

UTILIZAÇÃO DA FLUORESCÊNCIA DE RAIOS-X PARA A CARACTERIZAÇÃO DO MATERIAL PARTICULADO NA CIDADE DE GOIÂNIA-GOIÁS

Juliana Divina da Silva Pereira^{1*}, jdivinasilva@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0000-2125-4665>
Fernando Schmidt², fernando.quimica@ifg.edu.br, <https://orcid.org/0000-0003-4094-4762>
Ana Carla Fernandes Gomes³, anacarlagoes@ifg.edu.br

1 Instituto Federal de Goiás – Câmpus Goiânia, 744055 110, Goiânia – GO, Brasil.

Submitted: 10/07/2023. Accepted: 09/11/2023
Published: 30/12/2023

RESUMO

Objetivo: Este artigo é produto de uma dissertação de mestrado, sobre o material particulado, que usou como referência, o locus da Praça do Trabalhador, na cidade de Goiânia, capital do estado de Goiás.

Metodologia: Foi utilizado a técnica analítica Fluorescência de Raios-X para caracterizar o material particulado suspenso. Nesse método foram usados os seguintes autores específicos: Manahan, 2013; Baird, 2007; Resoluções Conama 03/90 e 491/18, DECRETO ESTADUAL 1745/79, além de artigos que trabalham com a Química Ambiental e Química Inorgânica.

Resultados: As discussões evidenciam que o metal Pb é prejudicial ao povo goiano, a legislação carece de uma revisão no sentido de estabelecer níveis mais rigorosos de aceitação de metais suspensos no ar, quando se compara os valores legislados no Brasil, com outros países como o Reino Unido.

Limitações da Pesquisa: foi utilizado como locus a Praça do Trabalhador.

Originalidade: uma ferramenta que pode ser usada pelas universidades e pelos governantes para caracterizar o material particulado. Este artigo dialoga com outras áreas do conhecimento: Geografia, Biologia, Física e a própria Química e seus desdobramentos.

PALAVRAS-CHAVES: material particulado, metais em suspensão, ar,

USE OF X-RAY FLUORESCENCE FOR THE CHARACTERIZATION OF PARTICULATE MATERIAL IN THE CITY OF GOIÂNIA-GOIÁS

ABSTRACT

Objective: This article is the product of a master's thesis on particulate material, which used as a reference the "Praça do Trabalhador", in Goiânia city, capital of Goiás state.

Methodology: The X-ray Fluorescence analytical technique was used to characterize the suspended particulate particulates. The following specific authors were used: Manahan, 2013; Baird, 2007; Conama Resolutions 03/90 and 491/18, STATE DECREE 1745/79, in addition to articles that work with Environmental Chemistry and Inorganic Chemistry.

Results: The discussions show that Pb metal is harmful to the people of Goiás, the legislation needs to be revised in order to establish more rigorous levels of acceptance of metals suspended in the air, when comparing the values legislated in Brazil, with other countries such as UK.

Research Limitations: Praça do Trabalhador was used as the studied place..

Originality: a tool that can be used by universities and governments to characterize particulate material. This article dialogues with other areas of knowledge: Geography, Biology, Physics and Chemistry itself and its developments.

Keywords: particulate material, metals suspended, air.

1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento industrial e urbano origina em todo mundo um crescimento na emissão de poluentes atmosféricos. Nesse sentido, é cada vez mais recorrente a preocupação de órgãos de saúde como a OMS, em relação às doenças provocadas pelas recorrentes partículas, que prejudicam a qualidade do ar e a vida das pessoas. Por outro lado as legislações que regulam a emissão desses gases, parecem ser ineficaz ou insuficientes para oferecer ao cidadão segurança e bem estar.

Assim, esse artigo é fruto de uma dissertação, que originou-se da inquietação e da necessidade de discutir a caracterização do material particulado suspenso na cidade de Goiânia, frente a legislação vigente e procurou como resultado (Produto) a elaboração de um manual alternativo, para o monitoramento, dessas partículas em centros urbanos.

Dessa forma, foi utilizado como locus a Praça do Trabalhador, pelo seu grande número de veículos e movimento, no entanto o material produzido pode ser executado em outras cidades, para efeito de comparação e realização de novas pesquisas. Outro aspecto importante para essa pesquisa é o fato da referida praça ser um ponto comercial, pertencente à Feira Hippe e ao Centro Comercial de Moda (Rua 44); onde circulam, além de automóveis, um grande número de pessoas. Dessa maneira, esse trabalho se justifica porque é fundamental que os governantes conheçam a composição elementar do material particulado inalados pelas pessoas. Além disso, esta pesquisa interessa à população por alertar sobre as doenças relacionadas ao trato respiratório, cardiovasculares e prematuridade. Ademais, para o contexto acadêmico essa pesquisa é relevante pois expõem o nível de qualidade do ar da cidade e oferece caminhos para novas pesquisas.

Como forma de desenvolvimento para esse estudo foi realizado uma pesquisa de caráter quantitativo e para fins qualitativos do material particulado, existente na região metropolitana de Goiânia. Por fim, a pesquisa chegou a seguinte constatação: há metais pesados que ultrapassam os limites de concentração estabelecido pela legislação, entretanto esses não são legislados. Agora, entre estes, somente o chumbo tem uma legislação vigente, porque ele é extremamente prejudicial à saúde humana.

2. REVISÃO DE LITERATURA

Esse artigo acadêmico, como um resultado de discussão, de uma dissertação de mestrado sobre o material particulado, se insere no contexto da Química Ambiental com desdobramentos, em outras áreas do conhecimento conforme será discutido nesta breve revisão de bibliografia.

Assim, para efeitos ambientais este artigo utiliza os seguintes autores: Manahan, 2013; Baird, 2007; Santana, 2019; Silva Neto, 2019; Resolução Conama 03/90; Resolução Conama 491/2018; Decreto 1745/79.

Nesse sentido Manahan, 2013 afirma que desde a década de 1970 a ciência da Química Ambiental surge como ciência forte e dinâmica e contribui de forma expressiva para o entendimento dos processos químicos e físicos transcorridos nele. Logo, a Química é uma ciência que estuda a matéria e suas transformações, assim ela não somente está ligada ao desenvolvimento de novos materiais, energias e resíduos ligados à destruições e contaminações, ela também contribui de maneira significativa na proteção e melhora do meio ambiente. Dessa maneira, continua Manahan, 2013 para sustentar essa opinião que o conhecimento da Química e uso dela sem orientação é fundamental para combater a ignorância.

Paralelamente, Baird (2007) mensura que a troposfera se estende da superfície da Terra até uma altitude de 11 km e a estratosfera compreende uma faixa de 11 a 50 km aproximadamente. Nesse enlace o estudo do material particulado, em questão, nesse artigo é importante pois, ele se concentra na troposfera, camada da atmosfera que reserva um maior percentual de massa de ar, cerca de 85%, região em que ocorre as atividades humanas e que respiramos.

O material particulado atmosférico é a forma mais visível da poluição, ele consiste em um conjunto de partículas sólidas e líquidas com dimensões reduzidas, que não possuem massa o suficiente para decantar ficam suspensos no ar. Trata-se de um material heterogêneo com composição química que associam espécies orgânicas e inorgânicas. (Santana, 2019; Silva Neto, 2019). Nesse

caso a citação do referido autor orienta a perspectiva desse artigo na medida em que o material particulado na atmosfera é de natureza inorgânica e que será discutido aqui são os prejuízos, em excesso de sua concentração, além de fatores legislativos e a elaboração de um material, um manual de orientação e execução, para uma melhor qualidade do ar.

A partir da composição dos particulados inorgânicos, Manahan (2013) expõem, de maneira geral, que as proporções dos elementos do material particulado atmosférico refletem as abundâncias relativas dos elementos no material precursor, isto é, a entrada dos metais na atmosfera se dá por origens naturais (composição do solo) ou atividades humanas. Em relação a esse artigo, as ações antropogênicas no locus da pesquisa ocorrem em decorrência do grande tráfego veicular, ligados às combustões de combustíveis fósseis e desgastes de peças metálicas dos veículos.

Do ponto de vista legislativo, esse artigo inicialmente utilizou a Resolução Conama 03/90, quando considerava que os poluentes atmosféricos eram: partículas totais em suspensão, fumaça, partículas inaláveis, dióxido de enxofre, monóxido de carbono, entre outros. Já em 2018, a Resolução Conama 491/18 insere novos padrões de qualidade do ar como MP10 e MP2,5, além do metal Pb. Por outro lado, na esfera estadual o Decreto 1745/79 expõem que os parâmetros poluentes são: partículas em suspensão, óxido de enxofre, monóxido de carbono e oxidantes fotoquímicos.

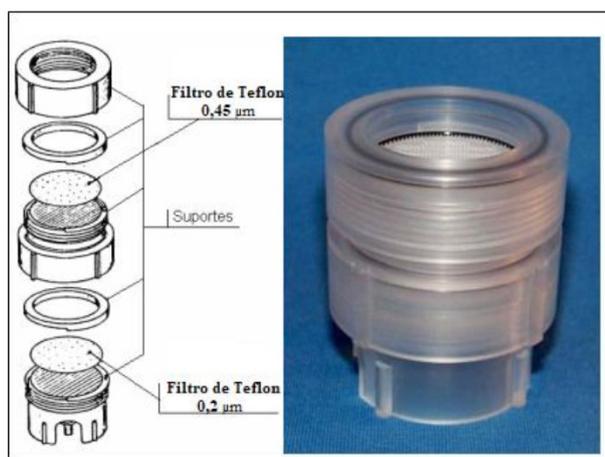
O que fica de importante para essa revisão bibliográfica é o fato de somente em 2018 o material particulado ser subdividido em MP10 e MP2,5, o que será discutido com maiores detalhes no decorrer desse artigo.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

A Praça do Trabalhador, local situado na cidade de Goiânia, capital do estado de Goiás, pertencente à região Centro-Oeste, do território brasileiro, foi o local de coleta do material particulado. A pesquisa baseou-se em filtros coletados por acadêmicos do IFG-Campus Goiânia de pesquisas anteriores.

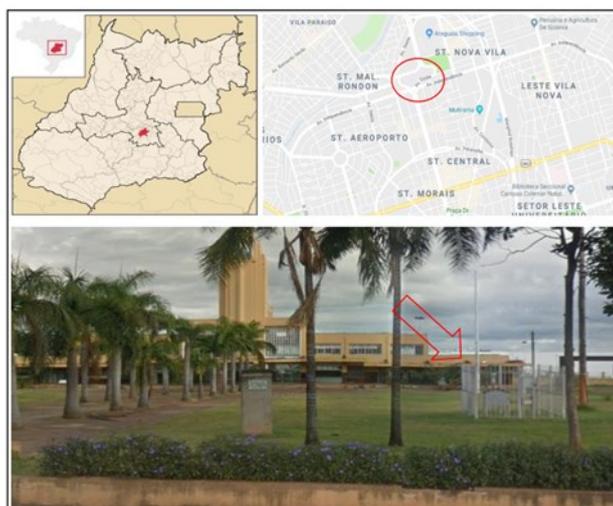
O equipamento utilizado para a coleta dos filtros, consistiu em um amostrador de pequeno volume – AFG (FIGURA 1) LOPES, 2003, que foi montado na Praça do Trabalhador, localizada entre as Avenidas: Goiás, Independência, Oeste e do Contorno, região central de Goiânia – Goiás (FIGURA 2) BARBOSA, 2018. As amostras do material particulado foram coletadas durante 24 horas nos períodos que compreendem os meses de junho e julho de 2016 e junho de 2017, com coletas realizadas em dias alternados, estabelecendo um critério de horário por volta de 12:00 hs.

Figura 1: Amostrador de pequeno volume.



Fonte: Lopes, 2003.

Figura 2: Local da instalação do amostrador sequencial de pequeno volume na Praça da Estação.



Fonte: Barbosa, 2018.

Paralelamente os filtros foram analisados em Furnas, utilizando-se a técnica analítica de Fluorescência de Raio-X, a fim da caracterização elementar do material particulado.

Além da caracterização do material particulado suspenso na região, o objetivo da pesquisa esteve pautado na elaboração de um manual (Figura 3) que vise apresentar para o meio acadêmico, órgãos governamentais e sociedade as etapas de estudo que foram empregadas na identificação, qualificação e monitoramento do material particulado da região, bem como ações que podem ser desenvolvidas para o controle da poluição. Dessa feita, segue a imagem que contempla o referido material já citado.

Figura 3: Manual para Caracterização do Material Particulado.



Fonte: Autor.

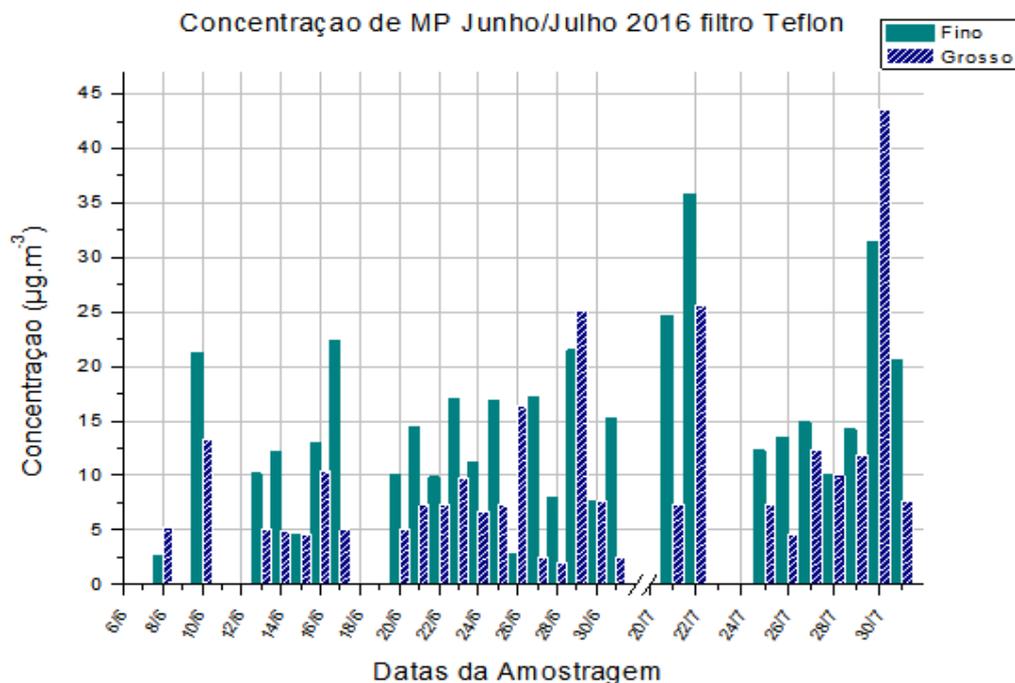
4. RESULTADOS

Embora, a pesquisa tenha encontrado percentuais relevantes de outros metais como: Al, Fe, Cu, Ag o foco desse artigo são os prejuízos provocados pela concentração de Pb e os prejuízos para a saúde humana, quando estes estão acima dos valores legislados.

Entretanto, antes de passarmos para os resultados de Pb encontrados, vamos estabelecer a amostragem do quantitativo de material suspenso mensurados nos dias de coletas.

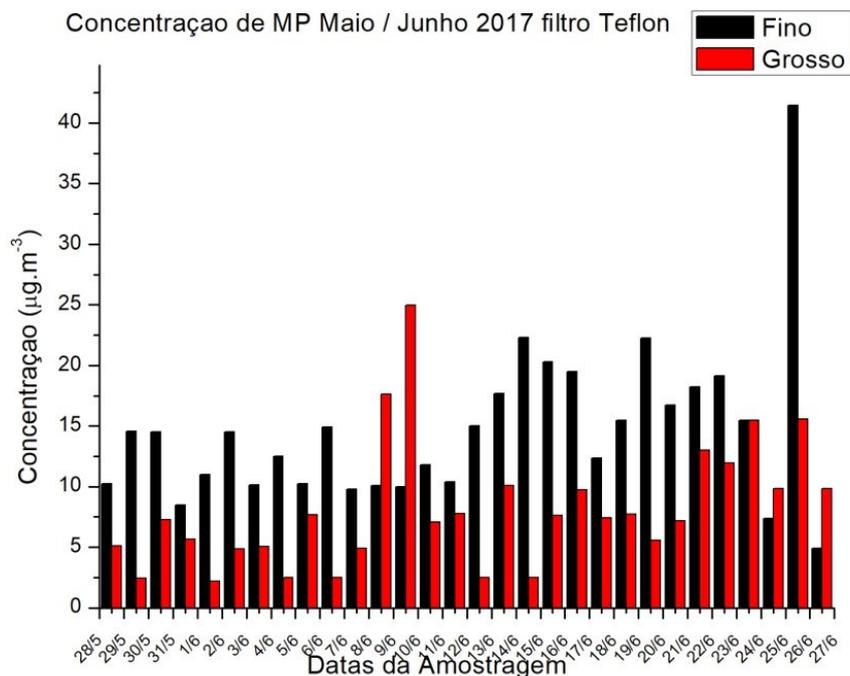
Observa-se nos gráficos acima (figura 4 e 5), que as concentrações totais diárias do material particulado inalável (MP₁₀ e MP_{2,5}) correspondentes aos anos de 2016 e 2017, não ultrapassaram em nenhum momento os padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA 003/90, que é de 150 µg/m³ e aos padrões evidenciados no Decreto Estadual nº 1745, de 6 de dezembro de 1979, sendo de 120 µg/m³. Os resultados mensurados mostraram valores de maiores concentrações que ultrapassaram 40 µg/m³ para o MP₁₀ e 35 µg/m³ para o MP_{2,5}, nos dias 30/06/2016 e 22/07/2016 respectivamente, nos meses de junho/julho de 2016 (figura 3); já no mês de junho de 2017 (figura 4) as concentrações do MP₁₀ tiveram valores maiores que 25 µg/m³ e 40 µg/m³ para o MP_{2,5} registrados nos dias 10/06/2017 e 26/06/2016, na devida ordem. A resolução CONAMA 003/90 não estabelece critérios quantitativos específico no que diz respeito ao material MP₁₀ e MP_{2,5}

Figura 4: Concentração de MP Junho-Julho 2016.



Fonte: Barbosa, 2018.

Figura 5: Concentração de Material Particulado Maio – Junho 2017.



Fonte: Barbosa, 2018.

A resolução CONAMA 491/2018, que revogou a resolução CONAMA 003/90, sugere em seu texto propostas de padrões intermediários (PI-1,PI-2,PI-3 e PF), que devem ser cumpridos em etapas, além do padrão de qualidade final que são valores guia definidos pela OMS. (CONAMA 491/2018).

Nesse sentido, vale salientar para este artigo uma cronologia da legislação que permeia os níveis de aceitabilidade do material particulado. Ressalta-se que o Decreto 1745/1979 na esfera estadual, a nível de material particulado, somente estabelece padrões para partículas totais em suspensão.

Nessa lógica a partir do exposto das resoluções será salientado à CONAMA 03/1990, que institui os padrões de qualidade do ar bem como suas concentrações, que quando ultrapassadas poderão afetar a saúde, a segurança e o bem-estar da população, que pode comprometer a fauna, flora, os materiais e o meio ambiente como um todo. Desse modo, o documento deixa evidente no art. 1º, parágrafo único, uma característica geral acerca dos poluentes atmosféricos e as consequências que os mesmos provocam-no ar. Ele estabelece as definições quanto aos padrões primário e secundário de qualidade do ar (art. 2º).

A Resolução CONAMA03/1990 propõem como parâmetro de indicadores da qualidade do ar: as Partículas Totais em Suspensão, Fumaça, Partículas Inaláveis, Dióxido de Enxofre, Monóxido de Carbono, Ozônio e Dióxido de Nitrogênio acompanhados com suas concentrações em termos de padrões primário e secundários e o tempo de amostragem, listadas na tabela 1 abaixo.

Tabela 1: Padrões de Qualidade do Ar Adotados no Brasil.

Poluente	Tempo de Amostragem	Concentração	
		Padrão Primário	Padrão Secundário
Partículas Totais em Suspensão	24 hs	240 µg/m ³	150 µg/m ³
	MAA	80 µg/m ³	60 µg/m ³
Fumaça	24 hs	150 µg/m ³	100 µg/m ³
	MAA	60 µg/m ³	40 µg/m ³
Partículas Inaláveis	24 hs	150 µg/m ³ *	150 µg/m ³
	MAA	50 µg/m ³	50 µg/m ³
Dióxido de Enxofre(SO ₂)	24 hs	365 µg/m ³	100 µg/m ³
	MAA	80 µg/m ³	40 µg/m ³
Monóxido de Carbono (CO)	8 hs	10.000 µg/m ³	10.000 µg/m ³
		ou 9 ppm	ou 9 ppm
	1 h	40.000 µg/m ³ ou 35 ppm	40.000 µg/m ³ ou 35 ppm
Dióxido de Nitrogênio (NO ₂)	1 h	320 µg/m ³	190 µg/m ³
	MAA	100 µg/m ³	100 µg/m ³
Ozônio (O ₃)	1 h	160 µg/m ³	160 µg/m ³

Fonte: RESOLUÇÃO CONAMA 03/90

A Resolução 491/2018, revoga a legislação de 1990, e lista como padrões de qualidade do ar além dos parâmetros já existentes, índice de MP 2,5 e chumbo (Pb), mostrados na tabela 2. Assim, a legislação do final do século XX também estende o campo das definições ao evidenciar o conceito de padrões de qualidade do ar intermediários, que são: “padrões estabelecidos como valores temporários a serem cumpridos em etapas” e padrão de qualidade final como: “valores guia definidos pela Organização Mundial da Saúde – OMS em 2005”. Assim, o chumbo, segundo a Resolução 491/2018 é um parâmetro a ser monitorado em áreas específicas levando em consideração a tipologia das fontes de emissão e os critérios do órgão ambiental competente.

Tabela 2: Padrões de Qualidade do Ar – Resolução 491/2018.

Poluente Atmosférico	Período de Referência	PI-1	PI-2	PI-3	PF	
		µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	ppm
Material Particulado - MP ₁₀	24 horas	120	100	75	50	-
	Anual ¹	40	35	30	20	-
Material Particulado - MP _{2,5}	24 horas	60	50	37	25	-
	Anual ¹	20	17	15	10	-
Dióxido de Enxofre - SO ₂	24 horas	125	50	30	20	-
	Anual ¹	40	30	20	-	-
Dióxido de Nitrogênio - NO ₂	1 hora ²	260	240	220	200	-
	Anual ¹	60	50	45	40	-
Ozônio - O ₃	8 horas ³	140	130	120	100	-
Fumaça	24 horas	120	100	75	50	-
	Anual ¹	40	35	30	20	-
Monóxido de Carbono - CO	8 horas ³	-	-	-	-	9
Partículas Totais em Suspensão - PTS	24 horas	-	-	-	240	-
	Anual ⁴	-	-	-	80	-
Chumbo - Pb ⁵	Anual ¹	-	-	-	0,5	-
¹ - média aritmética anual						
² - média horária						
³ - máxima média móvel obtida no dia						
⁴ - média geométrica anual						
⁵ - medido nas partículas totais em suspensão						

Fonte: RESOLUÇÃO 491/2018.

Ao comparar os padrões de qualidade do ar estabelecidos na resolução CONAMA 491/2018 com os valores mensurados na pesquisa, percebeu-se que as concentrações do MP fino e grosso, dos meses estudados dos anos de 2016 e 2017, não ultrapassaram o Padrão Intermediário 1, estipulado em 60 µg/m³ e 120 µg/m³ respectivamente.

Por outro lado, no mês de junho de 2016 as concentrações do MP fino e grosso ficaram abaixo do padrão final estabelecido pela resolução 491/2018, sendo este padrão guiado pela OMS e estipulado em 50 µg/m³ para MP grosso e 25 µg/m³ para MP fino, em contrapartida no mesmo mês do ano de 2017, a concentração do MP fino foi maior do que o padrão estabelecido pela mesma resolução, o valor observado ultrapassou 25 µg/m³, o que mostra uma preocupação em relação à saúde pois quanto menor o diâmetro das partículas inaláveis maior a capacidade de instalação no organismo, atingindo os alvéolos pulmonares estando também relacionadas a doenças cardiovasculares.

Os filtros das 57 amostras foram analisados no laboratório de Furnas, por meio do método analítico Fluorescência de Raio X. Dessa maneira os elementos: Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu e Zn tem relevância nessa pesquisa e também tem destaque para a literatura da Química Ambiental. Mesmo que esses elementos não sejam legislados, (e deveriam ser); o único que tem destaque na legislação é o Pb, o qual, será tratado a seguir.

Outro aspecto importante a ser destacado deve-se à presença do elemento Pb, um metal de uma elevada toxicidade, que pode desencadear diversos efeitos na saúde do ser humano, como: problemas relacionados aos sistema neurológico, renal, cardiovascular, gastrointestinal, na reprodução e no crescimento, sendo que esse último afeta principalmente as crianças. Nesse âmbito, o autor MANAHAN, 2013 alerta que material particulado é a forma mais visível e óbvia de poluição atmosférica. O autor ainda continua a ressaltar que as partículas poluentes são encontradas próximas a fontes de poluição, a atmosfera urbana, unidades industriais, autoestradas e usinas termoeletricas

de energia. Trataremos a partir de agora desse metal, e será discutido os seus prejuízos detalhadamente para a saúde do ser humano e meio ambiente.

Em princípio é importante salientar que, o material particulado presente na atmosfera é produzido por diversas fontes de emissão (veicular, queima de biomassa, industrial e doméstico), apresenta tamanhos variados e diferentes graus de toxicidade. Ele está diretamente relacionado à doenças do trato respiratório e cardiovasculares, principalmente em idosos e crianças.

Segundo a OMS, nove em cada dez crianças respiram ar poluído, a má qualidade pode desencadear doenças relacionadas ao quadro respiratório: asma, bronquites, câncer, além do comprometimento do desenvolvimento neurológico.

O site da BBC afirma que a exposição crônica ao Pb pode acarretar encolhimento cerebral, perda do desenvolvimento cognitivo, perda da capacidade de raciocínio, e deposita-se principalmente nos ossos e dentes. Nessa lógica o cálcio que é tão importante para o desenvolvimento infantil durante a gravidez é substituído pelo Pb quando a mãe grávida tem contato permanente com este elemento.

O site ainda enfatiza que para o governo inglês o Reino Unido e a Grã - Bretanha não há níveis toleráveis de Pb na atmosfera, mesmo que estes aspectos não sejam os pontos principais da pesquisa é pertinente salientar que as questões de saúde estão associados ao excesso de Pb na atmosfera, e, este artigo, pode ser um alicerce para pesquisadores que desejam relacionar aspectos químicos, biológicos e de doenças pulmonares. A esse respeito MANAHAN, 2013, afirma que o material particulado pode ser prejudicial à saúde humana, para o autor quanto menor for a partícula mais efeitos nocivos causa à saúde.

Além disso, SANTANA, 2019, tem uma definição a respeito de poluentes atmosféricos partindo da RESOLUÇÃO CONAMA nº 491/2018, ao discutir que poluentes atmosféricos, consiste em qualquer forma de matéria ou energia com intensidade, quantidade, concentração, tempo ou características em desacordo com os níveis estabelecidos, e que tornem ou possam tornar o ar: impróprio, nocivo ou ofensivo à saúde, inconveniente ao bem estar público; danoso aos materiais, à fauna e flora prejudicial à segurança, ao uso e gozo da propriedade e às atividades normais da comunidade.

Nessa lógica, este artigo tem um papel de alertar à comunidade goiana sobre os malefícios do material particulado com ênfase no Pb.

Ao fazer um comparativo com o quantitativo de chumbo detectado no material particulado suspenso com a Resolução CONAMA 491/2018 (Tabela 2), fica evidente que as massas desse elemento ultrapassou a concentração permitida em todos os dias detectados, compreendendo os meses de junho e julho de 2016.

Destaca-se que a concentração de Pb, legislado pelo governo brasileiro corresponde a $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ anualmente. Dessa forma, a partir do referido dado essa pesquisa observou que o índice diário corresponde a $0,0013 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de chumbo. Assim, algo importante a ser salientado, é o fato dessa amostra ter sido colhida em dias não lineares. Dessa maneira, o referido dado corresponde a um cálculo pessoal que se funda na legislação e respeita a origem das coletas intercaladas do material particulado.

O quantitativo de dias no mês de junho (7 dias) é maior do que em julho (4 dias), observa-se também que os dias aproximaram-se do término dos meses, o que pode-se inferir respectivamente, um maior movimento de veículos, visto que a região de estudo está situada em uma grande área voltada para comércios relacionados à moda seguido de recesso escolar (férias), uma vez que no mesmo local há Instituições de Ensino que abrangem níveis de educação básica e superior. Logo por amostragem pode-se considerar que em dias comuns e rotineiros, os níveis de Pb podem ser maiores, como por exemplo em dias escolares letivos.

Outro ponto que justifica um aumento na concentração (média mensal e semanal), do Pb no material particulado está relacionado às intermitências da detecção da espécie química (Pb), ou seja, os achados não compreendem dias consecutivos.

Sabe-se que a maior fonte poluidora inerente à região de estudo, consiste na combustão de combustíveis (diesel – gasolina- etanol) de veículos automotores, embora o uso do Pb tenha sido banido da gasolina, há hipóteses de fontes que contribuem para a presença do metal na atmosfera.

Sendo assim, estudos de um grupo de pesquisadores, Souto de Oliveira e Babinski, da USP, enfatizam que o Pb encontrado na atmosfera pode estar relacionado à presença do metal em pneus, freios e peças dos veículos, porém em concentrações baixas, uma vez que não se adiciona o metal puro. Os pesquisadores também salientam que o cimento das construções, pode ter Pb, mesmo que em concentrações menores. Desse modo, a tese da pesquisa é que o metal não fora adicionado, de forma pura, a argila utilizada para a construção, a lógica mais provável dos pesquisadores é que ele fora acrescido por um motivo externo, como uma contaminação de um fator externo. (Bbc, 2021).

Ressalta-se que a referida pesquisa foi realizada em São Paulo, a maior metrópole do Brasil. Em contrapartida essa pesquisa pode ser similar ao que acontece na Praça do Trabalhador, porque há constantes entraves entre feirantes, o poder público municipal e comerciantes da Rua 44. Esse embate comercial faz com que este espaço urbano esteja periodicamente sujeito a reformas e ao uso constante de argilas o que provoca e potencializa a entrada do metal na atmosfera.

Ademais, o uso de tintas em sinalizações horizontais em vias, que possuem uma composição de pigmentos, substâncias responsáveis por conferir cor às tintas, podem ser naturais (orgânicos e inorgânicos) e sintéticos. Os pigmentos inorgânicos são constituídos por compostos, como o dióxido de titânio que confere a cor branca e cromato de chumbo, a cor amarela. (Leonardo, 2009), este é mais um fator que desencadeia o Pb na atmosfera. A seguir, segue a tabela 3 específica da incidência de Pb nos dias da pesquisa.

Tabela 3: Quantitativo de Pb detectado.

OS 845 - amostras para registrar				Anotado no filtro		M _F -M _i	Pb				Limite Conama 491/2018 (µg/m ³)
Pesado em 07/12/2021				M _i	M _F	Massa de particulado	% W	Particulado em gramas	g/m ³ de ar	µg/m ³ de ar	
Data da coleta	Identificação Amostra	Número de Registro GST.E	Peso (gramas)								
08/06/2016	Fibra FF - Filtro Fino	0302.2019	0.1095	0,1093	0,1094	0,0001					
10/06/2016	Fibra FF - Filtro Fino	0303.2019	0.1095	0,1091	0,1099	0,0008					
13/06/2016	Fibra FF - Filtro Fino	0304.2019	0.1101	0,1095	0,1099	0,0004					
14/06/2016	Fibra FF - Filtro Fino	0305.2019	0.1056	0,1049	0,1054	0,0005	0,0037	1,85E-08	1,23333E-08	0,012	
15/06/2016	Fibra FF - Filtro Fino	0306.2019	0.1090	0,1088	0,109	0,0002	0,0351	7,02E-08	4,68E-08	0,047	
16/06/2016	Fibra FF - Filtro Fino	0307.2019	0.1108	0,1108	0,1113	0,0005					
17/06/2016	Fibra FF - Filtro Fino	0308.2019	0.1109	0,1104	0,1113	0,0009					
18/06/2016	Fibra FF - Filtro Fino	0309.2019	0.1099	0,1090	0,1103	0,0013					
20/06/2016	Fibra FF - Filtro Fino	0310.2019	0.1066	0,1062	0,1066	0,0004	0,0259	1,036E-07	6,90667E-08	0,069	
21/06/2016	Fibra FF - Filtro Fino	0311.2019	0.1097	0,1090	0,1100	0,0010	0,0039	0,000000039	0,000000026	0,026	
22/06/2016	Fibra FF - Filtro Fino	0312.2019	0.1105	0,1103	0,1107	0,0004					
23/06/2016	Fibra FF - Filtro Fino	0313.2019	0.1107	0,1101	0,1108	0,0007					
24/06/2016	Fibra FF - Filtro Fino	0314.2019	0.1092	0,1090	0,1095	0,0005					
25/06/2016	Fibra FF - Filtro Fino	0315.2019	0.1068	0,1063	0,1070	0,0007	0,0240	1,68E-07	1,12E-07	0,112	
26/06/2016	Fibra FF - Filtro Fino	0316.2019	0.1091	0,1092	0,1093	0,0001	0,0046	4,6E-09	3,06667E-09	0,003	
27/06/2016	Fibra FF - Filtro Fino	0317.2019	0.1062	0,1058	0,1065	0,0007					
28/06/2016	Fibra FF - Filtro Fino	0318.2019	0.1057	0,1055	0,1059	0,0004					
29/06/2016	Fibra FF - Filtro Fino	0319.2019	0.1082	0,1079	0,1085	0,0006					
30/06/2016	Fibra FF - Filtro Fino	0320.2019	0.1031	0,1028	0,1031	0,0003	0,0071	2,13E-08	1,42E-08	0,014	
01/07/2016	Fibra FF - Filtro Fino	0321.2019	0.1051	0,1047	0,1053	0,0006					
20/07/2016	Fibra FF - Filtro Fino	0322.2019	0.1068	0,1066	0,1070	0,0004					Média 7 dias/Jun.
21/07/2016	Fibra FF - Filtro Fino	0323.2019	0.1072	0,1065	0,1075	0,0010					0,040
22/07/2016	Fibra FF - Filtro Fino	0324.2019	0.1077	0,1066	0,1080	0,0014					
23/07/2016	Fibra FF - Filtro Fino	0325.2019	0.1037	0,1028	0,1039	0,0011	0,0047	5,17E-08	3,45E-08	0,034	
25/07/2016	Fibra FF - Filtro Fino	0326.2019	0.1035	0,1031	0,1036	0,0005	0,0221	1,11E-07	7,37E-08	0,073	
27/07/2016	Fibra FF - Filtro Fino	0327.2019	0.1130	0,1125	0,1131	0,0006					
28/07/2016	Fibra FF - Filtro Fino	0328.2019	0.1115	0,1113	0,1117	0,0004					
29/07/2016	Fibra FF - Filtro Fino	0329.2019	0.1111	0,1106	0,1112	0,0006					
30/07/2016	Fibra FF - Filtro Fino	0330.2019	0.1144	0,1133	0,1146	0,0013	0,0065	8,45E-08	5,63E-08	0,056	
31/07/2016	Fibra FF - Filtro Fino	0331.2019	0.1117	0,1110	0,1118	0,0008	0,0246	1,97E-08	1,31E-07	0,131	
											Média 4 dias/Jul.
											0,0735

Fonte: Autor.

A pesquisa concluiu peculiaridades quanto ao material particulado. Nessa ênfase é pertinente ressaltar que existe uma grande movimentação de transporte na Praça do Trabalhador, porque ela é um ponto importante no sentido de ligar a cidade de Goiânia a outros setores. Portanto é um local naturalmente de bastante tráfego. Ademais, o apelo comercial vinculado à região de comercialização (Rua 44) e Feira Hippe contribuem para fomentar o número de veículos.

Evidentemente que esse artigo não desconsidera as razões do cidadão para se movimentar naquela região, entretanto ela obteve conclusões que dizem respeito à aspectos de uma vida mais saudável, na medida em que, principalmente as concentrações de Pb encontradas foram discrepantes em relações àquelas legisladas.

Assim, fica como um arremate que a realização de ciclos de placas, como já são realizados em outros grandes centros como São Paulo, com o intuito de diminuir o fluxo de automóveis e motocicletas naquela região, torna-se uma alternativa, para reduzir a concentração do material particulado. Destaca-se que não se trata da indústria da multa, mas propor uma parceria com o cidadão no âmbito da educação ambiental e fornecer subsídios, como redução na taxa de passagem de ônibus, nos dias de rodízios para motoristas que comprovarem ter deixado o carro em suas residências.

Outro aspecto importante dessa discussão é que o Brasil ainda parece estar distante de uma Química Ambiental efetiva pois os valores da União Europeia e as sanções são bem mais efetivas do que as que estão relacionadas ao contexto nacional. Já enquanto paradigma estadual sugere-se ao poder público municipal ou estadual a compra de amostradores de grande volume para mensurar melhor a qualidade do ar goianiense, e possivelmente parcerias para a aquisição para municípios vizinhos como Aparecida de Goiânia.

Desse modo, é preciso ressaltar que a cidade de Goiânia apenas realiza aspectos quantitativos ao passo que é preciso complementar com equipamentos nas Secretárias do Meio Ambiente com o intuito de caracterizar o material particulado e assim identificar as fontes de maior poluição.

Sendo assim, fica como proposta do trabalho a apresentação para o poder público a má qualidade do ar atmosférico, na região da grande Goiânia, sendo que esta, está relacionada ao quantitativo de veículos passeio/pesados que trafegam a região, cabe aos governantes, uma revisão no plano diretor da cidade, no sentido de criar corredores arborizados na via em que foi realizado o estudo, pois sabe-se que as mesmas auxiliam a remoção do material particulado suspenso no ar.

Além da arborização, destinar verbas para a renovação e manutenção da frota veicular do transporte público, melhor sincronização das sinalizações verticais (Tempos nos Semáforos), ou seja, diminuindo o ritmo “anda-para”, pois o mesmo provoca maior desgaste das peças veiculares provocando a ressuspensão para a atmosfera dos metais que as compõem, uma outra possibilidade está na criação de maiores faixas de ciclovias.

Outro ponto a ser destacado é a necessidade de fomentar a pesquisa, ou seja, conceder recursos para as Instituições de Ensino Superior, voltados à compras de equipamentos e insumos químicos em busca de um maior estudo e monitoramento da qualidade do ar em Goiânia.

E, dessa forma, fica como a maior proposta um manual com mecanismos de execução para minimizar os impactos causados pelo material, tanto na saúde da população, quanto no meio ambiente.

Por fim, essas são as contribuições desse trabalho e ele se constitui como fortuna crítica para novos pesquisadores interessados em estudar o material particulado, a química ambiental ou outras disciplinas inerentes a essa temática.

5. CONCLUSÃO

A partir do exposto da pesquisa da dissertação de mestrado, este artigo chega a algumas conclusões que serão discutidas brevemente a seguir.

Nesse prisma evidenciou-se a presença de metais, principalmente o Pb, na caracterização elementar do material particulado suspenso, na região metropolitana da cidade de Goiânia, na Praça do Trabalhador, região central. Além disso, ainda se tem uma lei estadual limitada, quanto a legislação do exposto verificado na pesquisa, o que precisa ser corrigido pelas autoridades para garantir uma melhor qualidade de vida à população goiana.

Como ferramenta pedagógica e instrumental foi elaborado um manual, que tem a função de caracterizar o material particulado e orientar e nortear o poder público, enquanto uma ferramenta para subsidiar uma forma de lidar com o material particulado, uma vez que é impossível evitar o tráfego e a circulação de pedestres na praça do trabalhador.

A pesquisa ainda orienta como uma alternativa o rodízio de carros como já acontece em grandes cidades, como são Paulo. Finalmente, este trabalho é subsídio para outras áreas das ciências que se interessam por poluição atmosférica, geografia, física, biologia, história e a própria química.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Baird, C. (2007). Química Ambiental. 3ª ed. Porto alegre: Bookman.

Barbosa, J. M. S. (2018). Estudo da Concentração do Material Particulado Fino e Grosso Amostrado na Praça da Estação em Goiânia-Go. Trabalho de Conclusão de Curso – Instituto Federal de Goiás, 2018.

Decreto Estadual 1.745/79. Disponível em: http://www.gabinetecivil.go.gov.br/pagina_decretos.php?id=12465. Acesso em 11/07/2019.

Leonardo, V. J. A. (2009). Contribuição ao Estudo da Secagem com Microondas de Tinta à Base de Resina Acrílica Emulsionada em Água Utilizada na Sinalização Horizontal Viária. 2009. Dissertação de Mestrado – Escola de Engenharia Mauá do Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia.

Lopes, F. (2003). Caracterização Química do Material Particulado Suspenso na Atmosfera Empregando a Fluorescência de Raios-X Dispersiva em Energia (EDXRF). 2003. 106 f. Dissertação de Mestrado – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, São Paulo.

Manahan, S. L. (2013). Química Ambiental. 9ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.

Resolução Conama 003/90: <https://www.ibama.gov.br/sophia/cnia/legislacao/MMA/RE0003-280690.PDF>. Acesso em 10/07/2023.

RESOLUÇÃO CONAMA 491/2018: http://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=766. Acesso em 10/07/2023.

Santana, F. O. (2019). Contaminantes/Poluentes Atmosféricos Gasosos em Centros Urbanos Brasileiros. Tese de Doutorado – Universidade Federal da Bahia. Programa de Pós-Graduação em Química, 2019.

Silva Neto, L, J, (2019). Monitoração de Radionuclídeos e Elementos Químicos no Particulado atmosférico de uma Rodovia de Grande Circulação em Recife. Dissertação de Mestrado - Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Energéticas e Nucleares.

Souto-Oliveira, C. E., Babinski, M., Araújo, D. F., Andrade, M. F. (2018). Multi-isotopic fingerprints (Pb, Zn, Cu) applied for urban aerosol source apportionment and discrimination. Science of the Total Environment, 626, 257-267. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.01.192>

DECLARAÇÃO DE CONTRIBUIÇÕES PARA O ARTIGO – CRediT

ROLE	Pereira	Schimidt	Gomes
Conceptualization – Ideas; formulation or evolution of overarching research goals and aims.	X	X	X
Data curation – Management activities to annotate (produce metadata), scrub data and maintain research data (including software code, where it is necessary for interpreting the data itself) for initial use and later re-use.	X	X	X
Formal analysis – Application of statistical, mathematical, computational, or other formal techniques to analyze or synthesize study data.	X	X	X
Funding acquisition - Acquisition of the financial support for the project leading to this publication.	X	X	X
Investigation – Conducting a research and investigation process, specifically performing the experiments, or data/evidence collection.	X	X	X
Methodology – Development or design of methodology; creation of models.	X	X	
Project administration – Management and coordination responsibility for the research activity planning and execution.	X	X	
Resources – Provision of study materials, reagents, materials, patients, laboratory samples, animals, instrumentation, computing resources, or other analysis tools.	X	X	X
Software – Programming, software development; designing computer programs; implementation of the computer code and supporting algorithms; testing of existing code components.	X	X	X
Supervision – Oversight and leadership responsibility for the research activity planning and execution, including mentorship external to the core team.	X	X	
Validation – Verification, whether as a part of the activity or separate, of the overall replication/reproducibility of results/experiments and other research outputs.	X	X	X
Visualization – Preparation, creation and/or presentation of the published work, specifically visualization/data presentation.	X	X	
Writing – original draft – Preparation, creation and/or presentation of the published work, specifically writing the initial draft (including substantive translation).	X	X	
Writing – review & editing – Preparation, creation and/or presentation of the published work by those from the original research group, specifically critical review, commentary or revision – including pre- or post-publication stages.	X	X	X

