

# **ESTUDO DA QUALIDADE DO AR NO ENTORNO DA PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO DE JANEIRO**

## **STUDY OF THE AIR QUALITY IN THE SURROUDINGS OF THE PONTIFICAL CATHOLIC UNIVERSITY OF RIO DE JANEIRO**

Gabriel Maia <sup>1</sup>

Maria Cáceres<sup>2</sup>

Orientadora Adriana Gioda<sup>3</sup>

### **RESUMO**

Tendo em vista a falta de conhecimento, por uma grande parcela da população, a respeito da qualidade do ar em seu entorno e das indesejadas consequências ao meio ambiente e à saúde pública que a má qualidade deste traz, o presente estudo visa caracterizar quimicamente o poluente atmosférico material particulado (MP<sub>10</sub> e MP<sub>2,5</sub>) na região da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio), comparando os resultados com a legislação vigente e com estudos anteriores realizados no Rio de Janeiro, verificando, também, se este não está a comprometer a saúde das pessoas e do Meio Ambiente

**PALAVRAS-CHAVE:** MP<sub>10</sub>; MP<sub>2,5</sub>; Saúde Pública; Meio Ambiente; Qualidade do Ar.

### **ABSTRACT**

As the lack of knowledge about air quality and its dangerous consequences in the environment and public health persists in general population, this present study aims to quantify the concentration of atmospheric particulate matter (PM<sub>10</sub> e PM<sub>2.5</sub>) collected in PUC-

---

<sup>1</sup> <http://lattes.cnpq.br/5176431416107767>

<sup>2</sup> <http://lattes.cnpq.br/7825067900435547>

<sup>3</sup> <http://lattes.cnpq.br/3948737758921845>

Rio, comparing the results with current legislation and previous studies carried out in Rio de Janeiro as well as verifying if this pollutant is compromising the public health and the environment.

KEY WORDS: PM10; PM2.5; Public Health; Environment; Air Quality;

## INTRODUÇÃO

A qualidade do ar está intimamente relacionada com o bem-estar das pessoas e do ambiente em seu entorno. Os processos naturais e antrópicos contribuem para a emissão de diversos compostos que, em determinada concentração, tempo de exposição, composição química, entre outros fatores, podem provocar as mais variadas consequências, que vão desde a acidificação dos corpos hídricos até o aumento do número de internações por doenças respiratórias (Frank, 2015). Desta forma, o monitoramento dos poluentes atmosféricos se faz necessário para verificar se os mesmos estão dentro dos padrões estabelecidos pela legislação ambiental vigente e não oferecem risco à saúde da população, além de fornecer insumos para identificação e controle das principais fontes emissoras.

O poluente atmosférico de interesse no presente estudo é o material particulado (MP)<sup>4</sup>. Material particulado ou aerossóis são partículas sólidas ou líquidas em suspensão no ar, que possuem dimensões inferiores a 100  $\mu\text{m}^5$  (Renoux, 1998) e são emitidos tanto por fontes naturais (erupções vulcânicas, *spray* marinho, material biológico e suspensão de partículas do solo) quanto por fontes antrópicas (transporte, mudança do uso e ocupação do solo, geração de energia e atividades industriais).

Os aerossóis participam de diversos fenômenos naturais tais como: A formação de nuvens (atuando como núcleos de condensação) e das chuvas, atuam também no balanço radiativo da atmosfera, na visibilidade e até nas trocas entre o oceano e a troposfera (Alves, 2005). Entretanto, também apresentam riscos à saúde pública como o agravamento da asma, bronquite e irritação no trato respiratório, a depender de sua concentração, composição química e tamanho. Neste projeto de Iniciação Científica, foram estudadas partículas de até 2.5 micra (MP<sub>2.5</sub>), também chamadas de partículas respiráveis ou partículas finas, e partículas

---

<sup>4</sup> Particulate matter (PM), em inglês

<sup>5</sup> 1  $\mu\text{m}$  = 0,000001 metros

---

com tamanho aerodinâmico<sup>6</sup> de até 10 micra (MP<sub>10</sub>), também conhecidas por partículas grossas ou inaláveis. Comparativamente, o tamanho do MP<sub>2.5</sub> é cerca de 30 vezes menor que um fio de cabelo humano (Frank, 2015).

As partículas finas estão normalmente associadas à atividade antrópica, principalmente à queima de combustíveis fósseis para transporte e geração de energia (termoelétricas). Uma das principais fontes de particulados é a emissão proveniente de veículos a diesel (MonitoAR Rio, 2012). Motores a diesel geram até 100 vezes mais partículas do que motores a gasolina e cerca de 80 % das partículas emitidas pela queima do diesel apresentam pequeno tamanho aerodinâmico, sendo menores do que 1 µm (Frank, 2015).

O grande problema das partículas finas é que elas tendem a se comportar como gases, podendo atingir os alvéolos pulmonares e então penetrar na corrente sanguínea onde serão distribuídas para as células e tecidos do corpo (Frank, 2015). Por outro lado, as partículas de até 10 µm atingem o trato respiratório superior ficando retidas na garganta, laringe e faringe, enquanto as partículas maiores que 10 µm ficam retidas nos pelos do nariz e oferecem menor risco devido ao seu baixo alcance no organismo. As partículas finas possuem uma maior superfície de contato se comparadas com as partículas grossas, assim, a interação com o sistema biológico é maior caso compostos tóxicos como metais pesados e hidrocarbonetos policíclicos aromáticos estejam na superfície dessas partículas, o que representa um grande risco à saúde (MonitoAR Rio, 2012).

Estudos realizados por Lepeule et al. 2012 e Krewski et al. 2009, pontam uma forte relação entre mortalidade e a exposição a longo prazo de material particulado fino (MP<sub>2.5</sub>), além disso, dos poluentes atmosféricos existentes o MP é responsável pela maioria das complicações de saúde nos dias atuais (Frank, 2015). Por este motivo, pretende-se com esse projeto avaliar a exposição dos moradores, alunos e trabalhadores, que convivem próximo à PUC-Rio, a este perigoso poluente, verificando se o mesmo está dentro dos padrões estabelecidos pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA<sup>7</sup>) e pela Organização

---

<sup>6</sup> Célia Alves, Aerossóis atmosféricos pág 861. 2005: “O tamanho da partícula é, em geral, associado ao diâmetro aerodinâmico equivalente, ou seja, ao diâmetro de uma esfera com densidade unitária e a mesma velocidade de queda”.

<sup>7</sup> CONAMA é o órgão consultivo e deliberativo do Sistema Nacional do Meio Ambiente-SISNAMA, criado pela Política Nacional do Meio Ambiente.

Mundial da Saúde (OMS<sup>8</sup>) identificando, também, as possíveis fontes emissoras. Os íons presentes no material particulado foram analisados e comparados com estudos anteriores, uma vez que não existem limites estabelecidos para esses componentes. A partir dos resultados será possível verificar a qualidade do ar no entorno da Universidade e determinar se o mesmo apresenta algum risco à população.

Viver em um ambiente poluído, propício às complicações respiratórias é um desacato ao nosso direito a uma vida digna, se algo tão natural como respirar é ameaçado isto é um sinal de que algo está errado. Devemos aprender com os erros do nosso passado para que possamos solucionar este problema da melhor maneira possível, encontrando o equilíbrio e uma maneira sustentável de se viver.

## CONTEXTUALIZAÇÃO

Em tempos remotos, as alterações na qualidade do ar por atividades antrópicas restringiam-se ao local da fonte emissora. Atualmente, essas emissões têm impactos globais significativos, sendo o mais famoso o aquecimento global. Um levantamento realizado pela Organização Mundial da Saúde (OMS) estima que a poluição atmosférica foi responsável por cerca de 3,7 milhões de mortes no mundo em 2012, sendo que as maiores concentrações das fatalidades ocorreram nos países do sudeste asiático, devido à rápida industrialização e legislação ambiental permissiva (WHO, 2012).

Estudos de tomografia computadorizada realizados em múmias do antigo Egito evidenciaram sinais de pneumonia e enfisema pulmonar já naquela época, além disso, um dos motivos pelo qual nossos ancestrais eram nômades era para se afastar dos maus odores oriundos da decomposição de restos de animais e vegetais e pelos dejetos sanitários gerados por eles (Brimblecome, 1987 & Zweifel, 2009). Posteriormente, com a descoberta do fogo e sua utilização para cozimento de alimentos, aquecimento e iluminação, o ar no interior das casas passou a ser contaminado com gases provenientes da combustão incompleta de biomassa, como o monóxido de carbono, que possui grande afinidade com a hemoglobina (aproximadamente 210 vezes maior do que o oxigênio) podendo ocasionar sonolência, náusea e levar à morte (MonitoAR Rio, 2012 & Brimblecome, 1987). Esta prática ainda é a triste

---

<sup>8</sup> World Health Organization (WHO) em inglês.

realidade de algumas das regiões menos desenvolvidas economicamente do mundo, como em partes da Índia.

As principais atividades industriais na Inglaterra antes da Revolução Industrial eram a cerâmica, metalurgia e a preservação de produtos de origem animal, assim, as vilas já estavam expostas à poluição atmosférica de diversas fontes (Brimblecome, 1987). No século XVIII, com a Primeira Revolução Industrial e o consequente uso do carvão mineral como principal matriz energética para o funcionamento das máquinas e do setor ferroviário, houve um grande aumento nas emissões de particulados e outros poluentes atmosféricos, culminando em alguns episódios trágicos à saúde pública e forçando o parlamento inglês a tomar medidas em prol da melhoria da qualidade do ar.

O mais conhecido e trágico desses episódios ocorreu em dezembro de 1952, durante um período de inversão térmica em Londres, que estagnou os produtos da combustão do carvão mineral na baixa troposfera, resultando numa estimativa de 4000 a 12000 mortes e um aumento considerável no número de complicações cardiovasculares e pulmonares (Logan, 1953 & Bell, 2009). Esta catástrofe resultou no Ato do Ar Limpo de 1956, lei que obteve sucesso em reduzir a queima de carvão para uso doméstico em Londres e outras grandes cidades do Reino Unido. Consequentemente, o Reino Unido se tornou a referência mundial na época em controle da poluição atmosférica, implementando áreas livres de fumaças, estimulando o uso de gás natural e impondo controle sobre as emissões industriais (Wilkins, 1954).

As políticas de controle das emissões têm evoluído ao longo do tempo, mas ainda se mostram falhas uma vez que permanece elevado o número de mortes e internações causadas pela poluição do ar. Segundo o relatório de 2016 da OMS, 92 % da população mundial está exposta a concentrações de  $MP_{2.5}$  acima do limite anual máximo estabelecido pela organização, que é de  $10 \mu\text{g m}^{-3}$ . Em números absolutos<sup>9</sup>, a China apresenta o pior cenário, com 1 milhão de óbitos seguida da Índia com 620 mil óbitos devido à poluição atmosférica. Contudo, ao se analisar o número de mortes a cada 100 mil habitantes, o Leste Europeu apresenta os piores resultados. Tais resultados enfatizam a necessidade de melhorias na

---

<sup>9</sup> Adam Vaughan para o jornal The Guardian, 2016: O Brasil teve 26,2 mil óbitos causados pela poluição em 2012, o que deixa o país em 17º lugar, segundo um ranking elaborado pelo jornal britânico "The Guardian" com os dados do relatório. Porém, considerando a taxa de mortes por 100 mil habitantes, o país está em 158º lugar, com 13 óbitos em 100 mil pessoas.

tecnologia de controle das emissões por parte das indústrias e também na legislação, além de conscientização da população pelas autoridades governamentais nesses países. A poluição do ar superou a falta de saneamento e de água potável como principal causa ambiental de morte prematura no mundo (OECD, 2014).

## FONTES EMISSORAS

O MP pode ser emitido tanto por fontes naturais tanto por fontes antrópicas. As fontes naturais fazem parte do ciclo que rege o funcionamento dos mais diversos ecossistemas, sendo benéficas ao meio, o MP proveniente destas fontes tende a ter um tamanho maior e uma composição química que não oferece riscos à saúde. As partículas oriundas de fontes antrópicas, por sua vez, possuem um tamanho aerodinâmico menor e são partículas secundárias formadas por reações químicas. Tais partículas apresentam maiores riscos à saúde do homem devido à sua composição química e alcance no organismo (Frank, 2015).

Abaixo estão descritas as fontes que podem ter influência nas amostras da PUC-Rio.

## FONTES NATURAIS

### *“Spray” Marinho*

É originado a partir da ação dos ventos sobre o mar e pela rebentação das ondas, é conhecido popularmente como maresia. O sal marinho apresenta tamanhos variáveis, assim, os tempos de residência na atmosfera podem oscilar entre alguns minutos e uma semana (Alves, 2001).

O sal marinho contribui positivamente para a dispersão da luz e para o aumento dos núcleos de condensação de nuvens, principalmente, em áreas onde outras fontes de particulado são escassas (Alves, 2005 & Quinn, 1998).

O “spray” marinho também pode controlar a chuva ácida, devido à sua composição semelhante à água do mar. Este tipo de material particulado atmosférico pode neutralizar parte da acidez da chuva por interação gás/ partícula ou partícula/partícula (Couto, 2003).

### *Suspensão de Partículas do Solo*

Ocorre devido à ação dos ventos sobre o solo, sendo as regiões desérticas as principais fontes emissoras (FIGURA 1). As partículas de solo possuem tamanhos distintos de tal forma que, quanto menor o diâmetro do grão maior é o seu alcance. Para se ter uma ideia da magnitude desse processo, partículas oriundas do deserto do Saara foram encontradas na floresta Amazônica.

Tais partículas possuem um papel importante na fertilidade do solo amazônico, contribuindo no aporte de macro nutrientes essenciais para as plantas como potássio e fósforo (Gomes, 2015).

Apesar das emissões naturais representarem o maior percentual, a mudança do uso e ocupação do solo para agricultura e pecuária vem contribuindo para o aumento das emissões. Estima-se que tais atividades possam contribuir em até 50 % das emissões globais, principalmente em anos de estiagem e ventosos (Alves, 2005 & Tegen, 1996). Em média, são emitidas cerca de 2150 Tg ano<sup>-1</sup> de partículas do solo para atmosfera (Ginoux, 2001).



Figura 1 Aerossol em região desértica. Distrito de Al-Ain Emirado de Abu Dhabi 2016; Foto: Arquivo Pessoal

### FONTES ANTRÓPICAS

A atual relação do homem com a natureza é predatória e nociva, ao subjugar o natural, consequências desastrosas podem ser desencadeadas, sendo a uma delas o comprometimento da própria vida humana. Segundo a Organização Mundial da Saúde, somente em 2012, cerca de 26,2 mil brasileiros perderam a vida pela má qualidade do ar que respiravam.

As atividades antrópicas merecem atenção especial na temática dos aerossóis (FIGURA 2). O transporte, a geração de energia elétrica e atividades industriais contribuem para emissões de partículas finas, que devido ao seu grande alcance no sistema biológico, apresentam os maiores riscos à saúde (Frank, 2015).

As atividades nas termelétricas a carvão e na indústria metalúrgica, o uso de combustíveis fósseis, principalmente o diesel, e a produção de fertilizantes, são algumas das atividades antrópicas que contribuem para o aporte de óxidos de nitrogênio e de enxofre para atmosfera.

O dióxido de enxofre,  $\text{SO}_2$ , é um gás incolor não inflamável, altamente tóxico que causa danos ao sistema respiratório e é um agravante da asma, além disso, o  $\text{SO}_2$  pode causar danos aos olhos como o endurecimento da córnea e deformação da íris. Já o dióxido de nitrogênio,  $\text{NO}_2$ , é um gás de coloração marrom que além de atacar o trato respiratório e aumentar a susceptibilidade às gripes e resfriados, também possui papel fundamental na formação do ozônio a nível troposférico, na presença de radiação solar e compostos orgânicos voláteis.

Ambos os poluentes ( $\text{NO}_2$  e  $\text{SO}_2$ ) são constituintes da chuva ácida, causando danos a materiais de construção e acidificando rios e o solo (MonitorAR Rio, 2012) A oxidação dos óxidos de enxofre e nitrogênio a ácido sulfúrico e a ácido nítrico, respectivamente, formam as chamadas partículas secundárias que compõem a fração mais fina do aerossol ( $\text{MP}_{2.5}$ ) e estão mais associadas às atividades humanas (Alves, 2005).



Figura 2 - Concentração de poluentes atmosféricos, note a baixa visibilidade da Ilha Redonda ao fundo. Praia da Macumbá, Rio de Janeiro 2017; Foto: Arquivo Pessoal

## VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS

As variáveis meteorológicas possuem influência tanto na concentração dos poluentes atmosférico quanto na dispersão dos mesmos, sendo de grande importância para o estudo da qualidade do ar. Das variáveis existentes, três serão descritas: temperatura, pluviosidade e ventos.

A temperatura é a medida da energia cinética presente nas moléculas de qualquer substância. No Brasil normalmente é expressa em graus Celsius ( $^{\circ}\text{C}$ ). A temperatura na troposfera diminui com a altitude, porém, quando ocorre o fenômeno da inversão térmica o oposto acontece. A inversão térmica é um processo natural que pode aumentar a poluição atmosférica em áreas urbanas, pois dificulta a mistura vertical do ar, o ar frio mais denso encontra-se abaixo do ar quente mais leve (Assunção, 2009). Na cidade do Rio de Janeiro ocorre um tipo peculiar de inversão, causado por ondulações de leste que trazem a água fria de Arraial do Cabo, onde ocorre a Ressurgência, a baixa temperatura da água do mar resfria a camada de ar sobrejacente e concentra os poluentes atmosféricos na baixa troposfera, diminuindo a qualidade do ar.

As chuvas são importantes agentes na dinâmica dos poluentes atmosféricos, principalmente do MP e dos gases solúveis ou reativos com a água, sendo um dos

mecanismos de limpeza da atmosfera. Este fenômeno é chamado de *wash out* (Assunção, 2009). Entretanto, um dos fenômenos resultantes da combinação da chuva com os poluentes atmosféricos é a chuva ácida, que pode danificar as plantas, monumentos históricos e vida aquática, que é sensível às alterações no pH. Assim, os poluentes que antes estavam no ar agora se encontram no solo e nos corpos hídricos (MonitorAR Rio, 2012 & Assunção 2009).

Os ventos atuam tanto como agentes responsáveis pelo aporte de particulados quanto pela dispersão dos mesmos. Como foi explicitado anteriormente, os ventos atuantes no solo e sobre as cristas das ondas suspendem as partículas de solo e de sal marinho, contribuindo positivamente para emissões de particulados oriundos de fontes naturais. É sabido também que partículas biológicas como pólen e bactérias são carregadas pela ação dos ventos. Um fator que pode impedir a dispersão dos poluentes atmosféricos é a existência de prédios, que funcionam como obstáculos à ação dos ventos.

## METODOLOGIA

A coleta de material particulado foi feita utilizando equipamentos do tipo amostradores de grandes volumes (Hi-Vol da Tisch Environmental, USA). As amostras foram coletadas por um período médio de 24 horas, em filtros de fibra de vidro (Whatman) e com a vazão média de  $1,14 \text{ m}^3 \text{ min}^{-1}$ . A amostragem foi realizada semanalmente, com alternância dos dias da semana.

As amostras foram pesadas, extraídas e analisadas por Espectrometria de Massas com Plasma Indutivamente Acoplado (ICP-MS) e Cromatografia de Íons (CI). Para a determinação de elementos presentes no material particulado as amostras foram submetidas a extração ácida. A solução resultante foi analisada por ICP-MS, utilizando um espectrômetro de massas modelo ELAN 6000 (PerkinElmer-Sciex, EUA) (Mateus et al., 2013). A verificação da exatidão da metodologia foi feita a partir da análise de amostras certificadas de material particulado (NIST SRM 1648a). Por outro lado, para a determinação de íons orgânicos e inorgânicos presentes no material particulado, foram realizadas extrações aquosas. As soluções resultantes foram analisadas utilizando um Cromatógrafo de Íons (Dionex ICS 5000 da Thermo Scientific, Brasil).

As concentrações de material particulado obtidas foram comparadas com padrões nacionais e internacionais (ANEXO). Os resultados das análises para a determinação da composição química foram comparados com estudos anteriores, uma vez que não existe

padrões estabelecidos para a concentração de elementos e íons presentes no material particulado.

## RESULTADOS

Ao se fazer a análise das concentrações obtidas, verificou-se que o limite máximo diário de  $MP_{10}$  e  $MP_{2.5}$  estabelecido pela Organização Mundial da Saúde e pelo CONAMA 03/90 não foi ultrapassado nas amostras coletadas. Contudo, o limite anual estabelecido pela OMS foi ultrapassado tanto para  $MP_{10}$  quanto para  $MP_{2.5}$ , evidenciando riscos à saúde.

Os resultados obtidos para os íons revelam uma elevada concentração de sódio ( $Na^{+2}$ ), nitrato ( $NO_3^-$ ) e sulfato ( $SO_4^{-2}$ ), especialmente no  $MP_{10}$ , se comparado com outros estudos realizados no Rio de Janeiro como em Soluri D et al 2007 e Mariani R 2001. Em termos de metais, as amostras do presente estudo mostraram-se em menores concentrações que em estudos anteriores.

Na Tabela 2 estão apresentados os resultados obtidos ao longo de 2016, assim como a média anual e o desvio padrão.

Tabela 2: Concentração de MP<sub>2,5</sub> e MP<sub>10</sub> observada no experimento realizado, por período de coleta, concentração média no período e desvio padrão.

MP <sub>2,5</sub>			MP <sub>10</sub>		
Data Inicial	Data Final	Concentração ( $\mu\text{g m}^{-3}$ )	Data Inicial	Data Final	Concentração ( $\mu\text{g m}^{-3}$ )
03/03/2016	04/03/2016	14,77	03/03/2016	04/03/2016	35,64
15/03/2017	16/03/2016	18,74	15/03/2017	16/03/2016	-
07/04/2016	08/04/2016	21,26	07/04/2016	08/04/2016	31,16
05/05/2016	06/05/2016	21,06	05/05/2016	06/05/2016	37,69
14/06/2016	15/06/2016	17,42	14/06/2016	15/06/2016	33,36
05/07/2016	06/07/2016	18,8	05/07/2016	06/07/2016	23,1
02/08/2016	03/08/2016	16,33	02/08/2016	03/08/2016	28,83
08/08/2016	09/08/2016	5,77	08/08/2016	09/08/2016	20,41
10/08/2016	11/08/2016	4,5	10/08/2016	11/08/2016	18,06
16/08/2016	17/08/2016	20,58	16/08/2016	17/08/2016	20,17
25/08/2016	26/08/2016	14,81	25/08/2016	26/08/2016	27,92
30/08/2016	31/08/2016	19,52	30/08/2016	31/08/2016	39,05
08/09/2016	09/09/2016	12,87	08/09/2016	09/09/2016	19,11
12/09/2016	13/09/2016	11,92	12/09/2016	13/09/2016	39,87
<b>Média Anual = 14,94 <math>\mu\text{g m}^{-3}</math></b>			<b>Média Anual: 28,80 <math>\mu\text{g m}^{-3}</math></b>		
<b>Desvio: 5,72</b>			<b>Desvio: 7,75</b>		

As Tabelas 3 e 4 apresentam uma comparação dos resultados obtidos para íons nesse estudo com os resultados de outros experimentos.

Tabela 3: Comparativo entre as concentrações de íons presentes no MP<sub>2,5</sub> observada no presente estudo e em outros:

	<b>MP<sub>2,5</sub> (µg m<sup>-3</sup>)</b>			
	Rio de Janeiro(PUC) Este estudo	Rio de Janeiro (Soluri et Al, 2007)	Rio de Janeiro (Mariani et Al, 2001)	Rio de Janeiro (Regina et Al 2010)
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,68	0,25-0,50	2,4	-
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	2,2	1,5-2,2	2,7	-
K <sup>+</sup>	0,22	0,12-0,23	0,45	-
Mg <sup>+2</sup>	0,04	0,02-0,03	0,1	-
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0,205	0,44-0,74	0,9	-
Cl <sup>-</sup>	-	0,13-0,32	0,29	-
Na <sup>+1</sup>	1,36	0,17-0,30	0,45	-
Ca	0,828	0,049-0,11	-	0,43
Ti	0,0012	0,017-0,025	-	0,0054
Pb	0,00104	-	-	0,0236
Cu	0,00651	-	-	0,0176
V	0,00134	-	-	0,0087

Tabela 4: Comparativo entre as concentrações de íons presentes no MP<sub>10</sub> observada no presente estudo e em outros:

	<b>MP<sub>10</sub> (µg m<sup>-3</sup>)</b>		
	Rio de Janeiro(PUC) Este estudo	Rio de Janeiro (Soluri et Al, 2007)	Rio de Janeiro (Mariani et Al, 2001)
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	1,96	0,92-1,44	1,6
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	2,79	0,51-1,05	1,1
K <sup>+1</sup>	0,3	0,14-0,18	0,23
Mg <sup>+2</sup>	0,32	0,09-0,19	0,38
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0,146	-	0,2
Cl <sup>-</sup>	2,46	0,82-1,26	1,6
Na <sup>+2</sup>	2,68	1,02-1,53	1,14
Ca	0,68324	0,31-1,21	-
Ti	0,00411	0,04-0,1	-
Pb	0,00126	-	-
Cu	0,02238	-	-
V	0,00155	-	-

## CONCLUSÃO

Os resultados das concentrações obtidas de  $MP_{2.5}$  e  $MP_{10}$  evidenciaram que não foi ultrapassado o limite máximo diário estabelecido pela OMS e pelo CONAMA 03/90, assim não há riscos associados à um curto período de exposição. Entretanto, tanto as concentrações anuais de  $MP_{2.5}$  quanto de  $MP_{10}$  ultrapassaram os limites da OMS, indicando que há riscos à saúde para um longo período de exposição na área estudada.

Estudos de longos períodos de exposição revelam a correlação entre mortalidade e material particulado em níveis abaixo do estabelecido pela OMS para  $MP_{2.5}$  (Frank, 2005), o que evidencia a necessidade da implantação de programas que visem a redução das emissões de partículas finas em meios urbanos.

Os resultados obtidos para os íons revelam uma elevada concentração de sódio, nitrato e sulfato, especialmente no  $MP_{10}$ , se comparado com os estudos realizados no Rio de Janeiro como em Soluri D et al 2007 e Mariani R 2001. A alta concentração de sódio pode ser explicada pela proximidade da área com o mar, enquanto o nitrato e sulfato, produtos da queima de combustíveis fósseis, obtiveram elevadas concentrações possivelmente pela proximidade com a Av. Padre Leonel Franca, local de frequentes engarrafamentos, e com o terminal rodoviário da PUC-Rio. Em termos de metais, as amostras do presente estudo mostraram-se em menores concentrações que em estudos anteriores.

A legislação brasileira, CONAMA 03/90, deveria ser atualizada, uma vez que já tem mais de duas décadas de vigência sem alteração dos seus limites, além de não apresentar valores de referência para as partículas finas ( $MP_{2.5}$ ), que são as mais perigosas à saúde.

## REFERÊNCIAS

ALVES Célia; Aerossóis atmosféricos: Perspectiva Histórica, fontes, processos químicos de formação e composição orgânica. **Quim. Nova**, Vol. 28, No. 5, p.859. Viana do Castelo, Portugal 2005.

ALVES, C.; Tese de Doutorado, Universidade de Aveiro, Portugal, 2001.

ASSUNÇÃO; J; Livro **Curso de Gestão Ambiental** da USP, Controle Ambiental do Ar, Capítulo 4, p 124, São Paulo 2009.

BELL, M. L., & Davis, D. L. Reassessment of the lethal London fog of

1952: Novel indicators of acute and chronic consequences of acute exposure to air pollution. **Environmental Health Perspectives**, Vol 109, p 389–394. 2001

BRIMBLECOME, P; **The Big Smoke, a history of air pollution in London since medieval times**. Londres: Methuen, 1987. 185 p.

CONAMA 03/90; Padrões de Qualidade do Ar, 1990.

COUTO, R. E; Influência do spray marinho na neutralização da acidez da

chuva na área do Polo Industrial de Camaçari – BA. 2003

FRANK J. Kelly; Julia C. Fussell; Air pollution and public health: emerging hazards and improved understanding of risk; **Environ Geochem Health**, Vol 37, p 632-637, Londres 2015.

GINOUX, P. et al; Geophys. **Res.- Atmos**, 106, 20255. 2001

GOMES, R; Determinação da concentração de ácidos orgânicos presentes nos aerossóis coletados na região amazônica. Relatório Final de Iniciação Científica. Rio de Janeiro; 2015

JAENICKE, R. E, Aerosol-Cloud-Climate Interactions; Hobbs, P. V., ed.; **Academic Press Inc.**: U.K., p. 1-31. 1993

LOGAN, W. P. Mortality in the London fog incident, 1952. **The Lancet**, Vol 1(6755), p 336–338. 14 fev 1953.

MARIANI, R.L.N.C.; Ph.D Thesis, Universidade Federal Fluminense, Niterói, Brazil, 2001.

MATEUS, V. L., Monteiro, I.L.G., Rocha, R. C. C., Saint Pierre, T.D., Gioda, A. Study of the chemical composition of particulate matter from the Rio de Janeiro metropolitan region, Brazil, by inductively coupled plasma-mass spectrometry and optical emission spectrometry. **Spectrochimica Acta. Part B, Atomic Spectroscopy**, Vol 86, 131-136. Rio de Janeiro, Brazil 2013.

MonitorAR Rio, programa de monitoramento da qualidade do ar do Rio de Janeiro, convênio da Petrobrás e da Prefeitura do Rio de Janeiro. 2012

OECD (Organisation for Economic Co-operation and development). **The cost of air pollution. Health impacts of road transport**. 2014

QUINN, P. K.; Coffman, V. N.; Kapustin, T. S.; Covert, D. S.; *J. Geophys. Res.* 103, 16547. 1998.

REGINA, M; Andrade, M; Fornaro, A ; Astolfo, R; Andre, Saldiva, P; Urban air pollution: a representative survey of PM2.5 mass concentrations in six Brazilian cities. **Springer**, Vol 5, p 63-77, 2010.

RENOUX, A.; Boulard, D.; Les aérosols. Physique et Métrologie, **Lavoisier Technique & Documentation**, Paris, 1998.

SOLURI, D. et al; Multi-site PM2.5 and PM2.5-10 Aerosol Source Apportionment in Rio de Janeiro, Brazil. **Sociedade Brasileira de Química**, Vol 18, p S4, Rio de Janeiro 2007.

TEGEN, I.; Lacis, A.; Fung, I.; **Nature**, Vol 380, p 419. 1996

VAUGHAN, A, The Guardian; *China tops WHO list for deadly outdoor air pollution*; 27 Reino Unido | September 2016

WILKINS, E. T. Air pollution aspects of the London fog of December 1952. **Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society**, Vol 80(344), p 267–271. 1954

World Health Organisation (WHO), Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide. 2005

World Health Organisation (WHO), Regional Office for Europe. *Health effects of black carbon*. <http://www.euro.who.int> 2012

World Health Organization (WHO). New interactive maps highlight areas within countries that exceed WHO air quality limits; Geneva |27 September 2016.

ZWEIFELweifel, L., Bo'ni, T., & Ruhli, F. J. Evidence-based palaeopathology: Meta-analysis of PubMed-listed scientific studies on ancient Egyptian mummies. **Journal of Comparative Human Biology**, Vol 60(5), p 405–427. 2009

## ESTUDO DA QUALIDADE DO AR NO ENTORNO DA PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO DE JANEIRO

### STUDY OF THE AIR QUALITY IN THE SURROUDINGS OF THE PONTIFICAL CATHOLIC UNIVERSITY OF RIO DE JANEIRO

Autor: **Gabriel Maia** | Coautora: **Maria Cáceres** | Orientadora: **Adriana Gioda**

Rio de Janeiro, Maio de 2017

## ANEXO

Abaixo estão descritos os padrões nacionais e internacionais usados para fins comparativos no presente estudo.

#### Anexo 1: concentrações máximas de MP<sub>10</sub> e MP<sub>2.5</sub> segundo o CONAMA e OMS

Limites estabelecidos pela Organização Mundial da Saúde (OMS)		
	Limite Anual ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Limite Diário ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
MP <sub>2.5</sub>	10	25
MP <sub>10</sub>	20	50
Limite estabelecidos pelo CONAMA 03/1990		
	Limite Anual ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Limite Diário ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
MP <sub>10</sub>	50	150*

Fonte: Conama 03/90 e WHO Air Quality Guidelines, 2005

\* não deve ser excedido mais de uma vez ao ano