o uso de técnicas nucleares como a espectrometria de fluorescência de raios X, emissão de raios X induzida por partículas e análise por ativação neutrônica. Dentre as vantagens apresentadas por estas técnicas em relação a outras estão a eliminação da necessidade de ataque químico as amostras e baixa quantidade de amostra requerida, além da

sensibilidade, precisão e exatidão das medidas (QUEIROZ, JACOMINO, MENEZES, 2007). Alguns trabalhos tem utilizado estas técnicas, em especial a espectrometria de fluorescência de raios X, com êxito (LOPES, 2003; POZZA, 2005; SARKAR, *et al*, 2010; STOYANOVA, *et al*, 2010; MACHADO, 2012).

Os compostos orgânicos voláteis tem sido analisados basicamente por cromatografia gasosa. Por se encontrarem em concentrações muito baixas no ar, esses compostos requerem a utilização de técnicas e pré-concentração. Essas técnicas variam de acordo com as características dos compostos que se deseja amostrar, mas tem sido utilizadas principalmente técnicas de amostragem do ar total e adsorção em sólidos adsorventes na forma de pó (SOUSA, 2002) ou fibras (MESTRES, BUSTO, GUASCH, 1998; KOTOWSKA, ZALIKOWISKI, ISIDOROV, 2012).

Neste trabalho foram utilizadas as técnicas de espectrometria de fluorescência de raios X para análise elementar do material particulado, e cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massas para análise dos compostos orgânicos voláteis.

1.5.1 - Espectrometria de Fluorescência de Raios X

A espectroscopia de raios X teve início quando, por volta de 1909, Charles G. Barkla percebeu que havia uma ligação entre a emissão de raios X de uma amostra e seu peso atômico. Pelo uso e desenvolvimento da técnica, metade dos Prêmios Nobel em física de 1914 a 1924 foram concedidos as pesquisas realizadas nesta área (SHACKLEY, 2011).

A princípio a fluorescência de raios X era usada somente por dispersão por comprimento de onda (WDXRF, do inglês *Wavelength Dispersive X-ray Fluorescence*), mas o desenvolvimento de semicondutores capazes de discriminar energias próximas possibilitou o surgimento da fluorescência de raios X por dispersão de energia (EDXRF, do inglês *Energy Dispersive X-ray Fluorescence*). (NASCIMENTO FILHO, 1999).

Atualmente é bastante usada por ser uma técnica que combina vantagens práticas e econômicas, dentre elas está o fato de ser uma técnica não-destrutiva, rápida, de fácil manuseio e por não exigir pré-tratamento das amostras.

Um equipamento comum de EDXRF é formado por: tubo de raios X que irradia a amostra, um detector que converte a energia dos fótons em pulsos elétricos, um amplificador que se faz necessário porque os pulsos produzidos pelos detectores são muito pequenos para fins de processamento e todo esse sistema é ligado a um sistema de registro e tratamento de dados que converte os pulsos elétricos em gráficos. Um esquema desse equipamento é mostrado na Figura 1.1.

O princípio da técnica baseia-se na ejeção de elétrons em um átomo. Os elétrons em um átomo ou molécula podem existir no estado fundamental ou excitado. O estado excitado é alcançado quando um elétron em um átomo ou molécula é promovido de um estado fundamental E_0 a um nível energético mais alto ($E_1, E_2 \dots E_n$). Esta promoção ocorre pela irradiação de um feixe que pode ter comprimentos de onda (λ) variando da região do infravermelho aos raios X (Figura 1.2-a). O excesso de energia pode ser liberado por vários mecanismos, dentre eles os mais importantes são os de relaxação não-radiativa (Figura 1.2-b) e emissão fluorescente (Figura 1.2-c). Os processos de relaxação não-radiativa incluem ainda dois outros mecanismos, relaxação vibracional e conversão interna.

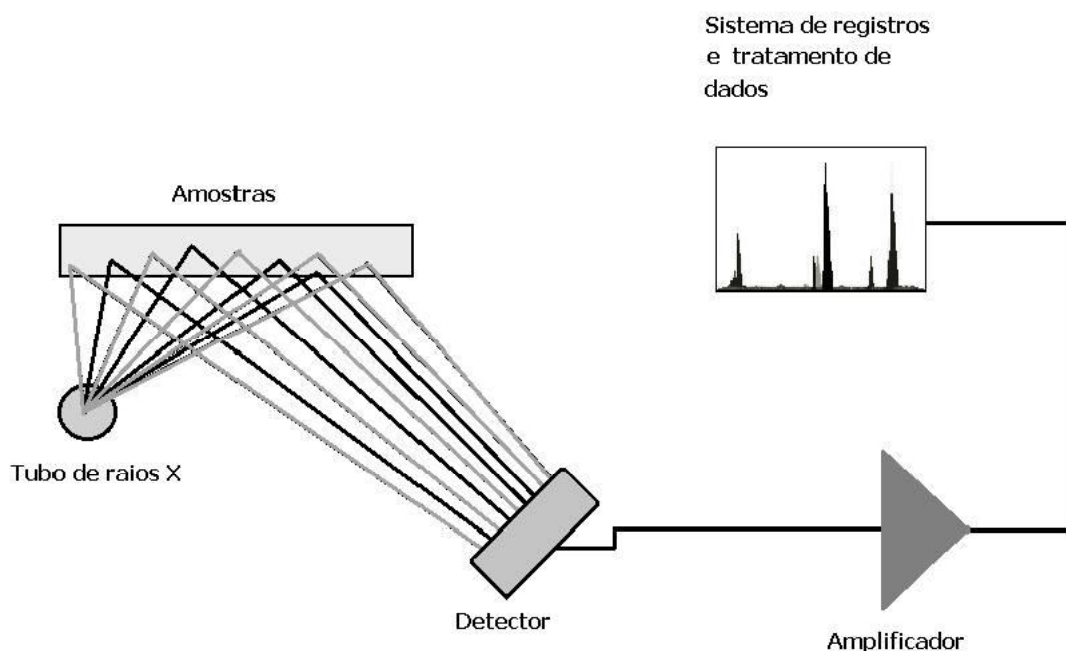


Figura 1.1 – Esquema geral de um sistema de EDXRF (Adaptado de Wegrzynek, 2004)

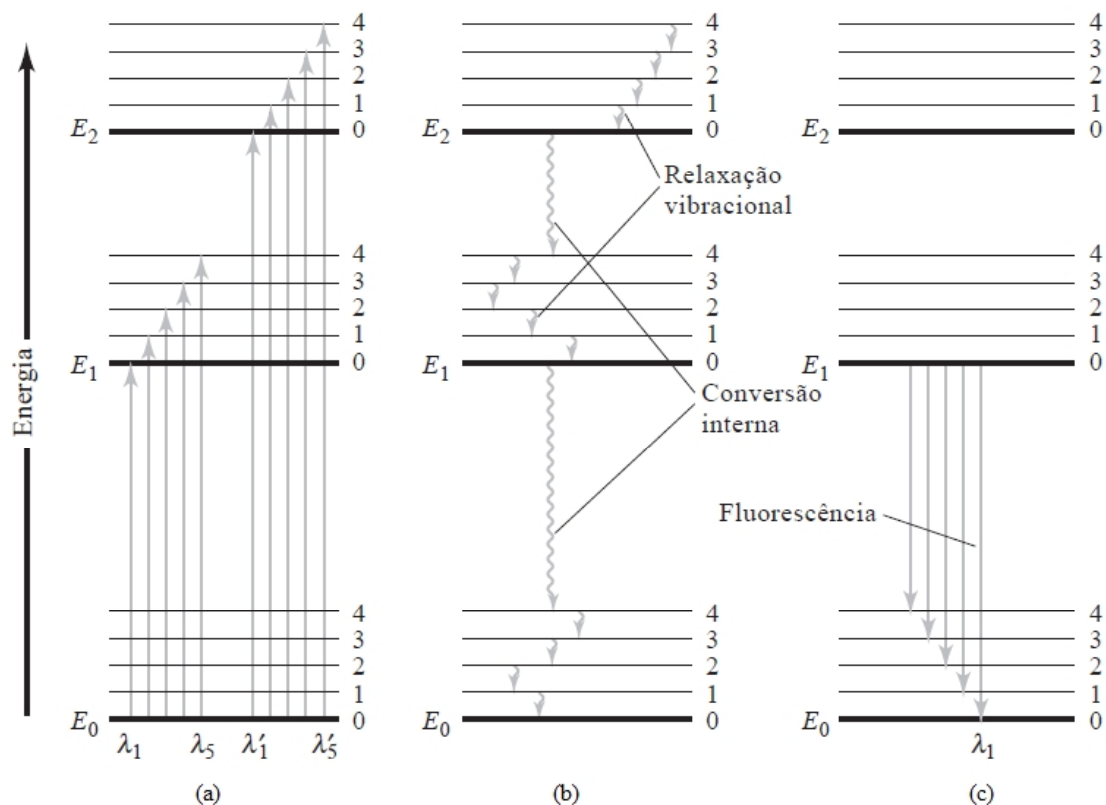


FIGURA 1.2 – Diagrama dos níveis de energia nos processos de (a) absorção de energia, (b) relaxação não radiativa e (c) fluorescência (Fonte: Adaptado de Skoog *et al*, 2010)

No processo de relaxação vibracional o excesso de energia é transferido para as moléculas do solvente levando o elétron a um nível vibracional mais baixo que o estado excitado. A conversão interna envolve a transferência de energia das espécies em um estado vibracional de mais baixa energia de um estado excitado para as moléculas do solvente e a conversão das espécies excitadas para um estado eletrônico mais baixo.

A emissão fluorescente ocorre quando as espécies excitadas relaxam ao estado fundamental liberando o excesso de energia na forma de fótons.

A liberação do excesso de energia pelo mecanismo da emissão fluorescente deu origem as técnicas de espectroscopia de fluorescência (SKOOG *et al*, 2010).

Um material que é exposto a uma energia de uma fonte geradora com comprimento de onda na região dos raios X terá um elétron ejetado. Neste caso um

elétron que ocupa um orbital de maior energia pode preencher este espaço deixado e a diferença de energia é liberada na forma de um fóton. Este fóton terá a energia característica dos átomos presentes. A radiação fluorescente pode ser mensurada por análise de energia dispersiva ou comprimento de onda dispersivo. Pelos picos no espectro gerado é possível realizar a identificação elementar da amostra (ATKINS *et al*, 2010).

Este mecanismo é a base da espectrometria de fluorescência de raios X. Nesta técnica os raios X que são irradiados penetram profundamente na amostra e o sinal analítico é representativo do todo e não somente de uma parte da amostra. Porém o grau de penetração e absorção dos raios X depende do tamanho da amostra, por isso é apropriado preparar a amostra em uma matriz leve (FIFIELD e HAINES, 2000).

Esta é uma técnica particularmente útil para análises de rotina, análise rápida de minerais e amostras relacionadas a componentes majoritários e secundários (FIFIELD e HAINES, 2000). Além disso é uma técnica que pode ser utilizada em análises ambientais, como por exemplo a determinação de metais na fração grossa, fina e ultrafina de partículas atmosféricas (SINGH *et al*, 2014; LU *et al*, 2014; MORAES, 2009).

1.5.2 - Cromatografia Gasosa acoplada a Espectrometria de Massas

Cromatografia é uma técnica de separação baseada na diferença das taxas de migração de um analito através de uma fase estacionária sob fluxo de uma fase móvel. Os mecanismos pelos quais o analito fica retido na fase móvel são variados, mas de uma forma geral a força da atração determina a taxa de movimento do soluto através do sistema (FIFIELD e HAINES, 2000).

Os diferentes tipos de cromatografia são classificados de acordo com a técnica empregada, os mecanismos de separação e as diferentes fases. A forma física da fase estacionária está relacionada diretamente com a técnica. Pode ser em coluna, quando a fase estacionária é distribuída nas paredes de um tubo cilíndrico, e planar onde a fase estacionária é disposta sobre uma superfície plana. A cromatografia em coluna pode ainda ser preparativa, analítica, microdiâmetro e capilar, de acordo com o diâmetro do tubo interno.

De acordo com o estado físico da fase móvel a cromatografia pode ser classificada em gasosa, líquida e supercrítica. Na cromatografia gasosa a fase móvel é um gás inerte, na cromatografia líquida um líquido que interage com o analito é utilizado como fase móvel e na cromatografia supercrítica a fase móvel é um líquido pressurizado com temperatura e pressão acima de seu ponto crítico que passa pelo sistema.

Os mecanismos de separação na cromatografia podem ocorrer por processos físicos, que incluem os processos de partição e adsorção; químicos, que ocorrem por troca iônica e bioafinidade; e por processos mecânicos, como é o caso da cromatografia por exclusão (COLLINS e BRAGA, 2006).

Neste trabalho é de especial interesse a técnica de cromatografia gasosa, visto que se deseja identificar os principais compostos voláteis presentes no ar. A cromatografia gasosa é indicada para separação de substâncias voláteis ou volatilizáveis.

Existem dois tipos de cromatografia gasosa: cromatografia gás-líquido e cromatografia gás-sólido. Em ambas a fase móvel é um gás inerte e o que as diferencia é a fase estacionária. Na cromatografia gás-líquido a fase estacionária é um líquido pouco volátil que fica retido na superfície de um sólido inerte e a separação se baseia na solubilidade das substâncias na fase estacionária e nas diferentes volatilidades. Na cromatografia gás-sólido a é um sólido que retém os analitos por diferentes mecanismos. Os sólidos mais utilizados são polímeros porosos, carvão grafitizado, sílica e alumina, e sua escolha depende principalmente da polaridade das substâncias que se deseja separar (COLLINS e BRAGA, 2006; SKOOG, *et al*, 2010).

A amostra é introduzida na coluna contendo a fase estacionária por um sistema de injeção, que pode ser manual ou automático. A amostra é então submetida a altas temperaturas até que seja vaporizada e posteriormente é levada por um gás de arraste, que deve ser inerte, para ser separada na coluna cromatográfica. A separação ocorre de acordo com as propriedades da amostra e da fase estacionária, que determina a interação e o tempo de retenção da amostra na coluna. Após a separação um detector apropriado na saída do sistema possibilita a identificação e quantificação das substâncias (AQUINO NETO e NUNES, 2003). A Figura 1.3 mostra um esquema geral de um sistema cromatográfico para cromatografia gasosa.

Hélio e hidrogênio são os gases mais utilizados como gás de arraste na cromatografia gasosa. Além destes, pode-se também utilizar nitrogênio e argônio. A escolha depende da pureza exigida, disponibilidade e tipo de detector.

A injeção da amostra em colunas recheadas deve levar a uma banda única e estreita, para tanto o sistema de injeção deve ser aquecido a 20-50° C acima da temperatura da coluna. A injeção de gases é feita com seringas ou válvulas. Já as amostras líquidas são feitas utilizando-se microsseringas e, mais raramente, válvulas.

Nas colunas capilares a quantidade da amostra utilizada deve ser bem menor, respeitando a quantidade de fase estacionária que esse tipo de coluna possui. Dessa forma a injeção pode ser feita com o injetor nos modos *split* ou *splitless*, vaporizador com programação de temperatura, ou injeção em coluna fria (COLLINS e BRAGA, 2006). A Tabela 1.7 apresenta um resumo das principais técnicas de injeção com seringa utilizada na cromatografia gasosa de alta resolução.

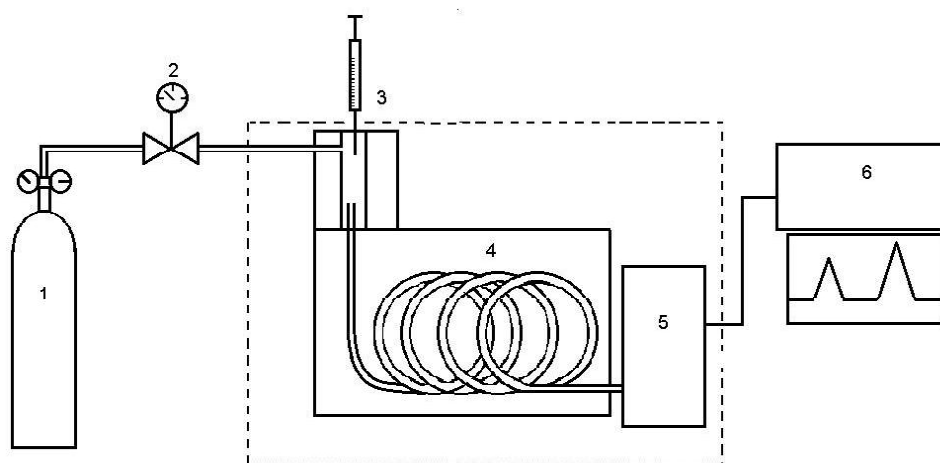


FIGURA 1.3 - Esquema de cromatógrafo a gás. 1: fonte do gás de arraste; 2: controlador da vazão e regulador de pressão; 3: sistema de injeção da amostra; 4: coluna cromatográfica; 5: sistema de detecção; 6: sistema de registro e tratamento dos dados (Fonte: Adaptado de: COLLINS e BRAGA, 2006).

TABELA 1.7 - Técnicas de injeção em cromatografia gasosa de alta resolução

TÉCNICAS DE INJEÇÃO COM SERINGA	EM INGLÊS
OPERAÇÃO DA SERINGA	
Agulha fria	<i>cold needle</i>
Agulha aquecida	<i>hot needle</i>
Lavagem com solvente	<i>solvente flush</i>
Expulsão com ar	<i>air plug</i>
Agulha cheia	<i>filled needle</i>
OPERAÇÃO DO INJETOR	
Vaporização com divisão de fluxo	<i>Split</i>
Vaporização sem divisão de fluxo	<i>Splitless</i>
Introdução direta	<i>Direct</i>
Vaporização com temperatura programável	<i>PTV</i>
Na coluna	<i>On column</i>
A frio, na coluna	<i>Cold on-column</i>
Com resfriamento, na coluna	<i>Cold on-column</i>

Fonte: Aquino Neto e Nunes, 2003 (adaptado).

A coluna cromatográfica é onde ocorre de fato a separação. São classificadas em recheadas (analíticas e preparativas) e capilares. As principais diferenças entre esses dois tipos de colunas são o diâmetro, tamanho, espessura do filme, granulometria das partículas, vazão média e volume da amostra. A fase estacionária de cada coluna determina suas propriedades de polaridade e limites de temperatura. O forno onde fica a coluna é controlado termostaticamente de forma que tenha temperaturas reprodutíveis. Nos sistemas mais modernos é possível estabelecer várias rampas de temperatura em uma mesma análise, possibilitando assim uma melhor separação dos componentes da amostra e, portanto, melhor resolução de picos (COLLINS e BRAGA, 2006; AQUINO NETO e NUNES, 2003).

Os detectores, situados na saída da coluna de separação, transformam as moléculas que chegam ao detector em sinal elétrico, gerando um gráfico denominado cromatograma. Existem diversos tipos de detectores disponíveis no mercado, mas essa seleção depende de alguns fatores, como por exemplo, a natureza dos componentes separados e sua concentração na amostra. Um detector ideal para cromatografia gasosa deve ter sensibilidade adequada, boa estabilidade e reprodutibilidade, resposta linear, faixa de temperatura desde a ambiente até pelo menos 400° C, tempo de resposta curto,

facilidade de uso, similaridade de resposta a todos os solutos e não deve ser destrutivo (SKOOG *et al*, 2010).

Dentre os detectores mais utilizados na cromatografia gasosa estão o detector por condutividade térmica, por ionização em chama, por captura de elétrons, termoiônico, espectrômetro de massas, fotoionização, infravermelho com transformada de Fourier e condutividade eletrolítica (COLLINS e BRAGA, 2006; AQUINO NETO e NUNES, 2003).

Quando além da separação se deseja fazer a identificação das substâncias presentes na amostra pode-se recorrer a uma técnica auxiliar, onde o equipamento pode ser separado ou acoplado ao cromatógrafo. As mais utilizadas para esse fim são a espectrofotometria no infravermelho, visível e ultravioleta, ressonância magnética nuclear, e espectrometria de massas.

Um espectrômetro de massas mede a razão massa/carga (m/z) dos íons produzidos pela amostra. Ao entrar em um espectrômetro de massas a amostra é ionizada e os íons moleculares são extraídos da fonte por um sistema de baixa pressão produzido por bombas de alto vácuo. As fontes de ionização para espectrometria de massas são de impacto de elétrons, ionização química, bombardeamento com átomos rápidos, desorção/ionização a laser assistida por matriz e ionização por *eletrospray*. Porém a mais comum é a de impacto de elétrons. Nessa fonte a amostra é exposta a um feixe de elétrons de alta energia, produzindo íons positivos, íons negativos e espécies neutras.

Após esse estágio os íons moleculares atingem o analisador, que seleciona os íons de acordo com seus valores de m/z . Os analisadores mais comuns são de setor magnético, dupla focalização, quadrupolo, armadilha de íons (*ion trap*), ressonância ciclotrônica de íons e tempo de vôo. Para os sistemas de cromatografia gasosa com detector de espectrometria de massas os mais comuns são os filtros de massa tipo quadrupolo e os que utilizam armadilha de íons. Já separados esses íons são então detectados pela colisão dos íons com a superfície do detector. Essas colisões causam a emissão de elétrons, fótons ou outros íons, e pelo sinal gerado o sistema de dados produz um gráfico com a intensidade do sinal gerado *versus* m/z . (SKOOG *et al*, 2010).

A combinação das técnicas de cromatografia gasosa e espectrometria de massas é conhecida como GC-MS (do inglês *gas chromatography mass spectrometry*). Na espectrometria de massas a interpretação do espectro de massas, que é característico de cada substância, pode ser feito por comparação com o espectro de uma substância padrão analisado simultaneamente ou com o espectro contido em bibliotecas armazenadas no computador (COLLINS e BRAGA, 2006).

1.5.3 - Microextração por Fase Sólida

Além dos processos de separação, a cromatografia gasosa é utilizada também em análises qualitativas e quantitativas. Suas áreas de aplicação são as mais diversas, dentre elas: análise ambiental, indústrias químicas e farmacêuticas, análise de alimentos e produtos petroquímicos, medicina, pesquisa, dentre outras.

No que respeita a análise de amostras complexas um dos maiores impasses encontrados é baixa concentração do analito de interesse. Para contornar esse problema existem técnicas de pré-concentração, que consistem em etapas de isolamento e concentração desse analito por meio da extração com um solvente apropriado. As técnicas mais comuns de pré-concentração são a extração por fase sólida e microextração por fase sólida.

A extração por fase sólida (do inglês *Solid Phase Extraction*, SPE) é uma técnica que utiliza os mesmos princípios de adsorção e afinidade da cromatografia para extrair, concentrar e pré-purificar os analitos em uma amostra. Consiste basicamente na passagem da amostra por um sólido adsorvente apropriado para o analito em questão e sua posterior eluição com um solvente adequado. O processo todo envolve etapas de condicionamento do sorvente pela passagem de solvente; aplicação da amostra para retenção dos analitos de interesse; remoção dos interferentes e da matriz com um solvente que não remova também os analitos; e por eluição dos analitos com um solvente apropriado. Algumas vezes é necessário repetir a última etapa para garantir que todo analito tenha sido retirado do sorvente (AQUINO NETO e NUNES, 2003).

O sucesso de cada etapa do processo depende das características do analito que se deseja concentrar, o que será determinante para a escolha adequada do

sólido adsorvente, do solvente para retirada dos interferentes e matriz e do solvente para eluição dos analitos.

Outro método bastante utilizado, especialmente em cromatografia gasosa, para pré-concentrar analitos é a microextração por fase sólida (do inglês *Solid Phase Microextraction*, SPME). O dispositivo básico de SPME consiste de um bastão de fibra ótica de sílica fundida recoberto com um filme fino de um polímero. As fibras disponíveis no mercado possuem recobrimentos variando de 7 μm a 100 μm , com volumes de 0,03 μL a 0,7 μL (VALENTE e AUGUSTO, 2000).

A amostragem pode ser realizada de três formas: extração direta, extração por *headspace* e extração com proteção de membrana. No modo de extração direta a fibra é inserida na amostra e os analitos são diretamente transferidos da matriz para a fase de extração. Para amostras gasosas o fluxo natural do ar é suficiente para alcançar o equilíbrio rápido dos analitos voláteis. No caso de amostras líquidas é necessário que o sistema seja agitado ou sonicado produzir o contato dos analitos de interesse com a fase de extração (PAWLISZYN, 2000).

No modo *headspace* (espaço confinado) a fase extratora não entra em contato direto com a amostra, no caso de líquidos. A fibra é exposta logo acima da amostra e adsorve os analitos que entraram em equilíbrio com a fase gasosa. No caso de matriz gasosa o *headspace* pode ser dinâmico, quando há passagem forçada do fluxo de ar pela fase extratora por auxílio de bombas de sucção, ou estático, quando a fibra é exposta ao ar sem um fluxo de ar seja forçado em sua direção. Os modos de *headspace* estático e dinâmico pode também ser realizado com bastões de sílica fundida ou tubos ou capilares contendo um sólido adsorvente (PAWLISZYN, 2000).

No modo de proteção de membrana a fibra é protegida com uma membrana seletiva antes de ser inserida na amostra. Apesar de tornar o processo mais lento, o uso da membrana protege a fibra de compostos de alto peso molecular que podem danificar a fibra ou o sistema de cromatografia (PAWLISZYN, 2000).

CAPÍTULO 2

2 - OBJETIVOS

2.1 - OBJETIVOS GERAIS

Realizar estudo do material particulado e compostos orgânicos voláteis presentes no ar na cidade de Catalão-GO pela caracterização qualitativa desses poluentes.

2.2 - OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar a amostragem das partículas totais em suspensão, MP_{10} e $MP_{2,5}$ em uma determinada região da cidade de Catalão-GO e determinar sua concentração;
- Analisar qualitativamente o material particulado dos filtros por espectrometria de fluorescência de raios X por energia dispersiva;
- Realizar amostragem dos compostos orgânicos voláteis presentes no ar em uma determinada região na cidade de Catalão-GO;
- Analisar qualitativamente os compostos orgânicos voláteis por cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massas;

CAPÍTULO 3

3 - PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

3.1 – CARACTERÍSTICAS DO LOCAL

A cidade de Catalão, localizada no sudeste do estado de Goiás, possui uma área de aproximadamente 3821,463 km² e conta com cerca de 22,67 habitantes/km². No ano de 2014 teve sua população estimada em 96.836 habitantes, apresentando um crescimento de quase 12% em relação a 2010. Possui uma frota veicular de mais de 57 mil veículos, entre automóveis, caminhões, motocicletas e utilitários (IBGE). Alguns fatores favorecerem o crescimento desordenado da cidade, como a especulação imobiliária e as formas do relevo (PEDROSA, 2001).

Catalão conta com complexos carbonatíticos que fazem parte da Província Ígnea do Alto Paranaíba (PIAP), um conjunto de rochas alcalinas localizadas na região do triângulo mineiro em Minas Gerais e no sudeste do Estado de Goiás (RIBEIRO, 2008). Fazem parte da PIAP os complexos de Catalão I, Catalão II, Serra Negra, Salitre, Araxá e Tapira.

O complexo de Catalão I, localizado 20 km a nordeste da cidade de Catalão é uma intrusão multifásica (corpo de rocha ígnea cristalizado de um magma sobre a superfície da Terra) que conta com importantes depósitos de fosfato, nióbio, elementos terras raras, titânio e vermiculita, um mineral composto por Mg, Ca, Fe, Al e Si. Na natureza o nióbio encontra-se associado a minerais que contém, além do nióbio elementos como Fe, Mn, Ta, O, Na, Ca, Ba, Sr, Ti, Ce, e F. Nos depósitos carbonatitos são encontrados além do nióbio minérios contendo níquel, cobre, titânio, apatita, terras raras, barita, fluorita e os minerais nucleares tório e urânio (BRASIL, 2009).

Catalão II localiza-se 10 km a nor-noroeste de Catalão I e conta com dois sistemas magmáticos dominados por fosforitos, carbonatitos e nelsonitos (GOMIDE *et al*, 2013). A exploração destes complexos é realizada por duas mineradoras e têm se constituído um importante fator econômico para o município. A Figura 3.1 mostra a localização destes complexos em relação a cidade de Catalão.

3.2 - AMOSTRAGEM

3.2.1 – Material Particulado (MP)

As amostragens de monitoramento da qualidade do ar para material particulado foram realizadas com o auxílio de equipamentos instalados nas dependências da Universidade Federal de Goiás – Regional Catalão.



FIGURA 3.1 – Vista aérea da cidade de Catalão: área urbana (a), planta de fertilizantes fosfatados (b), Catalão I (c), e Catalão II (d). (Adaptado de: Google Earth, 2014).

Os equipamentos utilizados foram três amostradores de grande volume, também conhecidos como HI-VOL (do inglês *high volume sampler*) obtidos da empresa Energética, para partículas totais, partículas grossas e partículas finas, com média de diâmetro de corte de 100 μm , 10 μm e 2,5 μm respectivamente.

No mesmo local onde estão instalados os equipamentos há uma estação meteorológica automática do INMET – Instituto Nacional de Meteorologia, que capta dados de temperatura, pressão, precipitação, umidade, radiação e direção e velocidade

de ventos. Esses dados são atualizados de hora em hora e disponibilizados para acesso público (INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA, 2015) de onde foram retirados todos os dados meteorológicos utilizados neste trabalho.

Os equipamentos são formados basicamente por um conjunto motor aspirador/porta filtro, casinhola e dispositivos auxiliares (programador de tempo, regulagem de tensão, indicado de vazão, indicador de tempo de amostragem, e manômetro no caso do MP₁₀ e MP_{2,5}). O esquema básico dos amostradores é mostrado nas Figura 3.2 e 3.3.

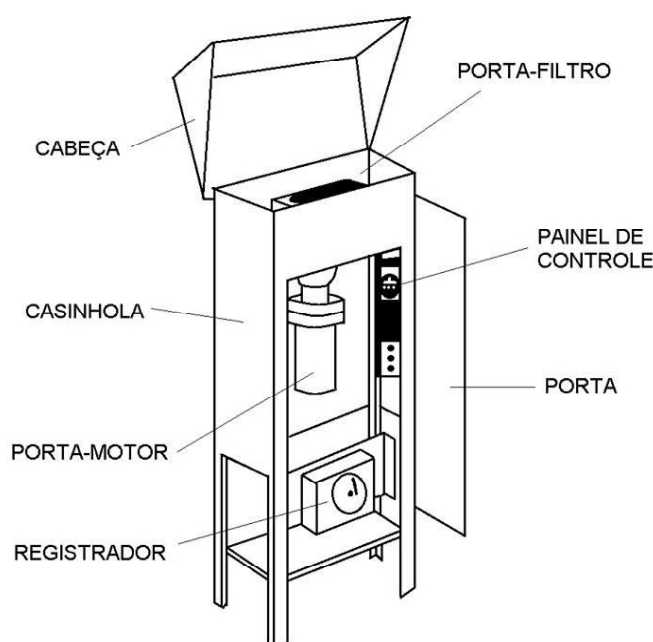


FIGURA 3.2 – Esquema de um amostrador de grande volume para partículas totais

Para coleta do material particulado utilizou-se filtros de fibra de vidro tipo padrão, da marca Whatman, com dimensões de 203 x 254 mm, com eficiência de coleta de 99,9% para partículas com diâmetro igual ou superior a 0,3 µm. Os filtros foram pesados em balança analítica antes e após cada período de amostragem, de forma que a diferença entre as massas representa a massa de material particulado depositado. A concentração do material particulado é determinada pela razão entre a massa das partículas e o volume de ar amostrado, de acordo com a expressão:

$$C_{MP} = (10^6) \left(\frac{M_f - M_i}{V_p} \right)$$

onde C_{MP} é a concentração de material particulado, dado em $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 10^6 é fator de conversão de gramas para microgramas, M_f é a massa final do filtro, M_i a massa inicial do filtro, e V_p o volume de ar amostrado durante as 24 horas.

O volume amostrado, assim como o a concentração são calculados através de uma planilha (ANEXO I) onde são necessários lançar dados de médias de temperatura e pressão do período de amostragem, bem como dados dos amostradores, de valores inicial e final do horômetro, média de vazão lida na carta gráfica, e no caso dos AGV-MP₁₀ e AGV-MP_{2,5} valores inicial e final de centímetros de coluna d'água lidos no manômetro dos equipamentos. Esses dados devem ser anotados antes e após cada período de amostragem em um caderno de campo.

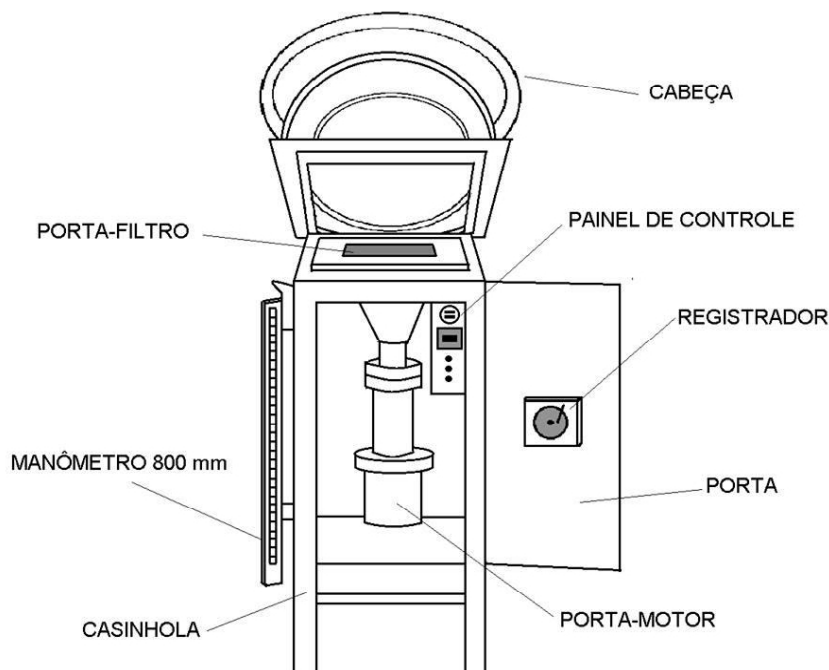


FIGURA 3.3 – Esquema de um amostrador de grande volume para partículas grossas e partículas finas.

As amostragens de monitoramento de material particulado aconteceram a cada seis dias, por um período de 24 horas, entre os meses de agosto e dezembro de 2014.

Foram realizadas também análises das rochas trituradas retiradas de duas mineradoras da cidade que exploram os complexos de Catalão I e Catalão II. A localização das minas e a direção predominante de ventos na região (nordeste) favorece a entrada das emissões fugitivas desses locais na área urbana da cidade. De cada

mineradora foram retiradas seis amostras, sendo três amostras de cada fração de rocha. Na mineradora A foram retiradas três amostras da pilha seca e três da pilha úmida. Na mineradora B foram retiradas três amostras da pilha da fração convencional da rocha triturada e três da fração ultrafina.

3.2.2 – Compostos Orgânicos Voláteis (COVs)

Para amostragem dos COVs foi utilizada a técnica de SPME no modo *headspace* estático. Esta técnica baseia-se na utilização de fibras de sílica fundida recobertas com material poroso, onde ficam adsorvidos os COVs presentes no ar durante o período de amostragem (FIGURA 3.4). As características das fibras utilizadas neste trabalho são descritas na Tabela 3.1.

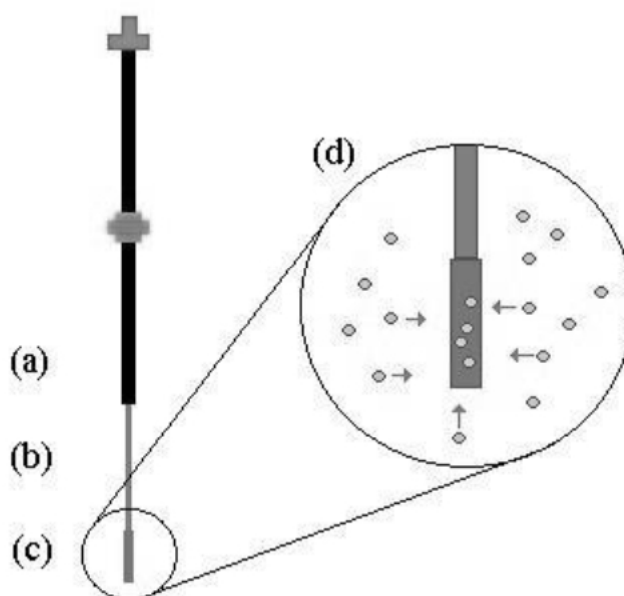


FIGURA 3.4 - Esquema de um fibra de SPME. Agulha (a), suporte da fibra (b), fibra de sílica fundida (c), adsorção dos compostos voláteis na fibra (d).

As fibras ficaram expostas em local aberto, no terceiro piso de um prédio no campus da Universidade Federal de Goiás – Regional Catalão. A campanha de

amostragem aconteceu entre os meses de julho a outubro de 2014. As amostragens eram realizadas duas vezes por semana por um período de aproximadamente 12 horas, alternando entre amostragens diurnas e noturnas a cada semana, de forma a compreender todo o período do dia. A diferença no tempo de amostragem de material particulado (24 h) para os compostos orgânicos voláteis (12 h) deve-se ao fato de que as fibras utilizadas na amostragem destes compostos são constituídas de um material extremamente sensível e caro, e um tempo maior de exposição poderia comprometer o material utilizado.

TABELA 3.1 - Características das fibras de SPME utilizadas nas amostragens

RECOBRIMENTO	ESPESSURA DO FILME	TEMPERATURA DE DESSORÇÃO	CARACTERÍSTICAS DE POLARIDADE
Polidimetilsiloxano (PDMS)	100 µm	200 – 270 °C	Não polar
Poliacrilato (PA)	85 µm	220 – 310 °C	Polar
Carboxen –PDMS (CAR/PDMS)	75 µm	200 – 270 °C	Bi-polar

Fonte: Valente e Augusto, 2000.

3.3 – ANÁLISE

3.3.1 – Material Particulado

Para análise elementar do material particulado recolhido nos filtros utilizou-se um espectrômetro de fluorescência de raios X por energia dispersiva (EDX – 7000, Shimadzu) que identifica elementos da tabela periódica do sódio ao urânio. Para tanto foram confeccionadas pastilhas do material particulado em matriz de ácido bórico.

Cerca de 1 mg de ácido bórico foi colocado sobre cada filtro e o atrito permitiu a formação de agregados de ácido bórico e material particulado. Esse material foi então macerado em almofariz de ágata e levado ao pastilhador.

As análises foram feitas utilizando filme de polipropileno como película protetora do tubo de raios X, atmosfera de ar e colimador de 5 mm.

Além de possuir uma menor quantidade de interferentes que o filtro utilizado para coleta, a pastilha de ácido bórico ameniza possíveis erros de análise devido a sua superfície lisa.

A análise elementar das rochas retiradas das mineradoras foi realizada utilizando a mesma técnica e as mesmas condições de leitura.

3.3.2 – Compostos Orgânicos Voláteis

Após o término do período de amostragem as fibras eram retraídas imediatamente e levadas para análise em sistema de cromatografia gasosa (CG - modelo 7820A, Agilent Technologies) acoplada a um detector de espectrometria de massas (EM – modelo 5975 Series MSD, Agilent Technologies).

Durante as análises as fibras foram alocadas em um *holder* manual, ou amostrador, que facilita a perfuração do septo do sistema cromatográfico e serve também como proteção para a fibra.

No injetor do equipamento (FIGURA 3.5), que é mantido a uma temperatura de 250 °C, os compostos supostamente adsorvidos na fibra são desorvidos por ação do calor e levados pelo gás de arraste para a coluna cromatográfica, onde serão separados e posteriormente identificados pelo detector espectrômetro de massas.

O equipamento foi operado manualmente com injeção no modo *splitless* e as seguintes rampas de temperatura: 50 °C por 3 min; 10 °C/min até 100 °C, mantidos por 2 min; 15 °C/min até 200 °C, mantidos por 2 min; 20 °C/min até 240 °C, mantidos por 5 min. A temperatura do injetor foi mantida em 250 °C. O gás de arraste utilizado foi o Hélio, com fluxo de 1 mL/min. A coluna de separação utilizada foi uma HP5-MS, da marca Agilent, com as seguintes dimensões: 30 m x 250 µm x 0,25 µm.

A identificação dos possíveis compostos foi feita por comparação com os espectros contidos na base de dados da biblioteca NIST / MS (National Institute of Standards and Technology / Mass Spectral).

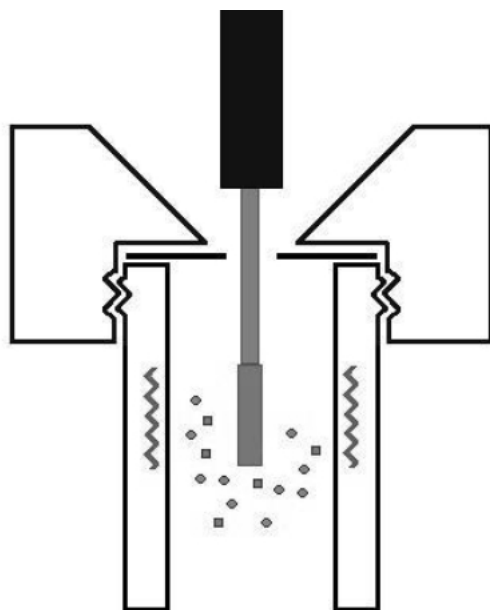


FIGURA 3.5 - Esquema de dessorção de uma fibra SPME no injetor de um cromatógrafo gasoso.

CAPÍTULO 4

4 - RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 - MATERIAL PARTICULADO

Os dados de concentração, direção de ventos e média de chuvas nos dias em que foram realizadas as amostragens são apresentados na Tabela 4.1.

TABELA 4.1 - Concentrações do material particulado e dados de direção de ventos e média de chuvas

DATA	CONCENTRAÇÃO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)			DIREÇÃO DE VENTOS*	MÉDIA DE CHUVAS (mm)
	PTS	MP ₁₀	MP _{2,5}		
20/08	105,89	254,99	70,65	Nordeste	0,0
26/08	99,42	55,81	69,39	Nordeste	0,0
01/09	147,33	83,64	100,81	Noroeste	0,36
07/09	62,9	55,04	37,06	Nordeste	0,0
13/09	91,46	103,76	63,08	Nordeste	0,0
19/09	132,65	74,07	124,22	Nordeste	0,0
25/09	152,2	76,05	89,55	Nordeste	0,0
01/10	98,23	53,35	69,22	Sudeste	0,04
07/10	100,48	51,4	67,87	Nordeste	0,0
13/10	89,02	50,56	64,93	Nordeste	0,0
19/10	142,98	86,63	127,3	Sudeste	0,0
25/10	60,49	28,15	31,9	Sudeste	0,1
31/10	54,25	25,28	27,34	Nordeste	0,71
06/11	69,93	34,15	38,04	Nordeste	0,0
12/11	23,72	18,22	11,3	Sudeste e Noroeste*	2,03
18/11	62,09	23,71	29,06	Nordeste	0,0
24/11	28,43	10,15	9,75	Noroeste	0,24
30/11	23,71	11,49	7,63	Nordeste	1
06/12	26,2	11,95	10,1	Nordeste	0,03
12/12	23,27	11,25	2,47	Noroeste	1,8

*direções predominantes durante o período de amostragem

Pelas amostragens realizadas na estação de monitoramento da qualidade do ar na Universidade Federal de Goiás – Regional Catalão, foram obtidas as concentrações de material particulado – PTS, MP₁₀ e MP_{2,5}, bem como os dados elementares de cada amostra no período de 20/08/14 a 12/12/14. Os métodos de amostragem seguiram as recomendações da Resolução CONAMA 03/90.

A concentração das partículas totais em suspensão e partículas menores que 10 μm é regulamentada no Brasil pela Resolução 03/90, do CONAMA. Para as partículas menores que 2,5 μm não há legislação vigente em território brasileiro. Esta resolução determina padrões primários e secundários de emissão de poluentes. Padrão primário é uma concentração máxima, para amostragens de 24 h, que se ultrapassada pode afetar a saúde da população. Padrão secundário é uma concentração, para amostragens de 24 h, abaixo da qual se prevê o mínimo efeito adverso sobre o bem estar da população bem como o mínimo dano a fauna, flora, materiais e meio ambiente em geral. A concentração de PTS é apresentada na forma de gráfico abaixo (Figura 4.1).

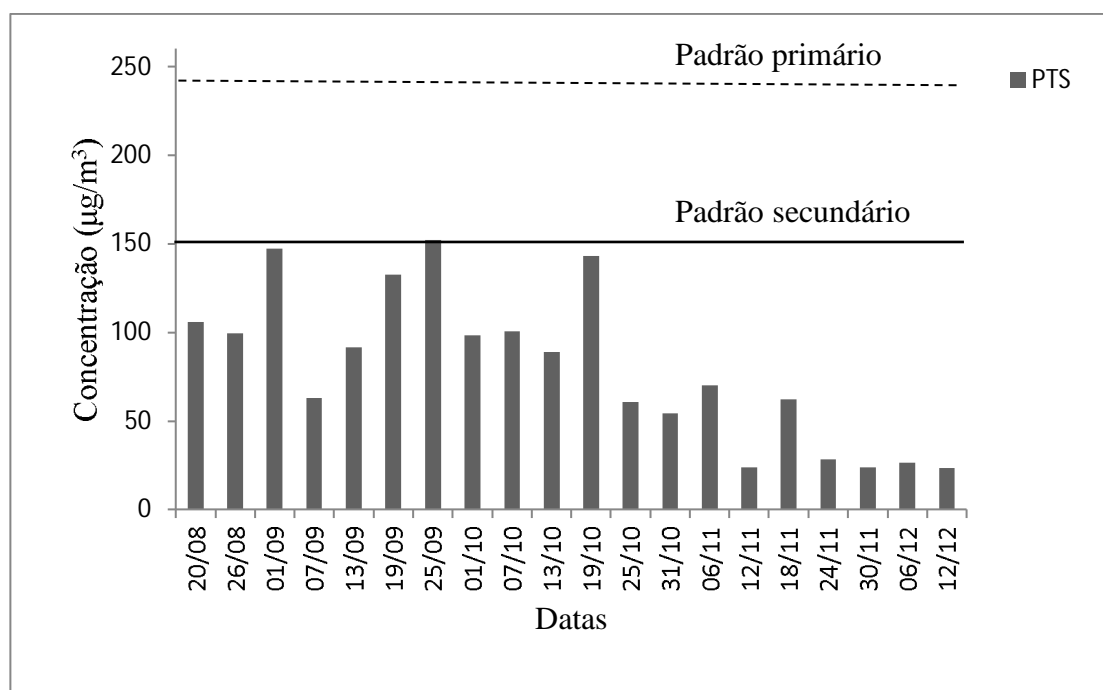


FIGURA 4.1 – Concentração de PTS de 20/08/14 a 12/12/14

De acordo com a legislação a maior concentração (padrão primário) em uma amostragem de 24 horas para PTS é de 240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e padrão secundário 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Nas amostragens realizadas o padrão primário não foi ultrapassado e apenas em uma data, 25/09, a concentração de PTS ficou acima do padrão secundário, indicando que na região onde ocorreram as amostragens as concentrações das partículas totais está de acordo com o que prevê a legislação.

As concentrações de MP_{10} previstas na legislação é de $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para padrão primário e secundário. Nas amostragens realizadas todas as concentrações ficaram abaixo desse valor, exceto em 20/08, em que a concentração obtida foi de $254,99 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Figura 4.2). Nesse dia, em que se comemora o aniversário da cidade, houve queima de fogos de artifício, o que pode ter sido a provável causa do aumento na concentração destas partículas. Sarkar *et al* (2010) realizaram um estudo na Índia durante o maior festival de fogos de artifício no país, e observaram uma contribuição de 22-33% nas concentrações de MP_{10} durante o festival e aumento na concentração em relação a dias anteriores.

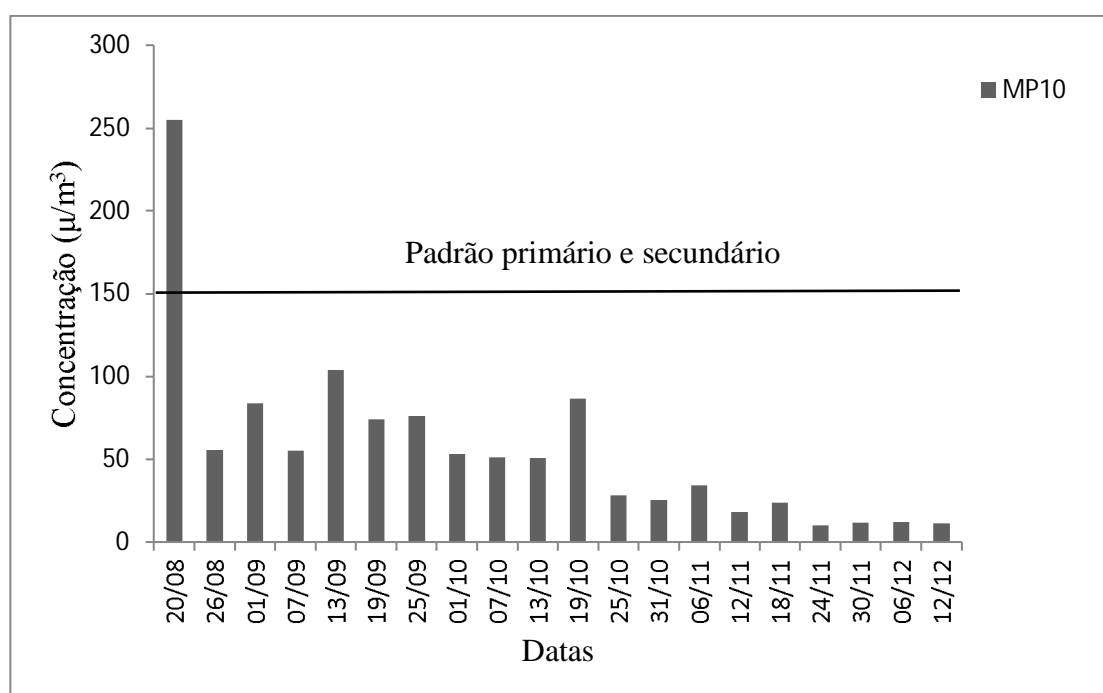


FIGURA 4.2 - Concentrações de MP_{10} de 20/08/14 a 12/12/14

A Resolução 03/90 do CONAMA não contempla as partículas com diâmetro aerodinâmico menor ou igual a $2,5 \mu\text{m}$. Por isso utilizou-se como referência para este trabalho as concentrações determinadas pela Organização Mundial da Saúde, que prevê $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$, em amostragens de 24 h, como a concentração máxima permitida para essas partículas. Em 15, das 20, amostragens realizadas esse valor foi ultrapassado (FIGURA 4.3), o que é preocupante visto que essas partículas, por serem menores, penetram mais profundamente no trato respiratório humano.

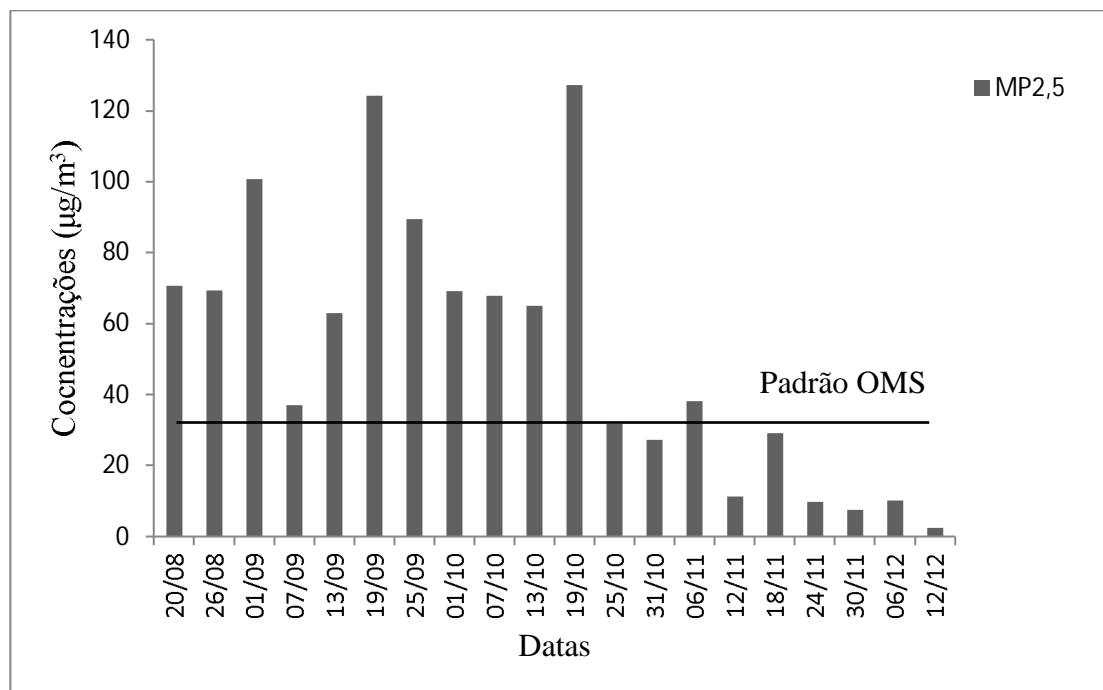


FIGURA 4.3 - Concentrações de MP_{2,5} de 20/08/14 a 12/12/14

Por seu diminuto tamanho essas partículas não sofrem deposição por ação da gravidade como pode acontecer com as PTS e MP₁₀. É uma característica da região possuir um período curto de chuvas, e no ano de 2014 o período seco foi ainda mais severo, não somente no estado de Goiás mas em todo o Brasil (Figura 4.4).

Miranda *et al* (2012) realizaram um estudo em que foi feito o levantamento da concentração e composição de MP_{2,5} de junho de 2007 a agosto de 2008 em seis capitais brasileiras, a saber São Paulo, Rio de Janeiro, Belo Horizonte, Curitiba, Porto Alegre e Recife. Os resultados deste estudo (Tabela 4.2) mostram uma relação entre a quantidade de passageiros por veículos e a porcentagem de Black Carbon (BC) em cada cidade no período em que a pesquisa foi realizada.

As cidades com menor número de passageiros por veículo, Curitiba e São Paulo, apresentaram as maiores contribuições de BC na concentração de MP_{2,5}, o que indica uma forte contribuição das emissões veiculares em sua composição. A cidade de Catalão, no ano de 2010, contava com 2,8 passageiros por veículo (IBGE, 2010) sendo que Curitiba e São Paulo contavam com 2,3 e 2,6, respectivamente, no período de estudo. Apesar de não ter sido feita análise de BC, esses números indicam que as altas concentração de MP_{2,5} na cidade de Catalão podem ser também devido a grande quantidade de carros em circulação na cidade.

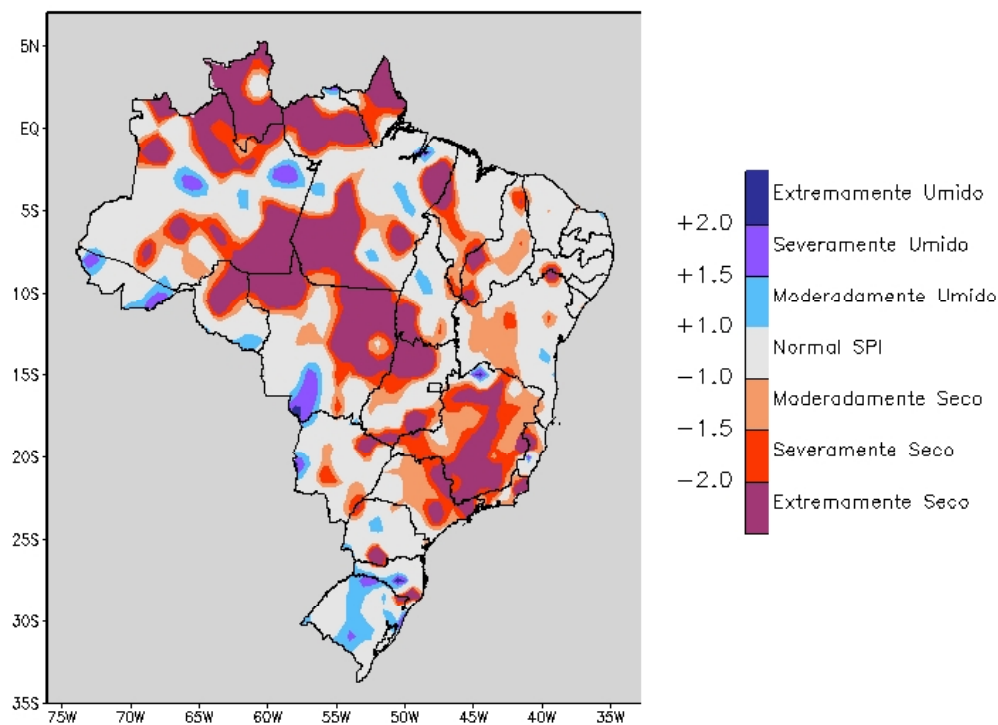


FIGURA 4.4 - Mapa do acumulado de chuvas no ano de 2014 no Brasil

TABELA 4.2 - Dados de concentração de $MP_{2,5}$, contribuição de BC e relação passageiros/ veículos de seis capitais brasileiras

Cidade	Passageiros/veículo	$MP_{2,5}$ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	BC (%)
Curitiba	2,3	$14,4 \pm 9,5$	30 ± 11
São Paulo	2,6	$28,1 \pm 13,6$	38 ± 14
Porto Alegre	3,0	$13,4 \pm 9,9$	26 ± 11
Belo Horizonte	3,1	$14,7 \pm 7,7$	31 ± 13
Rio de Janeiro	4,3	$17,2 \pm 11,2$	20 ± 7
Recife	5,5	$7,3 \pm 3,1$	26 ± 12

A Figura 4.5 traz um gráfico com as concentrações de PTS, MP_{10} e $MP_{2,5}$, onde é possível notar uma diminuição na concentração de todas as partículas a partir de 31/10/14. O gráfico da Figura 4.6 mostra a chuva acumulada dos dias em que foram realizadas as amostragens do dia anterior.

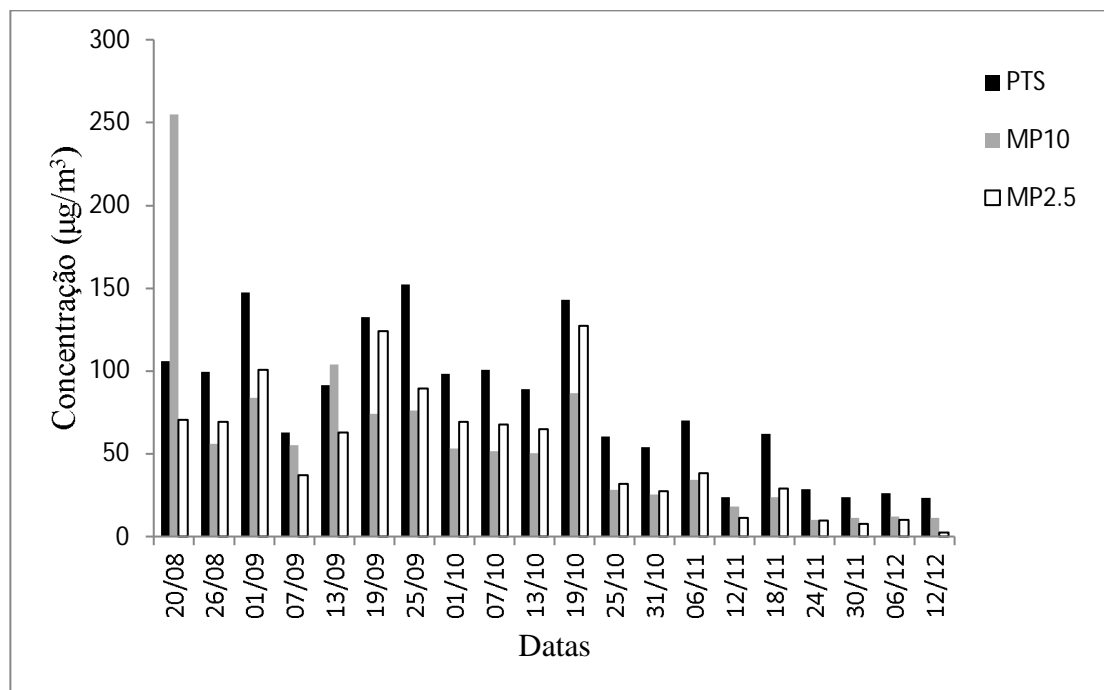


FIGURA 4.5 – Concentrações de PTS, MP₁₀ e MP_{2,5} de 20/08/14 a 12/12/14

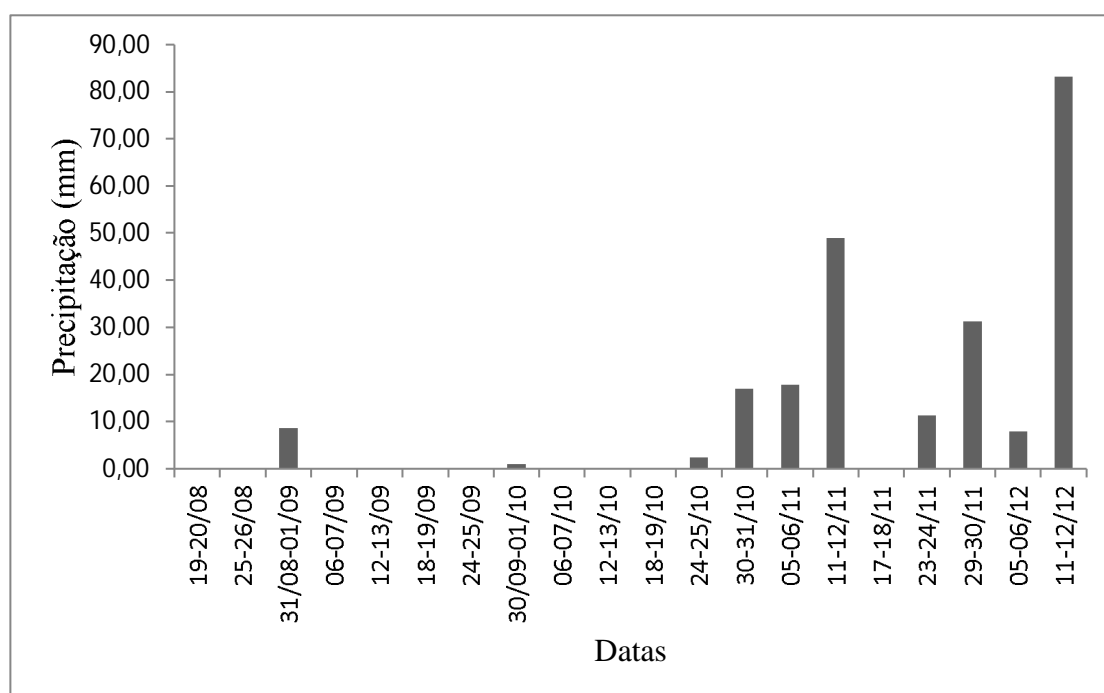


FIGURA 4.6 – Chuva acumulada nos dias de amostragem e no dia anterior

É possível observar que o período mais intenso de chuvas teve início 31/10/14, indicando que a diminuição na concentração do material particulado na atmosfera está relacionada também com a quantidade de chuvas devido a deposição úmida das partículas em dias chuvosos. O dia anterior as amostragens foi considerado

pelo mesmo motivo. Quanto a direção de ventos não é possível fazer qualquer tipo de afirmação pois não há um padrão que permita relacionar uma direção de vento específica com o aumento ou diminuição de material particulado.

A Resolução 03/90 determina ainda as concentrações média anuais para PTS e MP₁₀ e os níveis de atenção, alerta e emergência (Tabela 4.3) para episódios críticos de poluição do ar. Das amostragens realizadas apenas a concentração de MP₁₀ em 20/08/14 alcançou o valor de 254,99 µg/m³, que está acima da concentração do nível de atenção. Não é possível ainda determinar a média anual de concentração das partículas devido a haverem apenas cinco meses de amostragens.

TABELA 4.3 - Níveis de atenção, alerta e emergência para PTS e MP₁₀

NÍVEIS	PTS	MP ₁₀
Atenção	375 µg/m ³	250 µg/m ³
Alerta	625 µg/m ³	420 µg/m ³
Emergência	875 µg/m ³	500 µg/m ³

Foram realizadas também as análises elementares por espectrometria de fluorescência de raios X por energia dispersiva. Os dados para as amostras de PTS, MP₁₀ e MP_{2,5} são apresentados nas Tabelas 4.4, 4.5 e 4.6, respectivamente.

Os elementos presentes nas amostras estão diretamente relacionados com suas possíveis fontes de emissão. Os elementos identificados nas amostras de material particulado podem ser divididos em cinco grupos: elementos relacionados a emissões do solo, elementos relacionados a emissões veiculares (veículos leves e pesados), elementos relacionados a queima de óleo combustível e material particulado de origem secundária, e elementos terras raras.

Para seleção dos grupos de elementos foram utilizados os trabalhos realizados por Lopes (2003), Vallius *et al* (2005), Moraes (2009), Oyama (2010) e Machado (2012). Os elementos terras raras foram incluídos devido a sua presença em parte das amostras e pelo fato de serem característicos em regiões de mineração (LIANG, LI, WANG, 2014), tal como se enquadra a cidade de Catalão-GO.

O grupo de elementos relacionados as emissões do solo é formado pelos elementos Al, Fe, Si, Ca, K, Ba, Sr, Ti e Mn. Essas emissões incluem a poeira ressuspensa de vias não pavimentadas e pavimentadas, portanto podem incluir também partículas oriundas de outras fontes de emissão que foram depositadas na superfície asfáltica.

Os elementos V, Cr, Cu, Zn, Ba, Br, Ti, Ni, Mn, Fe e S forma incluídos no grupo de elementos relacionados as emissões veiculares. O local de amostragem fica próximo a uma avenida com grande movimentação de veículos leves e pesados, portanto não seria prudente fazer a separação destas fontes. Alguns trabalhos porém relacionam os elementos Cu e Br a veículos leves e V, Cu, Cr, Zn, Ti, Ni, Mn e Fe ao tráfego de veículos pesados (OYAMA, 2010; MACHADO, 2012).

Os elementos Os, Pt, Cs e Ag são utilizados em catalisadores automobilísticos e portanto podem ser também associados as emissões veiculares (RANGEL e CARVALHO, 2003; RAUCH *et al*, 2005; POIRIER e GARIÉPY, 2005; BOLDT, SILVA, LEAL, 2013).

O grupo de elementos relacionados a queima de óleo combustível e material particulado secundário inclui os elementos P, S, V, Ni, Zn e Cu. O material particulado secundário é formado na atmosfera pela interação das partículas primárias, que são lançadas na atmosfera diretamente da fonte de emissão, com os componentes naturais da atmosfera, como o oxigênio, por exemplo. Os maiores representantes das partículas secundárias são os fosfatos e sulfatos (VALLIUS, *et al*, 2005).

O grupo dos elementos terras raras inclui Ce, Ho e Y, que podem ser provenientes de uma área de mineração a céu aberto localizada a cerca de 10 km a nordeste do local de amostragem. Neste grupo podem ainda ser incluídos os elementos Nb, Zr e Th, que são característicos de locais de mineração.

As análises das amostras de rocha retiradas das mineradoras foram realizadas também por espectrometria de fluorescência de raios X. Essa etapa do trabalho foi feita para que se pudesse comparar os elementos presentes nas amostras de material particulado com os elementos presentes nas rochas e verificar um possível impacto das mineradoras na composição do material particulado atmosférico. Os dados elementares são apresentados na Tabela 4.7.

TABELA 4.7 - Elementos identificados nas amostras de rocha das mineradoras em Catalão

ELEMENTOS IDENTIFICADOS	MINERADORA "A"		MINERADORA "B"	
	FRAÇÃO ÚMIDA	FRAÇÃO SECA	FRAÇÃO CONVENCIONAL	FRAÇÃO ULTRAFINA
Ca	x	x	x	x
P	x	x	x	x
Fe	x	x	x	x
Ba	x	x	x	x
Sr	x	x	x	x
Si	x	x	x	x
S	x	x		
Mn	x	x	x	x
Ni	x			
Nd	x	x		x
Ce	x	x		
K	x	x	x	x
Nb	x	x	x	x
Zr	x	x	x	x
Y	x	x	x	x
Zn	x	x	x	x
Th	x	x	x	x
Ti	x	x	x	x
W	x	x	x	
Au		x		
Br		x		
Cu			x	x

Dos elementos presentes nas amostras de rocha além dos elementos comuns em solos, como Fe, Si, Ca e K, foram identificados também elementos pesados, como Th, Nd, Ce, Y, Ni e Nb, que são comuns a áreas de mineração. Boa parte destes elementos foram também identificados nas amostras de material particulado, o que indica que embora seja pequena a contribuição das mineradoras há uma parcela de elementos oriundos destas atividades presente no material particulado atmosférico na cidade de Catalão-GO.

4.2 - COMPOSTOS ORGÂNICOS VOLÁTEIS

Os compostos orgânicos identificados durante as amostragens foram divididos em cinco classes: ácidos orgânicos (AO), álcoois, aldeídos, cetonas e derivados (AAC), compostos nitrogenados (CN), compostos sulfurados (CS) e hidrocarbonetos e derivados (HC) (Tabelas 4.8, 4.9, 4.10) A relação dos compostos identificados por classe e dia de amostragem encontram-se no Anexo I.

TABELA 4.8 – Compostos identificados na fibra de PDMS

DATA	CLASSE DE COMPOSTOS					DIREÇÃO DE VENTOS
	AO	AAC	CN	CS	HC	
10/07	<i>x</i>	<i>x</i>				Nordeste
17/07		<i>x</i>	<i>x</i>	<i>x</i>		Nordeste
01/09	<i>x</i>					Noroeste
18/09	<i>x</i>				<i>x</i>	Nordeste
23/09	<i>x</i>	<i>x</i>	<i>x</i>		<i>x</i>	Nordeste
25/09	<i>x</i>	<i>x</i>		<i>x</i>	<i>x</i>	Nordeste
30/09	<i>x</i>	<i>x</i>			<i>x</i>	Sudoeste
02/10	<i>x</i>					Sudeste
16/10	<i>x</i>	<i>x</i>		<i>x</i>	<i>x</i>	Sudeste
21/10	<i>x</i>	<i>x</i>			<i>x</i>	Sudeste
23/10	<i>x</i>				<i>x</i>	Nordeste
28/10	<i>x</i>	<i>x</i>				Sudeste

TABELA 4.9 – Compostos identificados na fibra de PA

DATA	CLASSE DE COMPOSTOS					DIREÇÃO DE VENTOS
	AO	AAC	CN	CS	HC	
07/07			<i>x</i>	<i>x</i>	<i>x</i>	Nordeste
10/07	<i>x</i>		<i>x</i>		<i>x</i>	Nordeste
17/07	<i>x</i>		<i>x</i>		<i>x</i>	Nordeste
22/07			<i>x</i>		<i>x</i>	Nordeste
28/07		<i>x</i>	<i>x</i>	<i>x</i>		Nordeste
31/07			<i>x</i>	<i>x</i>		Nordeste
05/08			<i>x</i>	<i>x</i>		Sudeste
11/08			<i>x</i>			Nordeste
15/08	<i>x</i>	<i>x</i>	<i>x</i>		<i>x</i>	Nordeste
28/08	<i>x</i>	<i>x</i>	<i>x</i>		<i>x</i>	Sudoeste
01/09	<i>x</i>	<i>x</i>	<i>x</i>		<i>x</i>	Noroeste
18/09	<i>x</i>	<i>x</i>	<i>x</i>	<i>x</i>	<i>x</i>	Nordeste
23/09	<i>x</i>	<i>x</i>			<i>x</i>	Nordeste
30/09	<i>x</i>	<i>x</i>	<i>x</i>	<i>x</i>	<i>x</i>	Sudoeste
02/10	<i>x</i>	<i>x</i>	<i>x</i>	<i>x</i>	<i>x</i>	Sudeste
16/10	<i>x</i>	<i>x</i>		<i>x</i>	<i>x</i>	Sudeste
21/10	<i>x</i>	<i>x</i>		<i>x</i>	<i>x</i>	Sudeste
23/10	<i>x</i>	<i>x</i>	<i>x</i>	<i>x</i>	<i>x</i>	Nordeste
28/10		<i>x</i>	<i>x</i>	<i>x</i>	<i>x</i>	Sudeste

A identificação das possíveis fontes de emissão de cada uma das classes de compostos identificados foram feitos de acordo com dados da literatura, que aponta os processos de combustão de fontes móveis e estacionárias como sendo os maiores contribuintes para o lançamento dos compostos identificados na atmosfera.

Os compostos derivados de ácidos orgânicos podem ser provenientes dos processos de combustão de veículos automotores e locomotivas. Estas fontes acordam com o perfil do local de amostragem, que fica próximo a uma avenida movimentada e a um estacionamento. Ao sul do local de amostragem, cerca de 2 km passa uma linha férrea, que pode também ser considerada uma fonte de emissão dos compostos derivados de ácidos orgânicos para a atmosfera. A direção de ventos que favorece a chegada desses compostos liberados das locomotivas até o local de amostragem é norte e nordeste, que foram predominantes nos dias de amostragem, indicando ainda mais sua contribuição. Estes compostos podem ainda ser formados na atmosfera por reações fotoquímicas entre aldeídos e cetonas com a geração de radicais livres, que por sua vez reagem rapidamente com o oxigênio atmosférico produzindo peróxidos e ácidos orgânicos (PIRES, 2005; SOUZA e CARVALHO, 1997).

Os compostos pertencentes a classe de álcoois, aldeídos, cetonas e derivados podem ser lançados na atmosfera por fontes naturais e antrópicas. Surgem a partir de processos industriais e de combustão, e queima de vegetação. No Brasil o aldeído mais comum na atmosfera é o acetaldeído, devido ao uso de álcool hidratado e a mistura de gasolina com álcool anidro como combustível em automóveis (PEREIRA *et al*, 2001). Podem ainda serem formados na atmosfera por reações fotoquímicas de hidrocarbonetos (ANDRADE *et al*, 2002; PIRES, 2005).

As principais fontes de lançamento de hidrocarbonetos na atmosfera são os processos de combustão em fontes estacionárias e veículos automotores, além dos processos industriais. Durante o processo metabólico algumas espécies vegetais também liberam esses compostos na atmosfera (PIRES, 2005; SOUSA, 2002). Juntamente com o óxido nítrico, NO•, os hidrocarbonetos são os principais responsáveis pela formação do smog fotoquímico. Ambos poluentes são provenientes principalmente da queima incompleta dos motores de combustão interna.

Os compostos sulfurados e nitrogenados possuem como principal fonte de emissão a combustão a partir de veículos automotores. Os óxidos de nitrogênio, em

especial, são emitidos por fontes de combustão móveis e estacionárias e exercem papel fundamental na formação do smog fotoquímico. Os compostos contendo enxofre são oriundos da queima de combustíveis fósseis e atividades industriais como refino de petróleo, indústrias de cimento e metalúrgica (MARTINS e ANDRADE, 2002).

CAPÍTULO 5

5 - CONCLUSÕES

As amostragens e análises realizadas mostraram que as concentrações de MP estão de acordo com o que prevê a legislação brasileira. Pela Resolução CONAMA 03/90, que regulamenta as concentrações dos poluentes atmosféricos considerados danosos a saúde, as concentrações máximas permitidas de PTS e MP₁₀ são 240 µg/m³ e 150 µg/m³, respectivamente. Esses padrões foram ultrapassados apenas uma vez para MP₁₀. As partículas menores que 2,5 µm não são contempladas pela legislação brasileira, mas de acordo com os padrões estabelecidos pela OMS a concentração máxima permitida é de 25 µg/m³. Este valor foi ultrapassado em 15 das 20 amostragens realizadas e só diminuiu com o início do período chuvoso pois estas partículas não sofrem deposição pela ação da gravidade devido ao seu diminuto tamanho.

As análises elementares de MP foram realizadas de maneira qualitativa e indicaram que as maiores fontes de emissão dessas partículas para a atmosfera são as emissões veiculares e a ressuspensão da poeira do solo por ação dos ventos.

As amostragens e análise de COVs foram realizadas também de maneira qualitativa e indicam uma forte influência das emissões veiculares na composição da fase gasosa do ar na região em que foram realizadas as amostragens.

Como uma sondagem inicial, este trabalho indica os caminhos a serem trilhados para continuação do monitoramento do ar na cidade de Catalão – GO. Para trabalhos futuros, sugerimos um levantamento do perfil de cada fonte e análise elementar quantitativa de MP e COVs.

CAPÍTULO 6

6 - REFERÊNCIAS

ANDRADE, M. V. A. S.; PINHEIRO, H. L. C.; PEREIRA, P. A. P.; ANDRADE, J. B. Compostos carbonílicos atmosféricos: fontes, reatividade, níveis de concentração e efeitos toxicológicos. **Química Nova**, v. 25, n. 6B, p. 1117-1131, 2002

AQUINO NETO, F. R.; NUNES, D. S. S. **Cromatografia**: princípios básicos e técnicas afins. Rio de Janeiro: Interciência, 2003.

ATKINS, P. W.; OVERTON, T. L.; ROURKE, J. P.; WELLER, M. T.; ARMSTRONG, F. A. **Inorganic Chemistry**. 5 ed. Oxford University Press 2010.

BOLDT, T.; SILVA, A. W.; LEAL, C. S. **Uma análise físico-química dos catalisadores automotivos: um estudo introdutório das propriedades e eficiência catalítica**. In: Simpósio de Integração Científica e Tecnológica do Sul Catarinense, 2., 2013, Araranguá. Anais do 2º Simpósio de Integração Científica e Tecnológica do Sul Catarinense – SICT Sul. p. 248-260, 2013.

BRAGA, B.; HESPANHOL, I.; CONEJO, J. G. L.; MIERZWA, J. C.; BARROS, M. T. L.; SPENCER, M.; PORTO, M.; NUCCI, N.; JULIANO, N.; EIGER, S. **Introdução a engenharia ambiental: o desafio do desenvolvimento sustentável**. 2 ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.

BRASIL. Governo do Estado de Goiás. Lei Estadual nº 8.544, de 17 de outubro de 1978. Dispõe sobre o controle da poluição do meio ambiente. **Governo do Estado de Goiás**, Goiânia – GO. 18 out. 1978.

_____. Governo do Estado de Goiás. Decreto Estadual nº 1.745, de 06 de dezembro de 1979. Dispõe sobre a prevenção e o controle da poluição do meio ambiente. **Governo do Estado de Goiás**, Goiânia – GO. 06 dez. 1979.

_____. Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 2 set. 1981.

_____. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 05, de 15 de junho de 1989. Institui o Programa Nacional de Controle da Qualidade do Ar – PRONAR. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 30 ago. 1989.

_____. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 03, de 28 de junho de 1990. Dispõe sobre padrões de qualidade do ar, previstos no PRONAR. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 22 ago. 1990.

_____. Governo do Estado de Goiás. Decreto Estadual nº 5.871, de 03 de dezembro de 2003. Introduz alterações no Regulamento aprovado pelo Decreto nº 1.745, de 06 de dezembro de 1979. **Governo do Estado de Goiás**, Goiânia – GO. 03 dez. 2003.

_____. Prefeitura Municipal de Catalão. Lei Municipal nº 2.214, de 05 de agosto de 2004. Dispõe sobre a política do meio ambiente, da melhoria da qualidade de vida e garantida das gerações futuras no Município de Catalão. **Prefeitura Municipal de Catalão**, Catalão – GO. 05 ago. 2004.

_____. Departamento Nacional de Produção Mineral. **Economia Mineral do Brasil**, Brasília, DF, 2009

_____, Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resoluções do Conama – Resoluções vigentes publicadas entre setembro de 1984**. Brasília – DF, 2012.

_____. Air Quality Standards. Disponível em <<http://ec.europa.eu/environment/air/quality/standards.htm>> Acesso em 10 de fevereiro de 2015.

COLLINS, C. H; BRAGA, G. L. (Orgs) **Fundamentos de Cromatografia**. Campinas: Ed. Da UNICAMP, 2006.

DEWULF, J; VAN LAGENHOVE, H. Analysis of volatile organic compounds using gas chromatography. **Trends in analytical chemistry**, v. 21, n. 9-10, p. 637-645, 2002.

EUROPEAN COMMISSION. Legislation. Disponível em <<http://ec.europa.eu/environment/air/legis.htm>> Acesso em 21 de janeiro de 2015.

FIFIELD, F. W.; HAINES, P. J. **Environmental Analytical Chemistry**. 2. ed. Blackwell Science, 2000.

GOMIDE, C. S.; BROD, J. A.; JUNQUEIRA-BROD, T. C.; BUHUN, B. M.; SANTOS, R. V.; BARBOSA, E. S. R.; CORDEIRO, P. F. O.; PALMIERI, M.;

GRASSO, C. B.; TORRES, M. G. Sulfur isotopes from Brazilian alkaline carbonatite complexes. **Chemical Geology**, v. 341, p. 38-49, 2013.

HINDS, W. C. **Aerosol Technology**: properties, behavior and measurement of airborne particles. 2 ed. John Wiley & Sons, 1999.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/>> Acesso em 21 de janeiro de 2015.

JONES, A. P. Indoor air quality and health. **Atmospheric Environment**, v. 33, p. 4535-4564, 1999.

KJELLSTROM, T. E.; NELLER, A.; SIMPSON, R. W. Air pollution and its health impacts: the changing panorama. **MJA**, v. 177, p. 604-608, 2002.

KLUKANOVÁ, A.; RAPANT, S. Impact of mining activities upon the environment of the Slovak Republic: two cases studies. **Journal of Geochemical Exploration**, v. 66, p. 299-306, 1999.

KOTOWSKA, U.; ZALIKOWSKI, M.; ISIDOROV, V. A. HS-SPME/GC-MS analysis of volatile and semi-volatile organic compounds emitted from municipal sewage sludge. **Environmental Monitoring and Assessment**, v 184, p. 2893-2907, 2012.

LIANG, T.; LI, K.; WANG, L. State of rare Earth elements in different environmental components in mining areas of China. **Environment Monitoring Assessment**, v. 186, p. 1499-1513, 2014.

LIANG, T.; LI, K.; WANG, L. State of rare Earth elements in different environmental components in mining area of China. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 186, p. 1499-1513, 2014.

LOPES, F. **Caracterização química do material particulado suspenso na atmosfera empregando a fluorescência de raios X dispersiva em energia (EDXRF)**. 2003. 89 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

LU, S.; YI, F.; HAO, X.; YU, S.; REN, J.; WU, M.; JIALIANG, F.; YONEMOCHI, S.; WANG, Q. Physicochemical properties and ability to generate free radicals of ambient coarse, fine, and ultrafine particles in the atmosphere of Xuanwei, China, an area of high lung cancer incidence. **Atmospheric Environment**, v. 97, p. 519-528, 2014.

MACHADO, V. B. **Identificação das fontes de Material Particulado fino (MP_{2,5}) de Porto Alegre**. 2012. 94 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas – Universidade de São Paulo. São Paulo, 2012.

MAGALHÃES, L. C. **Estudo do material particulado atmosférico e metais associados as partículas totais em suspensão na cidade de Ouro Preto, MG**. 2005. 65 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental – Uso e Conservação de Recursos Hídricos, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2005.

MANAHAN, S. E. **Environmental Science, Technology, and Chemistry**. Environmental Chemistry. Boca Raton: CRC Press LLC, 2000.

MARTINS, C. R.; ANDRADE, J. B. Química atmosférica do enxofre (IV): emissões, reações em fase aquosa e impacto ambiental. **Química Nova**, v. 25, n. 2, p. 259-272, 2002.

MESTRES, M.; BUSTO, O.; GUASCH, J. Headspace solid-phase microextraction analysis of volatile sulphides and disulphides in wine aroma. **Journal of Chromatography A**, v. 808, p. 211-218, 1998.

MIRANDA, R. M.; ANDRADE, M. F.; FORNARO, A.; ASTOLFO, R.; ANDRÉ, P. A.; SALDIVA, P. Urban air pollution: a representative survey of PM_{2,5} mass concentrations in six Brazilian cities. **Air Quality Atmosphere and Health**, v. 5, p. 63-67, 2012.

MORAES, L. M. B. **Utilização da técnica de fluorescência de raios X por dispersão em energia (EDXRF) na avaliação do material particulado em suspensão na cidade de Limeira – SP**. 2009. 118 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.

NASCIMENTO FILHO, V. F. **Técnicas analíticas nucleares de fluorescência de raios X por dispersão de energia (ED-XRF) e por reflexão total (TXRF)**. (Material Didático) - Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, 1999. Disponível em < http://www.raiosx.ufc.br/site/wp-content/uploads/downloads/2012/10/EDXRF_TXRF.pdf > Acesso em 21 de janeiro de 2015.

OMS – Organização Mundial da Saúde. **Guia de Qualidade do ar** – Material Particulado, ozônio, dióxido de nitrogênio e dióxido de enxofre. Copenhagen – Dinamarca, 2005 (em inglês)

OYAMA, B. S. **Identificação das fontes de partículas finas na atmosfera urbana de São Paulo**. 2010. 93 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

PAWLISZYN, J. Theory of solid-phase microextraction. **Journal of Chromatographic Science**. v. 38, p. 270-278, 2000.

PEDROSA, L. E. **A apropriação do relevo urbano e suas implicações sócio ambientais: um estudo de caso em Catalão (GO)**. 2001. 149 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Instituto de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2001.

PEREIRA, E. A.; CARDOSO, A. A. Gota suspensa para avaliação de aldeído total no ar interno e externo do ambiente. **Química Nova**. v. 24, n. 4, p. 443-448, 2001.

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. 188 f. Dissertação (Mestre em Ciências em Planejamento Energético) – Programas de Pós-Graduação de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.

POIRIER, A.; GARIÉPY, C. Isotopic signature and impact of car catalysts on the anthropogenic osmium budget. **Environmental Science & Technology**, v. 39, n. 12, p. 4431-4434, 2005.

POZZA, S. A. **Características temporais da concentração de material particulado na atmosfera da cidade de São Carlos-SP**. 2009. 141 p. Tese. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Centro de Ciências Exatas e Tecnologia, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2009.

POZZA, S. A. Identificação das fontes de poluição atmosférica na cidade de São Carlos – SP. 2005. 104 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Centro de Ciências Exatas e Tecnologia, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2005.

QUEIROZ, P. G. M.; JACOMINO, V. M. F.; MENEZES, M. A. B. C. Composição elementar do material particulado presente no aerossol atmosférico do município de Sete Lagoas, Minas Gerais. **Química Nova**, v. 30, n. 5, p. 1233-1239, 2007.

RANGEL, M. C.; CARVALHO, M. F. A. Impacto dos catalisadores automotivos no controle da qualidade do ar. **Química Nova**, v. 26, n. 2, p. 256-277, 2003.

RAUCH, S.; HEMOND, H. F.; PEUCKER-EHRENBRINK, B.; EK, K. H.; MORRISON, G. M. Platinun group element concentrations and osmium isotopic composition in urban airborne particles from Boston, Massachussets. **Environmental Science & Technology**, v. 39, n. 24, p. 9464-9470, 2005.

RIBEIRO, C. C. **Geologia, geometalurgia, controle e gênese dos depósitos de fósfora, terras raras e titânio do complexo carbonatítico Catalão I, GO**. 2008. 473 p. Tese. Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Brasília, 2008.

ROCHA, J. C.; ROSA, A. H.; CARDOSO, A. A. **Introdução a Química Ambiental**. 2 ed. Porto Alegre: Bookman, 2009.

SARKAR, S.; KHILLARE, P. S.; JYETHY, D. S.; HASAN, A.; PARWEEN, M. Chemical Speciaion of respirable suspended particulate matter during a major firework festival in India. **Journal of Harzadous Materials**, v. 184, p. 321-330, 2010.

SCHRIMER, W. N.; QUADROS, M. E. Compostos orgânicos voláteis biogênicos emitidos a partir de vegetação e seu papel no ozônio troposférico urbano. **Revista da Sociedade Brasileira de Autorização Urbana**, Piracicaba, v. 5, n. 1, p. 25-42, 2010.

SINGH, A. K.; SRIVASTAVA, M. K.; SINGH, M.; SRIVASTAVA, A.; KUMAR, S.; TIWARI, S.; SINGH, B. P.; BISHT, D. S.; TIWARI, S. Characterisation of atmospheric aerossol by SEM-EDX and ion-chromatography techniques for eastern Indo-Gangetic Plain Location, Varanasi, India. **International Journal of Advances in Earth Sciences**, v. 3, p. 41-51, 2014.

SKOOG, D. A.; WEST, D. W.; HOLLER, F. J.; CROUCH, S. R. **Fundamentos de Química Analítica**. Tradução de Marco Grassi. 8 ed. São Paulo: Cengage Learning, 2010.

SOUSA, K. R. P. **Estudo sobre compostos orgânicos voláteis presentes no ar do município de Paulínia**. 2002. 193 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química).

Faculdade de Engenharia Química, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2002.

SOUZA, P. A. S.; MELLO, W. Z.; MARIANI, R. L.; SELLA, S. M. Caracterização do material particulado fino e grosso e composição da fração inorgânica solúvel em água em São José dos Campos (SP). **Química Nova**, v. 33, n. 6, p. 1247-1253, 2010.

SOUZA, S. R.; CARVALHO, L. R.F. Determinação de ácidos carboxílicos na atmosfera urbana de São Paulo – uma abordagem analítica e ambiental. **Química Nova**, v. 20, n. 3, p. 245-251, 1997.

STOYANOVA, V.; SHOUMKOVA, A.; FISAK, J.; TSACHEVA, T. SEM-EDX identification of particles from fog in an industrially polluted region of Czech Republic. **Air Pollution and Climate Change**, In: International Multidisciplinary Scientific Geo-Conference SGEM 2010, p. 269-276, 2010.

USEPA. **Clean Air Act**. Disponível em <<http://www.epw.senate.gov/envlaws/cleanair.pdf>> Acesso em 21 de janeiro de 2015.

USEPA. **Laws & Regulations** – Summary of the Clean Air Act. Disponível em <<http://www2.epa.gov/laws-regulations/summary-clean-air-act>> Acesso em 16 de março de 2015.

USEPA. **National Ambient Air Quality Standards (NAAQS)**. Disponível em <<http://epa.gov/air/criteria.html>> Acesso em 21 de janeiro de 2015.

VALENTE, A. L, P.; AUGUSTO, F. Microextração por fase sólida. **Química Nova**, v. 23, n. 4, p. 523-530, 2000.

VALLIUS, M.; JANSSEN, N. A. H.; HEINRICH, J.; HOEK, G.; RUUSKANEN, J.; CYRYS, J.; VAN GRIEKEN, R.; de HARTOG, J. J.; KREYLING, W. G.; PEKKANEN, J. Sources and elemental composition of ambiente PM_{2,5} in three European cities. **Science of the Total Environment**, v. 337, p. 147-162, 2005.

WEGRZYNEK, D. Commercial applications of X ray spectrometric techniques. **International Atomic Energy Agency**. p. 1-8, 2004.

WILLIAMS, J.; KOPPMANN, R. Volatile Organic Compounds in the Atmosphere: an overview. In: KOPPMANN, R. (Org). **Volatile Organic Compounds in the Atmosphere**. Blackwell Publishing, 2007. p. 1-19.

ANEXOS

ANEXO I – Planilhas e equações para cálculo das concentrações do material particulado

IA- Equações para o cálculo da concentração de PTS

A concentração das partículas totais em suspensão é dada pela expressão:

$$C_{PTS} = (10^6) \frac{M_l}{V_p}$$

Onde:

C_{PTS} : concentração para partículas totais em suspensão, expressa em $\mu\text{g}/\text{m}^3$

M_l : ganho líquido de partículas no filtro ($m_f - m_i$)

V_p : volume total de ar amostrado em unidade padrão de volume, m^3

10^6 : fator de conversão

O volume de ar amostrado, V_p , é expresso por:

$$V_p = \sum_{i=1}^{24} V_{pi}$$

Onde:

V_p : volume total de ar amostrado em unidade padrão de volume, m^3

V_{pi} : volume de ar amostrado no intervalo i em unidade padrão de volume, m^3/min

n : número de intervalos, 24

V_{pi} por sua vez é dado por:

$$V_{pi} = Q_{pi} \times \Delta t$$

Onde:

Q_{pi} : vazão média no intervalo, dada em m^3/min

Δt : tempo de intervalo, 60 min

A vazão média, Q_{pi} , em cada intervalo de 60 min i , é determinada por:

$$Q_{pi} = \frac{1}{a_2} \left(\sqrt{D_i \left(\frac{P_3}{P_p} \right) \left(\frac{T_p}{T_3} \right)} - b_2 \right)$$

Onde:

D_i : deflexão média obtida da leitura da carta para o intervalo i considerado

P_3 : pressão barométrica média durante a amostragem, em mmHg

P_p : 760 mmHg

T_p : 298 K

T_3 : temperatura ambiente média durante a amostragem

a_2 : inclinação da reta de calibração do AGV/PTS

b_2 : inclinação da reta de calibração do AGV/PTS

IB – Equações para o cálculo da concentração de MP_{10} e $MP_{2,5}$

A concentração de MP_{10} e $MP_{2,5}$, que serão aqui expressos apenas como MP, é dada por:

$$C_{MP} = (10^6) \frac{M_l}{V_p}$$

Onde:

C_{MP} : concentração para MP_{10} e $MP_{2,5}$, expressa em $\mu\text{g}/\text{m}^3$

M_l : ganho líquido de partículas no filtro ($m_f - m_i$)

V_p : volume total de ar amostrado em unidade padrão de volume, m^3

10^6 : fator de conversão

O volume de ar amostrado, V_p , é dado por:

$$V_p = Q_p \times \Delta t$$

Onde:

Q_p : vazão média no intervalo, dada em m^3/min

Δt : tempo de intervalo, 60 min

A vazão média, Q_p , é determinada por:

$$Q_p = Q_r \left(\frac{P_m}{P_o} \right) \left(\frac{T_p}{T_m} \right)$$

Onde:

Q_p : vazão média do amostrador, expressa em m^3/min

Q_r : vazão real do amostrador para o período de amostragem, expressa em m^3/min

P_m : pressão barométrica média no período de amostragem, expressa em mmHg

P_o : pressão de estagnação média, em mmHg

T_m : temperatura ambiente média no período de amostragem, expressa em K

T_p : 298 K

Por sua vez a vazão real média, Q_r , é dada por:

$$Q_r = \frac{1}{a_2} \left[\left(\frac{P_o}{P_m} - b_2 \right) \sqrt{T_m} \right]$$

Onde:

a_2 : inclinação da reta de calibração do AGV/MP

P_m : pressão barométrica média no período de amostragem, expressa em mmHg

P_o : pressão de estagnação média, em mmHg

T_m : temperatura ambiente média no período de amostragem, expressa em K

b_2 : inclinação da reta de calibração do AGV/MP

A pressão de estagnação média, P_o , é calculada por:

$$P_o = P_m - dH_{fHg}$$

Onde:

P_m : pressão barométrica média no período de amostragem, em mmHg

dH_{fHg} : pressão diferencial no filtro em mmHg

A pressão diferencial no filtro, dH_f , é a média das leituras inicial e final da pressão de estagnação diferencial:

$$dH_f = \frac{dH_{fi} + dH_{ff}}{2}$$

Esse valor é dado em cmH_2O e deve ser corrigido para mmHg pela equação:

$$dH_{fHg} = \frac{dH_f}{1,36}$$

Onde:

dH_{fHg} : pressão diferencial no filtro em mmHg

1,36: fator de conversão

Dados da Amostragem					
N° da Amostragem:	002/14		Período:	19/08/14	a 20/08/14
N° do Amostrador:	HPV-1288		Hora:	23:59	a 23:59
Local:	UFG/RC		Duração:	24 horas (nominal)	
N° Filtro:	002/14		Tipo:	Fibra de vidro	
Dados da Calibração do AGV PTS					
Calibrado c/ CPV N°:	CPV-0634	Última calibração do AGV PTS:		07/07/14	
Inclinação (a ₂):	1,8138	Intecepto (b ₂):	-0,0628	Correlação (r ₂):	0,9996
ANOTAÇÕES DE CAMPO					
Temperatura ambiente média (T ₃):	23 °C	296 K	T _p = 298 K		
Pressão barométrica média (P ₃):	688,3 mm Hg	P _p = 760 mmHg			
Leitura inicial horômetro:	569,40 horas	Leitura final horômetro:		809,40 horas	
Diferença de leituras do horômetro:	240,00 horas	Diferença em minutos:		1.440,0 minutos	
Dados do Volume					
Número Intervalo	Deflexão	Vazão (m ³ /min)	Intervalo (min)	Volume (m ³)	
1	6,80	1,4074	60	84,45	
2	6,80	1,4074	60	84,45	
3	6,80	1,4074	60	84,45	
4	7,10	1,4374	60	86,24	
5	7,10	1,4374	60	86,24	
6	7,10	1,4374	60	86,24	
7	7,20	1,4472	60	86,83	
8	7,20	1,4472	60	86,83	
9	6,90	1,4175	60	85,05	
10	6,80	1,4074	60	84,45	
11	6,80	1,4074	60	84,45	
12	6,80	1,4074	60	84,45	
13	6,50	1,3768	60	82,61	
14	6,60	1,3871	60	83,23	
15	6,80	1,4074	60	84,45	
16	6,80	1,4074	60	84,45	
17	6,70	1,3973	60	83,84	
18	6,60	1,3871	60	83,23	
19	6,50	1,3768	60	82,61	
20	6,50	1,3768	60	82,61	
21	6,40	1,3664	60	81,99	
22	6,50	1,3768	60	82,61	
23	6,50	1,3768	60	82,61	
24	6,50	1,3768	60,0	82,61	
				2.020,94	m ³
$Q_p = \frac{1}{a_2} \left[\sqrt{D \left(\frac{P_3}{760} \right) \left(\frac{298}{T_3} \right)} - b_2 \right]$					
Dados da Pesagem					
Peso inicial (M _i):		2,6883	g		
Peso final (M _f):		2,9020	g		
Peso líquido (M _l):		0,2137	g		
Dados da Concentração de Partículas Totas em Suspensão (PTS)					
Concentração (PTS):		105,74	µg/m ³		
$PTS = \left(\frac{M_l}{V_p} \right) 10^6$					

FIGURA A1: Planilha para cálculo da concentração de PTS

LOCAL E PERÍODO DE AMOSTRAGEM						
Local:	UFG/RC					
Período nominal de amostragem:	24	horas				
Período de amostragem	Data-início:	19/08/14	Data-final:	20/08/14		
	Hora-início:	23:59	Hora-final:	23:59		
DADOS AMBIENTAIS						
Pressão barom. Média (P_m ou P_s):	688,3	mmHg	Temp.média (T_m ou T_s):	23	°C	
Pressão barom. CONAMA (P_p):	760	mmHg		25	°C	
DADOS DA ÚLTIMA CALIBRAÇÃO DO AMOSTRADOR						
Na forma de tabela de vazão?	Sim	<input type="checkbox"/>	Não	<input checked="" type="checkbox"/>		
Na forma de equação (da reta)?	Sim	<input checked="" type="checkbox"/>	Não	<input type="checkbox"/>		
Se na forma de reta, apresente dados:	a_2	8,6313	$b_2 =$	0,399	$r_2 =$ 0,9998	
Data da última calibração ou verificação:	08/07/14					
DADOS (LEITURAS) DO CAMPO						
Pressão diferencial no filtro (cm H ₂ O):	Inicial (dH _f):			Final (dH _f):		
	p/cima	p/baixo	total	p/cima	p/baixo	total
	20	20,5	40,5	20	21,9	41,9
Leitura do horômetro:	Inicial:	525,4	Final:	765,6		
Leitura média da carta gráfica (D):	4,7					
DADOS DO FILTRO						
N° do filtro:	003/14	Peso inicial (g):	2,3773	Peso final (g):	2,7493	
CÁLCULOS						
Pressão diferencial média (dH _f), em cm H ₂ O [(dH _f) = (dH _f + dH _f)/2]	= 41,2					
Pressão diferencial média (dH _{fHg}), em mmHg [(dH _{fHg}) = (dH _f)/1,13]	= 30,3					
Pressão de estagnação (P_o), em mmHg [$P_o = P_m - dH_{fHg}$]	= 658,0					
Taxa de pressão média (P_o/P_m):	= 0,956					
Vazão média nas condições reais (Q _r), em m ³ /min - obtida da equação da reta	= 1,110					
Vazão média nas condições padrão (Q _p), em m ³ /min [Q _p = (Q _r)(P _m /P _p)(T _p /T _m)]	= 1,012					
Período de amostragem (t), em minutos	= 1440,12					
Volume nas condições padrão (V _p), em m ³ , [V _p = (Q _p)(t)]	= 1.457,81					
Peso líquido do material particulado (MP), em g, [M _l = M _f - M _i]	= 0,372					
Concentração de material particulado no ar (C _{MP10}), em µg/m ³ [C _{MP10} = (M _l)(10 ⁶)/V _p]	= 255,18					
CONTROLE DA QUALIDADE						
Q _r entre 1,05 e 1,21 m ³ /min?	Sim	<input checked="" type="checkbox"/>	Não	<input type="checkbox"/>		
Amostrador calibrado (ou verificado) conforme programação?	Sim	<input checked="" type="checkbox"/>	Não	<input type="checkbox"/>		
Registrador de eventos acusou alguma anormalidade?	Sim	<input type="checkbox"/>	Não	<input checked="" type="checkbox"/>		
Algum evento incomum durante a amostragem?	Sim	<input type="checkbox"/>	Não	<input checked="" type="checkbox"/>		

FIGURA A2 – Planilha para cálculo da concentração de MP₁₀

DADOS DO EQUIPAMENTO						
AGV MP _{2,5} N°	MP2,5-0020	CVV N°	CVV-0240			
LOCAL E PERÍODO DE AMOSTRAGEM						
Local:	UFG-RC	N° Estação:				
Período nominal de amostragem:	24	horas				
Período de amostragem	Data-início:	29/11/14	Data-final: 30/11/14			
	Hora-início:	23:59	Hora-final: 23:59			
DADOS AMBIENTAIS						
Pressão barom. Média (P _m ou P _s):	686,7	mmHg	Temp.média (T _m ou T _s) 23,8 °C			
Pressão barom. CONAMA (P _p):	760	mmHg	25 °C			
DADOS DA ÚLTIMA CALIBRAÇÃO DO AMOSTRADOR						
Na forma de tabela de vazão?	Sim <input type="checkbox"/>	Não <input checked="" type="checkbox"/>				
Na forma de equação (da reta)?	Sim <input checked="" type="checkbox"/>	Não <input type="checkbox"/>				
Se na forma de reta, apresente dados:	a ₂ 7,871	b ₂ = 0,4498	r ₂ = 0,9827			
Data da última calibração ou verificação:	20/10/09					
DADOS (LEITURAS) DO CAMPO						
Pressão diferencial no filtro (cm H ₂ O):	Inicial (dH _f):		Final (dH _f):			
	p/cima	p/baixo	total	p/cima	p/baixo	total
	21,4	21,2	42,6	21,8	21,8	43,6
Leitura do horâmetro:	Inicial:	4577,4	Final:	4817,7		
Leitura média da carta gráfica (D):	3,05					
DADOS DO FILTRO						
N° do filtro:	054-14	Peso inicial (g):	2,6883	Peso final (g):	2,6993	
CÁLCULOS						
Pressão diferencial média (dH _f), em cm H ₂ O [(dH _f) = (dH _{f1} + dH _{f2})/2]	=	43,1				
Pressão direncial média (dH _{fHg}), em mmHg [(dH _{fHg})= (dH _f)/1,13]	=	31,7				
Pressão de estagnação (P ₀), em mmHg [P ₀ = P _m - dH _{fHg}]	=	655,0				
Taxa de pressão média (P ₀ /P _m):	=	0,954				
Vazão média nas condições reais (Q _r), em m ³ /min - obtida da equação da reta	=	1,103				
Vazão média nas condições padrão (Q _p), em m ³ /min [Q _r (P _m /P _p)(T _p /T _m)]	=	1,001				
Período de amostragem (t), em minutos	=	1440,18				
Volume nas condições padrão (V _p), em m ³ , [V _p =(Q _p)(t)]	=	1.441,45				
Peso líquido do material particulado (MP), em g, [M _l = M _r - M ₀]	=	0,011				
Concentração de material particulado no ar (C _{MP2,5}), em µg/m ³ [C _{MP2,5} = (M _l)(10 ⁶)/V _p]	=	7,63				
CONTROLE DA QUALIDADE						
Q _r entre 1,05 e 1,21 m ³ /min?	Sim	<input checked="" type="checkbox"/>	Não <input type="checkbox"/>			
Amostrador calibrado (ou verificadoconforme programação?	Sim	<input checked="" type="checkbox"/>	Não <input type="checkbox"/>			
Registrador de eventos acusou alguma anormalidade?	Sim	<input type="checkbox"/>	Não <input checked="" type="checkbox"/>			
Algum evento incomum durante a amostragem?	Sim	<input type="checkbox"/>	Não <input checked="" type="checkbox"/>			

FIGURA A3 – Planilha para cálculo da concentração de MP_{2,5}

ANEXO II: Lista de compostos identificados nas fibras de PA, PDMS e CAR/PDMS

TABELA A.1 – Compostos identificados na fibra de PA

Data	Classe de Compostos	Compostos Identificados
07/07	Compostos nitrogenados	2,4-diisocianato-1-metil benzeno
	Compostos sulfurados	1,1'-(4-metil-1,3-fenileno)bis{3-[5-(p-tolil)-1,3,4-tiadiazol-2-il]uréia}
	Hidrocarbonetos e derivados	Tetrahidrofurano
10/07	Ácidos orgânicos e derivados	bis(2-metilpropil)éster ácido 1,2-benzenodicarboxílico
	Compostos nitrogenados	2,4-diisocianato-1-metil benzeno 4-(1-pirrolidinil) piridina
	Hidrocarbonetos e derivados	Benzofenona
17/07	Ácidos orgânicos e derivados	4-hidróxi ácido butanoico
	Compostos nitrogenados	2,4-diisocianato-1-metil benzeno 2-benzoil-12-dodecanolactama
	Hidrocarbonetos e derivados	Tetrahidrofurano
22/07	Compostos nitrogenados	2,4-diisocianato-1-metil-benzeno
	Hidrocarbonetos e derivados	Tetrahidrofurano
28/07	Álcoois, aldeídos, cetonas e derivados	Benzofenona
	Compostos nitrogenados	2,4-diisocianato-1-metil benzeno 4-(1-pirrolidinil) piridina
	Hidrocarbonetos e derivados	Tetrahidrofurano
31/07	Compostos nitrogenados	2,4-diisocianato-1-metil benzeno
	Compostos sulfurados	1,1'-(4-metil-1,3-fenileno)bis{3-[5-(p-tolil)-1,3,4-tiadiazol-2-il]uréia}
05/08	Compostos nitrogenados	2,4-diisocianato-1-metil benzeno 4-(1-pirrolidinil) piridina 4-(metóximetil)-6-metil-2-(2-propenilóxi) 3-piridinacarbonitrila
	Compostos sulfurados	1,1'-(4-metil-1,3-fenileno)bis{3-[5-(p-toluil)-1,3,4-tiadiazol-2-il]uréia}
		2,4-diisocianato-1-metil benzeno
11/08	Compostos nitrogenados	2,4-diisocianato-1-metil benzeno
15/08	Ácidos orgânicos e derivados	metil éster ácido benzoico
		butil octil éster ácido 1,2-benzenodicarboxílico

TABELA A.1 – Compostos identificados na fibra de PA (continuação)

Data	Classe de Compostos	Compostos Identificados
15/08	Álcoois, aldeídos, cetonas e derivados	2-etil butanal
		2-(2-etóxi) etanol
		(6-hidróximetil-2,3-dimetilfenil)metanol
		benzofenona
	Compostos nitrogenados	4-(1-pirrolidinil) piridina
		2'-etilfenilcarbamato(éster) eserolina
		2,4-diisocianato-1-metil benzeno
Hidrocarbonetos e derivados	Tetrahidrofurano	
	9-isopropil-1-metil-2-metileno-5-oxatriciclo[5.4.0.0(3,8)]undecano	
28/08	Ácidos orgânicos e derivados	butil octil éster ácido 1,2-benzenodicarboxílico
	Álcoois, aldeídos, cetonas e derivados	benzofenona
	Compostos nitrogenados	2,4-diisocianato-1-metil benzeno
		1,1'-(4-metil-1,3-fenileno)bis{3-[5-(p-toluil)-1,3,4-tiadiazol-2-il]uréia}
		4-(metóximetil)-6-metil-2-(2-propenilóxi) 3-piridinacarbonitrila
Hidrocarbonetos e derivados	tetrahidrofurano	
01/09	Ácidos orgânicos e derivados	butil octil ester ácido 1,2-benzenodicarboxílico
	Álcoois, aldeídos, cetonas e derivados	2,4'-isopropilidenedi fenol
	Compostos nitrogenados	2,4-diisocianato-1-metil benzeno
		3-amino-4-metil-6,7-dimetóxiquinolina
		4-(metóximetil)-6-metil-2-(2-propenilóxi) 3-piridinacarbonitrila
Hidrocarbonetos e derivados	Tetrahidrofurano	
18/09	Ácidos orgânicos e derivados	metil éster ácido benzóico
		2-t-butil-5-propil-[1,3]dioxolan-4-ona
		ácido 4-amino-1,5-pentanodióico
		ácido 4-amino-1,5-pentanodióico
		1-(2-hidróxi-1-metil-etil)-3-metóximetóxi-2-metil-propil éster ácido acético
		4-pentadecil éster ácido butírico
		bis(2-metilpropil) éster ácido 1,2-benzenodicarboxílico

TABELA A.1 – Compostos identificados na fibra de PA (continuação)

Data	Classe de Compostos	Compostos Identificados
18/09	Ácidos orgânicos e derivados	14-hidróxi-15-metil ácido 15-hexadecenóico
		ácido 5,8,11,14-dicosatetraínico
		metil éster 2-octil ácido cilopropanotetradecanóico
	Álcoois, aldeídos, cetonas e derivados	2-(2-etóxi) etanol
		fenol
		4-butóxi 1-butanol
		2-propil-tetrahidropiran-3-ol
		4-(hexilóxi) 1-butanol
		3-metil-hepta-1,6-dien-3-ol
		Benzofenona
		(2-hidróxifenil)fenil metanona
		tetrahydro[2,2']bifiranil-5-ona
		2-t-butil-5-propil[1,3]dioxolan-4-ona
		1-propil-3,6-diazahomoadanantan-9-ol
		2-propil-tetrahidropiran-3-ol
	2-hexadecanol	
	Compostos nitrogenados	boro trimetilamina
		2,7-difenil-1,6-dioxopiridazinol[4,5:2',3']pirrol[4',5'-d]piridazina
	Compostos sulfurados	5-hidróxi-7-metil-6-propil tiazol[4,5-b]piridin-2(3H)-ona
		2-miristinoil panteteína
	Hidrocarbonetos e derivados	2,2'-[1,4-butanodiilbis(oximetileno)]bis oxirano
		(1-metilbutil) oxirano
		4b,10a-dihidro benzo[b]benzo[3,4]ciclobuta[1,2-e]dioxina
2-pentadecil 1,3-dioxepano		
23/09	Ácidos orgânicos e derivados	metil éster ácido benzoico
		2-etilhexil éster ácido n-butírico
		ácido 4-amino-1,5-pentanodióico
		14-hidróxi-15-metil ácido 15-hexadecenóico
		cis (2-fenil-1,3-dioxolan-4-il) metil éster ácido 9-octadecenóico
		2-hidróxi ácido tetradecanóico
	Álcoois, aldeídos, cetonas e derivados	2-metil 1-pentanol
4-butóxi 1-butanol		

TABELA A.1 – Compostos identificados na fibra de PA (continuação)

Data	Classe de Compostos	Compostos Identificados
23/09	Álcoois, aldeídos, cetonas e derivados	2-t-butil-5-propil[1,3]dioxolan-4-ona
		3-etil-5-metil fenol
		4-(1-metiletóxi) 1-butanol
		3-(2,2-dimetilpropóxi) 2-butanol
		4-(hexilóxi) 1-butanol
		Benzofenona
		(2-hidróxifenil)fenil metanona
		2,2-dimetil 1-butanol
		4-sec-butóxi-butanona
		2-propil-tetrahidropiran-3-ol
		3-fenil-2-benzofuran-1(3H)-ona
	2-propil-tetrahidropiran-3-ol	
	Hidrocarbonetos e derivados	2,2'-[1,4-butanodiilbis(oximetileno)]bis oxirano
		metil 6-oxoheptanoato
dibutil ftalato		
		2-etil-5-metil 1,4-dioxano
25/09	Ácidos orgânicos e derivados	metil éster ácido benzoico
		ácido 4-amino-1,5-pentanodióico
		2-etilhexiléster ácido n-butírico
		2-propiltetrahidropiran-3-il éster ácido acético
		cis (2-fenil-1,3-dioxolan-4-il) metil éster ácido 9-octadecenóico
		isobutil nonil éster ácido ftálico
		14-hidróxi-15-metil ácido 15-hexadecenóico
	Álcoois, aldeídos, cetonas e derivados	4-butóxi 1-butanol
		2-t-butil-5-propil[1,3]dioxolan-4-ona
		2-propil-tetrahidropiran-3-ol
		4-sec-butóxi-2-butanona
		4-(hexilóxi) 1-butanol
		5-(2-tetrahidrofurfuril) heptan-2-ol
	Benzofenona	
	Compostos sulfurados	carboisopropóxi isopropóxi sulfeto
		2-miristinoil panteteína
	Hidrocarbonetos e derivados	2-pentadecil 1,3-dioxepano
		Hetpano
		2,2'-[1,4-butanodiilbis(oximetileno)]bis oxirano
	30/09	Ácidos orgânicos e derivados

TABELA A.1 – Compostos identificados na fibra de PA (continuação)

Data	Classe de Compostos	Compostos Identificados
30/09	Ácidos orgânicos e derivados	metiléster ácido 9octadecen12inóico
		2'-hexil metil éster ácido [1,1'-biciclopropil]-2-octanóico
		ácido 4-amino-1,5-pentanodióico
		ácido undecanóico
		butil octil éster ácido 1,2-benzenodicarboxílico
	Álcoois, aldeídos, cetonas e derivados	2-t-butil-5-propil-[1,3]dioxolan-4-ona
		3,7,11-trimetil 1-dodecanol
		2-(2-etóxi) etanol
		6-hidróxi 9-oxabicyclo[3.3.1]nonan-2-ona
		4-butóxi 1-butanol
		2-(1,1-dimetil) ciclohexanol
		2-propil-tetrahidropiran-3-ol
	Compostos nitrogenados	2-metil 1-butanamina
		3-metil 2-butanamina
		trimetilamina borano
		4-(2,5-dihidro-3-metóxi)fenil)butilamina
		2,7-difenil-1,6-dioxopiridazino[4,5:2',3']pirrol[4',5'-d]piridazina
	Compostos sulfurados	2-miristinoil panteteína
	Hidrocarbonetos e derivados	2-etil-5-metil 1,2-dioxano
		copaeno alfa
		4-[(2-metóxi-4-octadecenil)óxi]metil]-2,2-dimetil 1,3-dioxolano
		2,2'-[1,4-butanodiilbis(oximetileno)]bis oxirano
		trans-calameneno
02/10	Ácidos orgânicos e derivados	ácido undecanóico
		butil octil éster ácido 1,2-benzenodicarboxílico
	Álcoois, aldeídos, cetonas e derivados	Benzofenona
	Compostos nitrogenados	trimetilamina borano
3',8,8'-trimetóxi-3-piperidil-2,2'-binaftaleno-1,1',4,4'-tetrona		

TABELA A.1 – Compostos identificados na fibra de PA (continuação)

Data	Classe de Compostos	Compostos Identificados
02/10	Compostos nitrogenados	N-trifluoroacetil 1-aminononadecano
		3-(4,6-dibromo-2-hidroxifenilmetilenamino) 4,6-dimetil-2(1H)piridona
	Compostos sulfurados	2-miristinoil panteteína
	Hidrocarbonetos e derivados	Digitoxina 2,2-dimetil-4-[(2-metilhexadecil)oxi]metil] 1,3-dioxolano
16/10	Ácidos orgânicos e derivados	ácido 4-amino-1,5-pentanodióico
		etil pentadecil ester ácido ftálico
		dibutil ester ácido pentanodióico
		cis (2-fenil-1,3-dioxolan-4-il)metil éster ácido 9-octadecenóico
		butil octil éster ácido 1,2-benzenodicarboxílico
	Álcoois, aldeídos, cetonas e derivados	4-butoxi 1-butanol
		2-(1,1-dimetiletil) ciclohexanol
		2-t-butil-5-propil-[1,3]dioxolan-4-ona
		Benzofenona
		2-metil-3-(2-metilpropoxi) 2-ciclohexen-1-ona
	Compostos sulfurados	Benzotiazol
		2-miristinoil panteteína
		Hidrocarbonetos e derivados
	diethyl (2-(hidroxiiniono)ciclooctil)malonato	
trans-calameneno		
21/10	Ácidos orgânicos e derivados	ácido 4-amino-1,5-pentanodióico
		14-hidróxi-15-metil ácido 15-hexadecenóico
		4-pentadecil éster ácido butírico
		ácido undecanóico
		1-(2-hidróxi-1-metil-etil)-3-metóximetóxi-2-metil-propil éster ácido acético
	Álcoois, aldeídos, cetonas e derivados	2-hexadecanol
		2-t-butil-5-propil-[1,3]dioxolan-4-ona
		(2-hidroxifenil)fenil- metanona
		Benzofenona
		2-(2-etóxi-2-óxi) etanol
		4-butóxi 1-butanol
4-(1-metiletóxi) 1-butanol		

TABELA A.1 – Compostos identificados na fibra de PA (continuação)

Data	Classe de Compostos	Compostos Identificados	
21/10	Álcoois, aldeídos, cetonas e derivados	2-propil-tetrahidropiran-3-ol	
		4-(hexiloxi)-1-butanol	
		3-(2,2-dimetilpropóxi) 2-butanol	
		4-(hexiloxi)-1-butanol	
	Compostos sulfurados	Benzotiazol	
	Hidrocarbonetos e derivados	2-metil-3-propil cis oxirano	
		2-etil-5-metil 1,4-dioxano	
		2-hexil tetrahidrofurano	
		2,2'-[1-butanodiilbis(oximetileno)]bis oxirano	
	23/10	Ácidos orgânicos e derivados	metil éster ácido benzoico
ácido 4-amino-1,5-pentanodióico			
2-metil 2-etil-3-hidróxi-hexil éster ácido propanoico			
dibutil éster ácido pentanodióico			
(Z) octadecil éster ácido 9-hexadecenóico			
Álcoois, aldeídos, cetonas e derivados		1-heptanol	
		2-metil-1-pentanol	
		2-ciclopropil-2-nitro-1-fenil-etanol	
		2-metil 1,3-butanodiol	
		4-butóxi 1-butanol	
		2-t-butil-5-propil-[1,3]dioxolan-4-ona	
		4-sec-butóxi-2-butanona	
		Benzofenona	
2-metil-3-(2-metilpropóxi) 2-ciclohexen-1-ona			
Compostos nitrogenados		sec-butil nitrito	
		1-sec-butildiaziridina	
		2-nitrohept-2-en-1-ol	
Compostos sulfurados		2-miristinoil panteteína	
Hidrocarbonetos e derivados		3-(prop-2-enoiloxi)dodecano	
		2,2'-[1-butanodiilbis(oximetileno)]bis oxirano	
28/10		Álcoois, aldeídos, cetonas e derivados	4-butóxi 1-butanol
			Benzofenona
		Compostos nitrogenados	3-metil 2-butanamina
	1-sec-butildiaziridina		
	dietil (2-(hidroxiimino)ciclooctil)malonato		
	Compostos sulfurados	1,2-benzisotiazol	
		5-etil-4-n-propiltiazol	

TABELA A.1 – Compostos identificados na fibra de PA (continuação)

Data	Classe de Compostos	Compostos Identificados
28/10	Hidrocarbonetos e derivados	1,2-dietil ciclobutano
		2-etil-5-metil 1,4-dioxano
		2,2-dimetil-4-[[2-metilhexadecil)oxi]metil] 1,3-dioxolano
		diisooctil ftalato

TABELA A.2 – Compostos identificados na fibra de PDMS

Data	Classe de Compostos	Compostos Identificados
10/07	Ácidos orgânicos e derivados	isobutil éster 2,2,4-trimetil-3-carboxiisopropil ácido pentanóico
		bis(2-metilpropil) éster ácido 1,2-benzenodicarboxílico
	Álcoois, aldeídos, cetonas e derivados	6,10,14-trimetil 2-pentadecanona
17/07	Álcoois, aldeídos, cetonas e derivados	2-hexil-1-octanol
		2-hexadecanol
	Compostos nitrogenados	O-decil hidroxilamina
	Compostos sulfurados	cloreto de 1-octadecanossulfonil
01/09	Ácidos orgânicos e derivados	2,2,4-trimetil-3-carboxiisopropil isobutil ester ácido pentanóico
		hex-3-isobutil ester ácido ftálico
18/09	Ácidos orgânicos e derivados	butil octil éster ácido 1,2-benzenodicarboxílico
	Hidrocarbonetos e derivados	[3R-(3 α , 5 α , 9 α , 9 α)] octahidro-2,2,5a,9-tetrametil 2H-3,9a-metano-1-benzoxepin
23/09	Ácidos orgânicos e derivados	metil éster 2-octil ácido ciclopropanotetradecanóico
		fenilmetil éster ácido (Z,Z) 9,12-octadecadienóico
		butil octil éster ácido 1,2-benzenodicarboxílico
	Álcoois, aldeídos, cetonas e derivados	4-etenil-3-hidróxi-2,4,7,14-tetrametil triciclo[5.4.3.0(1,8)]tetradecan-6-ona
	Compostos nitrogenados	3',8,8'-trimetóxi-3-piperidil-2,2'-binaftaleno-1,1',4,4'-tetrona
	Hidrocarbonetos e derivados	2,2-dimetil-4-[[2-metilhexadecil)óxi]metil] 1,3-dioxolano
		didodecil ftalato

TABELA A.2 – Compostos identificados na fibra de PDMS (continuação)

Data	Classe de Compostos	Compostos Identificados
25/09	Ácidos orgânicos e derivados	isobutil éster 2,2,4-trimetil-3-carboxiisopropil ácido pentanóico
		butil octil éster ácido 1,2-benzenodicarboxílico
	Álcoois, aldeídos, cetonas e derivados	retinal
	Compostos sulfurados	di-n-decilssulfona
	Hidrocarbonetos e derivados	2,6,10-trimetil tetradecano
30/09	Ácidos orgânicos e derivados	isobutil éster 2,2,4-trimetil-3-carboxiisopropil ácido pentanóico
		hept-4-il isobutil éster ácido ftálico
	Álcoois, aldeídos, cetonas e derivados	2-hexadecanol
	Hidrocarbonetos e derivados	2,6,10-trimetil tetradecano
02/10	Ácidos orgânicos e derivados	2,2,4-trimetil-3-carboxiisopropil isobutil éster ácido pentanóico
		hept-4-il isobutil éster ácido ftálico
16/10	Ácidos orgânicos e derivados	2-propenil dietil éster ácido propanodióico
		hex-3-il isobutil éster ácido ftálico
		eicosil éster (Z) ácido 9-hexadecenóico
	Álcoois, aldeídos, cetonas e derivados	6,10,14-trimetil 2-pentadecanona
		2-hexadecanol
	Compostos sulfurados	tert-hexadenanotiol
	Hidrocarbonetos e derivados	(22E)-ergosta-5,22-dien-3-il-acetato
21/10	Ácidos orgânicos e derivados	2,2,4-trimetil-3-carboxiisopropil isobutil éster ácido pentanóico
		hept-4-il isobutil éster ácido ftálico
	Álcoois, aldeídos, cetonas e derivados	14-[4-(1,1,3,3-tetrametilbutil)fenoxi] 3,6,9,12-tetraoxotetradecan-1-ol
23/10	Ácidos orgânicos e derivados	2,2,4-trimetil-3-carboxiisopropil isobutil éster ácido pentanóico
		hex-3-il isobutil éster ácido ftálico
	Hidrocarbonetos e derivados	butil 9-tetradecanoato
28/10	Ácidos orgânicos e derivados	2,2,4-trimetil-3-carboxiisopropil isobutil éster ácido pentanóico
		bis(2-metilpropil) éster ácido 1,2-benzenodicarboxílico
	Álcoois, aldeídos, cetonas e derivados	3,7,11-trimetil 1-dodecanol 2-hexadecanol

TABELA A.3 – Compostos identificados na fibra de CAR/PDMS

Data	Classe de Compostos	Compostos Identificados
07/07	Ácidos orgânicos e derivados	metil éster ácido 9-octadecen-12-inóico
		metil éster ácido 12,15-octadecadiinóico
		metil éster 2-metóxi ácido tricosanóico
	Álcoois, aldeídos, cetonas e derivados	2,6-bis(1,1-dimetiletil) 1,4-benzenodiol
		2,6-bis(1,1-dimetiletil) 2,5-ciclohexadieno-1,4-diona
		α -acorenol
		2-hexadecanol
		3,7,11-trimetil 1-dodecanol
		10-metoxitriciclo[4.2.1.1(2,5)]deca-3,7-dien-9-ol
		nonanal
		(1 α , 2 β , 5 α) 2-metil-5-(1-metiletenil) ciclohexanol
		octanal
		2-etenil biciclo[2.2.0]hexan-2-ol
	biciclo[2.2.0]hex-1-il metanol	
	Compostos nitrogenados	fenilmetil éster ácido hidrazinocarboxílico
		N-trifluoroacetil 1-aminononadecano
		ácido pterin-6-carboxílico
	Hidrocarbonetos e derivados	3-(prop-2-enoiloxi)dodecano
		2-propenilideno ciclobuteno
		p-xileno
1-etil-3-metil benzeno		
1,3-dicloro benzeno		
3-trifluoroacetoxipentadecano		
1,2-15,16-diepoxihexadecano		
Z,Z,Z-1,4,6,9-nonadecatetraeno		
10/07	Ácidos orgânicos e derivados	ácido biciclo[3.3.1]non-6-eno-3-carboxílico
		(E) metil éster ácido 10-heptadecen-8-inóico
		ácido 17-octadecinóico
		(Z,Z,Z) 2-(acetilóxi)-1-[(acetilóxi)metil]etil éster ácido 9,12,15-octadecatrienóico
		isobutil éster 2,2,4-trimetil-3-carboxiisopropil ácido pentanóico

TABELA A.3 – Compostos identificados na fibra de CAR/PDMS (continuação)

Data	Classe de Compostos	Compostos Identificados
10/07	Álcoois, aldeídos, cetonas e derivados	2,5-di-tert-butil-1,4-benzoquinona
		4-(2,2-dimetil-6-metilenociclohexil)butanal
		decanal
		(Z) 7-hexadecenal
		nonanal
		3,7,11-trimetil 1-dodecanol
		(3 β ,5 α) 2-metileno cholestan-3-ol
		trans-p-menta-1(7),8-dien-2-ol
		2-metil-5-(1-metiletenil)
		ciclohexanol
		2-etenil biciclo[2.1.1]hexan-2-ol
		1,3-dicloro 2-propanol
	3-benziloxi-2-fluoro-4-metóxi benzaldeído	
	Compostos nitrogenados	fenilmetil éster ácido hidrazinocarboxílico
		1-acetil-19,21-epóxi-15,16-dimetóxi aspidospermidin-17-ol
	Compostos sulfurados	etenil tert-butil sulfóxido
		cloreto de 1-octadecanossulfonil
	Hidrocarbonetos e derivados	n-hexano
		benzeno
		1,3,5-cicloheptatrieno
		p-xileno
Z,Z,Z-4,6,9-nonadecatrieno		
1-etil-3-metil benzeno		
1,4-dihidroxi-p-ment-2-eno		
1-(etenilóxi) octadecano		
3-trifluoroacetóxi pentadecano		
n-hexano benzeno		
17/07	Ácidos orgânicos e derivados	metil éster ácido 10,13-octadecadiinóico
		(Z) 2-(9-octadecenilóxi)etil éster ácido esteárico
	Álcoois, aldeídos, cetonas e derivados	3,7,11-trimetil 1-dodecanol
		2-metil 1-hexadecanol
		2-octen-1-ol
	Compostos nitrogenados	2-etenil biciclo[2.1.1]hexan-2-ol
		5-metil-2-fenil 1H-indol 4-dehidróxi-N-(4,5-metilenodióxi-2-nitrobenzilideno)tiramina

TABELA A.3 – Compostos identificados na fibra de CAR/PDMS (continuação)

Data	Classe de Compostos	Compostos Identificados
17/07	Compostos nitrogenados	N-trifluoroacetil 1-aminononadecano
	Hidrocarbonetos e derivados	4-cloro octano
		tolueno
		clorometil octil éter
		fluoreto de octanoil
		2-propenilideno ciclobuteno
		p-xileno
		1-etil-3-metil benzeno
		3-trifluoroacetóxi pentadecano
		4-cloro octano
tolueno		
22/07	Álcoois, aldeídos, cetonas e derivados	1,8-nonadien-3-ol 3-benzilóxi-2-fluoro-4-metóxi benzaldeído
	Hidrocarbonetos e derivados	2-propenilideno ciclobuteno
28/07	Álcoois, aldeídos, cetonas e derivados	biciclo[2.2.0]hex-1-il- metanol
	Compostos nitrogenados	m-fenetil benzonitrila
	Hidrocarbonetos e derivados	p-xileno
31/07	Álcoois, aldeídos, cetonas e derivados	5-metil-1,5-hexadien-3-ol 3-benziloxi-2-fluoro-4-metóxi benzaldeído
	Compostos nitrogenados	fenilmetil éster ácido hidrazinocarboxílico
		N-metil butil éster ácido antranílico
		4-dehidróxi-N-(4,5-metilenodióxi-2-nitrobenzilideno)tiramina
	Hidrocarbonetos e derivados	p-xileno 1,3,5-cicloheptatrieno
05/08	Ácidos orgânicos e derivados	cloro-2-hidróxi ácido propanoico
	Álcoois, aldeídos, cetonas e derivados	biciclo[2.2.0]hex-1-il metanol (1-alilciclopropil)metanol
	Compostos nitrogenados	fenilmetil ester ácido hidrazinocarboxílico
		m-fenetil benzonitrila metil trans-2-(3-ciclopropil-7-norcaranil)acetato
	Compostos sulfurados	tiosemicarbazona 2,6-dimetilbenzaldeído

TABELA A.3 – Compostos identificados na fibra de CAR/PDMS (continuação)

Data	Classe de Compostos	Compostos Identificados
05/08	Compostos sulfurados	4-alil-5-furan-2-il-2,4-dihidro-[1,2,4]triazol-3-tiona
	Hidrocarbonetos e derivados	p-xileno 1-etil-3-metil benzeno
11/08	Álcoois, aldeídos, cetonas e derivados	2,4-dimetil 1,5-hexadieno-3,4-diol
		4,4'-butilidenebis[2-(1,1-dimetiletil)-5-metil fenol]
		fenilmetil ester ácido hidrazinocarboxílico
	Compostos nitrogenados	2,4-diisocianato-1-metil benzeno
		4-(pirrolidinil) piridina
		2,6,10-trimetil tetradecano
Hidrocarbonetos e derivados	p-xileno	
	eicosano	
	3-etil-5-(2-etilbutil) octadecano	
15/08	Ácidos orgânicos e derivados	2-hexil ácido ciclopropanoacético
	Álcoois, aldeídos, cetonas e derivados	2-hexadecanol
		2,6-bis(1,1-dimetiletil) 2,5-ciclohexadieno-1,4-diona
		2-hexadecanol
		1,2,3b,6-tetrahidro-3a,6,6-trimetil ciclopropa[1,2:1,3]diciclopenten-3(3aH)ona
		cis-p-menta-2,8-dien-1-ol
	2-etenil biciclo[2.1.1]hexan-2-ol	
	Compostos nitrogenados	1-(2-acetoxietil)-3,6-diazahomoadamantan-9-ona oxima
	Compostos sulfurados	2-(1-fenil-etilamino)-2-tioxoacetamida
		4-metil-6-feniltetrahidro-1,3-oxazina-2-tiona
1-decilssulfonil d-manitol		
Hidrocarbonetos e derivados	11-octadecenoato fenacil	
	4-etil-1,2-dimetil benzeno	
	p-cimeno	
	6-metil octadecano	
	Diclorometano	
	2-propenilideno ciclobuteno	
	1,3,5-cicloheptatrieno	
	2-propenilideno ciclobuteno	
p-xileno		
1-etil-3-metil benzeno		
1,3-dicloro benzeno		

TABELA A.3 – Compostos identificados na fibra de CAR/PDMS (continuação)

Data	Classe de Compostos	Compostos Identificados		
18/09	Ácidos orgânicos e derivados	fenilmetil éster ácido eicosanóico		
	Álcoois, aldeídos, cetonas e derivados	3-benzilóxi-2-fluoro-4-metóxi benzaldeído		
		4-penten-1-ol		
		5-metóxi 1-pentanol		
		2-nonen-1-ol		
	Compostos nitrogenados	5-amino pentanol		
		3',8,8'-trimetóxi-3-piperidil-2,2'-binaftaleno-1,1',4,4'-tetrona		
	Hidrocarbonetos e derivados	3-(prop-2-enoilóxi)dodecano		
		3,4-dimetil 1-hexeno		
		2-propenilideno ciclobuteno		
		tolueno		
	23/09	Compostos nitrogenados	p-xileno	
			oximo 2,2-dimetil propanal	
Hidrocarbonetos e derivados		O-(3-metilbutil) hidroxilamina		
		3-metil pentano		
		n-hexano		
		2-propenilideno ciclobuteno		
		p-xileno		
		Z,Z,Z-1,4,6,9-nonadecatetraeno		
		25/09	Ácidos orgânicos e derivados	fenilmetil éster ácido (Z) 9-octadecenóico
				metil éster ácido 10,13-octadecadiinóico
metil éster ácido 9-octadecen-12-inóico				
metil éster ácido 2,5-octadecadiinóico				
ácido 4-(1,5-dihidrobenc[e][1,3,2]dioxaborepin-3-il)benzóico				
ácido 10,12-octadecadiinóico				
isobutil éster 2,2,4-trimetil-3-carboxiisopropil ácido pentanóico				
Álcoois, aldeídos, cetonas e derivados	4,4'-bitildenebis[2-(1,1-dimetiletil)-5-metil fenol			
	(Z) 7-hexadecenal			
	5,5'-dimetoxi-3,3',7,7'-tetrametil-2,2'-binaftaleno-1,1',4,4'-tetrona			
	5,9,9-trimetil spiro[3,5]nona-5,7-dien-1-ona			
	cis-p-memta-2,8-dien-1-ol			
			α -acorenol	

TABELA A.3 – Compostos identificados na fibra de CAR/PDMS (continuação)

Data	Classe de Compostos	Compostos Identificados
25/09	Álcoois, aldeídos, cetonas e derivados	2-etenil biciclo[2.1.1]hexan-2-ol
		3-benziloxi-2-fluoro-metoxi benzaldeído
		octanal
		7-oxabicyclo[4.1.0]heptan-2-ol
	Compostos nitrogenados	amil nitrito
		o-[(1,2,3,4-tetrahydro-2-naftil)metil] ácido hidrocinamico
		4-dehidróxi-N-(4,5-metilenodióxi-2-nitrobenzilideno)tiramina
	Compostos sulfurados	tiosemicarbazona 2,6-dimetilbenzaldeído
	Hidrocarbonetos e derivados	2-propenilideno ciclobuteno
		Z,Z,Z-1,4,6,9-nonadecatetraeno
		etilbenzeno
		p-xileno
		1-etil-3-metil benzeno
		3-(prop-2-enoiloxi)dodecano
		4-cloro octano
		1,3,5-trimetil benzeno
	metil trans-2-(3-ciclopropil-7-norcaranil)acetato	
30/09	Álcoois, aldeídos, cetonas e derivados	4,4'-butilidenobis[2-(1,1-dimetiletil)-5-metil fenol]
	Hidrocarbonetos e derivados	n-hexano
		2-propenilideno ciclobuteno
		p-xileno
		1,3-dimetil benzeno
1-etil-3-metil benzeno		
02/10	Ácidos orgânicos e derivados	butil éster ácido metóxiacético
		2-hidróxi ácido tetradecanóico
		isobutil éster 2,2,4-trimetil-3-carboxiisopropil ácido pentanóico
	Álcoois, aldeídos, cetonas e derivados	1,2,3b,6-tetrahydro-3a,6,6-trimetil ciclopropal[1,2:1,3]dicrolopenten-3(3aH)ona
		eucaliptol
		5-metil-1,5-hexadien-3-ol
	Compostos nitrogenados	m-fenetil benzonitrila
		N,N-dimetil cholestan-7-amina
Hidrocarbonetos e derivados	3-(prop-2-eniloxi)dodecano	

TABELA A.3 – Compostos identificados na fibra de CAR/PDMS (continuação)

Data	Classe de Compostos	Compostos Identificados	
02/10	Hidrocarbonetos e derivados	2-propenilideno ciclobuteno	
		p-xileno	
		1-etil-3-metil benzeno	
		1,2,3-trimetil benzeno	
		3-(prop-2-eniloxi)dodecano	
16/10	Álcoois, aldeídos, cetonas e derivados	3,6,7-trimetóxi isobenzofuran-1(3H)-ona	
		4,4'-butilidenebis[2-(1,1-dimetiletil)-5-metil fenol]	
		2-(1,1-dimetiletil) ciclohexanol	
	Hidrocarbonetos e derivados	2-metil pentano	
		3-metil pentano	
		n-hexano	
		3-metil pentano	
		2-propenilideno ciclobuteno	
		4-isopropenil-1-metoximetoximetil ciclohexeno	
		p-xileno	
		alfa-copaeno	
	21/10	Álcoois, aldeídos, cetonas e derivados	isobutil éster 2,2,4-trimetil-3-carboxiisopropil ácido pentanóico
			Z,Z-2,5-pentadecadien-1-ol
		Compostos nitrogenados	N'-[3-(1-hidroxi-1-feniletil)fenil]hidrazida ácido acético
metoxi-fenil oxima			
Compostos sulfurados		1-(4-cloro-2-metilfenil)-2-metil-3-(1,1-dimetil-2propinil) isotiouréia	
Hidrocarbonetos e derivados		n-hexano	
		3-metil pentano	
	alfa-copaeno		
23/10	Ácidos orgânicos e derivados	metil éster ácido 12,15-octadecadiinóico	
	Álcoois, aldeídos, cetonas e derivados	eucaliptol	
		3-benziloxi-2-fluoro-4-metoxi benzaldeído	
		5-metil-1,5-hexadien-3-ol	
	Compostos nitrogenados	N'-[3-(1-hidróxi-1-feniletil)fenil]hidrazida ácido acético	
		metoxi-fenil oxima	
	Hidrocarbonetos e derivados	3-(prop-2-enoiloxi)dodecano	
		p-xileno	
28/10	Ácidos orgânicos e derivados	2,2,4-trimetil-3-carboxiisopropil isobutil éster ácido pentanóico	

TABELA A.3 – Compostos identificados na fibra de CAR/PDMS (continuação)

Data	Classe de Compostos	Compostos Identificados
28/10	Ácidos orgânicos e derivados	2-hidróxi ácido tetradecanóico
	Álcoois, aldeídos, cetonas e derivados	5-metil-1,5-hexadien-3-ol
		4,4'-butilidenobis]2-(1,1-dimetiletil)-5-metil fenol
		eucaliptol
	Compostos nitrogenados	metóxi-fenil oxima
	Compostos sulfurados	2-(2,5-dioxotetrahidrofurano)tio
		3,5,6-trimetil-p-quinona
	Hidrocarbonetos e derivados	2-propenilideno ciclobuteno
		p-xileno
		1,4-diol-1,4-difenil 2-buteno
1-etil-3-metil benzeno		