



Avaliação das Concentrações de Material Particulado e de Dióxido de Enxofre Registradas na Cidade do Rio de Janeiro entre os Anos de 2000 – 2006 e 2010 – 2014
Evaluation of Particulate Matter Concentrations and Sulfur Dioxide
Recorded in the City of Rio de Janeiro Between the Years 2000 - 2006 and 2010 - 2014

Rodrigo Mello¹; Josiane Loyola da Silva² & Luiz Francisco Pires Guimarães Maia¹

¹Universidade Federal do Rio de Janeiro. Programa de Pós Graduação em Meteorologia, Centro de Ciências da Matemática e da Natureza. Av. Athos da Silveira Ramos, 149. Ilha do Fundão, RJ-Brasil.

²Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro. Secretaria Municipal de Conservação e Meio Ambiente.

Rua Afonso Cavalcanti, 455. Cidade Nova, RJ-Brasil.

E-mails: rodrigomello82@gmail.com; loyolafq@gmail.com; luizmaia@lepa.ufrj.br

Recebido em: 02/04/2018 Aprovado em: 25/10/2018

DOI: http://dx.doi.org/10.11137/2018_3_672_679

Resumo

O monitoramento da qualidade do ar tornou-se algo essencial nos grandes centros urbanos do mundo, devido as emissões, tanto de fontes fixas quanto de fontes móveis. No caso do Rio de Janeiro, o maior problema está associado às fontes móveis, devido a composição dos combustíveis, tecnologias dos motores e a idade da frota circulante na cidade. Uma das grandes dificuldades encontradas está relacionada aos dados de inventários de fontes não atualizadas que contribuiriam para melhores avaliações. Assim, este trabalho buscou por meio de análises estatísticas e das concentrações médias de Material Particulado (MP₁₀) e de Dióxido de Enxofre (SO₂) registrados nas Estações Centro, São Cristóvão e Tijuca no período entre 2000 – 2006 e 2010 – 2014 compreender a qualidade destes dados, e assim correlacionar estes fatos com as atualizações nas tecnologias dos combustíveis e veículos que circulam na cidade. Os resultados apontam que houve ao longo do período de tempo uma certa diminuição nas concentrações dos poluentes estudados. Porém destacamos o Dióxido de Enxofre que apresentou uma redução em cerca de 40% em sua média anual, possivelmente pelas melhorias implementadas nos combustíveis.

Palavras-chave: Material Particulado; Dióxido de Enxofre; Rio de Janeiro; Qualidade do Ar

Abstract

The monitoring of air quality has become something essential in large urban centers in the world, because emissions from both stationary sources and mobile sources. In the case of Rio de Janeiro, the biggest problem is associated with mobile sources, due to fuel composition, engine technologies and the age of the current fleet in the city. One of the great difficulties is related to sources of inventory data not updated that would contribute to better evaluations. This work sought by means of statistical analysis and the average concentrations of particulate matter (PM₁₀) and sulfur dioxide (SO₂) recorded in the Centro, São Cristóvão and Tijuca in the period between 2000-2006 and 2010-2014 understand the quality these data, and so correlate these facts with updates on technology of fuel and vehicles circulating in the city. The results show that there has been over time a certain decrease in concentrations of the pollutants studied, when compared with current resolution in the country. However we highlight the sulfur dioxide which showed a reduction of about 40% on their annual average, possibly by the improvements implemented in fuels.

Keywords: Particulate Matter; Sulfur Dioxide; Rio de Janeiro; Air Quality

1 Introdução

A degradação da qualidade do ar é um problema observado em diversos centros urbanos do mundo. Por conta de problemas dessa natureza, metodologias de controle foram implementadas por governos para diminuir os níveis de emissão de poluentes atmosféricos e, por conseguinte, melhorar a qualidade do ar (INEA, 2011).

Na Cidade do Rio de Janeiro, desde o ano 2000, estações de monitoramento da qualidade do ar foram instaladas em diversos pontos do Município, buscando monitorar continuamente as características que tornam o ar um ambiente propício ao ser humano e ao meio ambiente em geral, possibilitando observação das emissões relativas às fontes fixas e móveis (PCRJ, 2012).

No presente artigo, pretende-se compreender o comportamento médio das concentrações de Dióxido de Enxofre (SO₂) e de Material Particulado (MP10) registradas no Município desde 2000, buscando nas correlações estatísticas uma conformidade nos dados, e abordando algumas ações implementadas que possivelmente possam ter contribuído para uma diminuição nas concentrações destes poluentes. É interessante destacar que o Rio de Janeiro passou a ser palco de grandes eventos esportivos, fazendo com que a qualidade do ar se torne um tema pertinente, tendo em vista a saúde dos atletas. Assim, como grande parte destas competições tendem a acontecer ao ar livre, as elevadas concentrações de poluentes atmosféricos podem influenciar de maneira direta no desempenho dos atletas, causando prejuízo as provas e as pessoas em geral, conforme a própria resolução CONAMA 03/90 prevê.

2 Materiais e Métodos

Foram utilizados dados provenientes da Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro registrados entre os anos de 2000 a 2006 e 2010 a 2014, sendo estes analisados em dois blocos: 2000 a 2006; 2010 a 2014 nas Estações Centro, São Cristóvão e Tijuca. Foram consideradas as concentrações médias horárias de SO₂ e MP10. A partir dessas, foram calculadas as médias de 24h e médias anuais.

No tratamento dos dados foi empregada estatística descritiva e multivariada. A estatística descritiva envolve a organização e sumarização dos dados obtidos experimentalmente. E a multivariada

reduz e/ou simplifica estruturalmente os dados (análise de cluster), classifica, agrupa e investiga a dependência entre variáveis (análise de componente de principal). Os dados experimentais foram analisados por meio do cálculo de coeficientes de correlação de Spearman, Análise de Componentes Principais (A.C.P) e Análise de Cluster (A.C) com o auxílio do programa STATISTICA 7.0 (Stat soft), empregando o método de Ward e distâncias euclidianas (Loyola et al., 2012).

3 Resultados e Discussão

A seguir são apresentadas as evoluções ao longo dos anos dos poluentes Material Particulado e Dióxido de Enxofre (Figura 1), os dados estão divididos em dois blocos de anos, sendo o primeiro entre 2000 e 2006 (Bloco 1), e o segundo entre 2010 e 2014 (Bloco 2). É observado um declínio nas concentrações dos poluentes quando comparado os dois blocos, e também quando observado cada bloco de anos separadamente. Um destes destaques é o SO₂, onde uma redução em cerca de 40% pode ser observada, segundo os dados da Estação Centro.

Um dos fatores que possibilitaram estes declínios nas concentrações dos poluentes está nas alterações implementadas nos combustíveis. Segundo Daeme et al. (2014), a gasolina comercial brasileira, permitia uma concentração de até 800 ppm de Dióxido de Enxofre, e passou a exigir a partir de 2014 uma redução para no máximo 50 ppm. Para o diesel, que até recentemente eram admitidos teores de 1800 ppm para cidades do interior e 500 ppm para metrópoles, a partir de 2013 os teores passaram a ser limitados a 500 ppm no interior e 10 ppm nas metrópoles. Estas mudanças contribuem de maneira significativa para um melhor controle nas emissões.

As comparações entre as correlações das Estações Centro, São Cristóvão e Tijuca apresentaram algumas situações interessantes.

As maiores correlações puderam ser observadas entre as Estações Tijuca e São Cristóvão para o MP10. Outras boas correlações ocorreram nas Estações Centro e Tijuca, para os poluentes SO₂ e MP10. Agora, observando somente o poluente MP10, este apresentou boa correlação nas Estações Tijuca e Centro. Tais correlações podem ser observadas na tabela 1.

Avaliação das Concentrações de Material Particulado e de Dióxido de Enxofre Registradas na Cidade do Rio de Janeiro entre os Anos de 2000 – 2006 e 2010 – 2014
Rodrigo Mello; Josiane Loyola da Silva & Luiz Francisco Pires Guimarães Maia

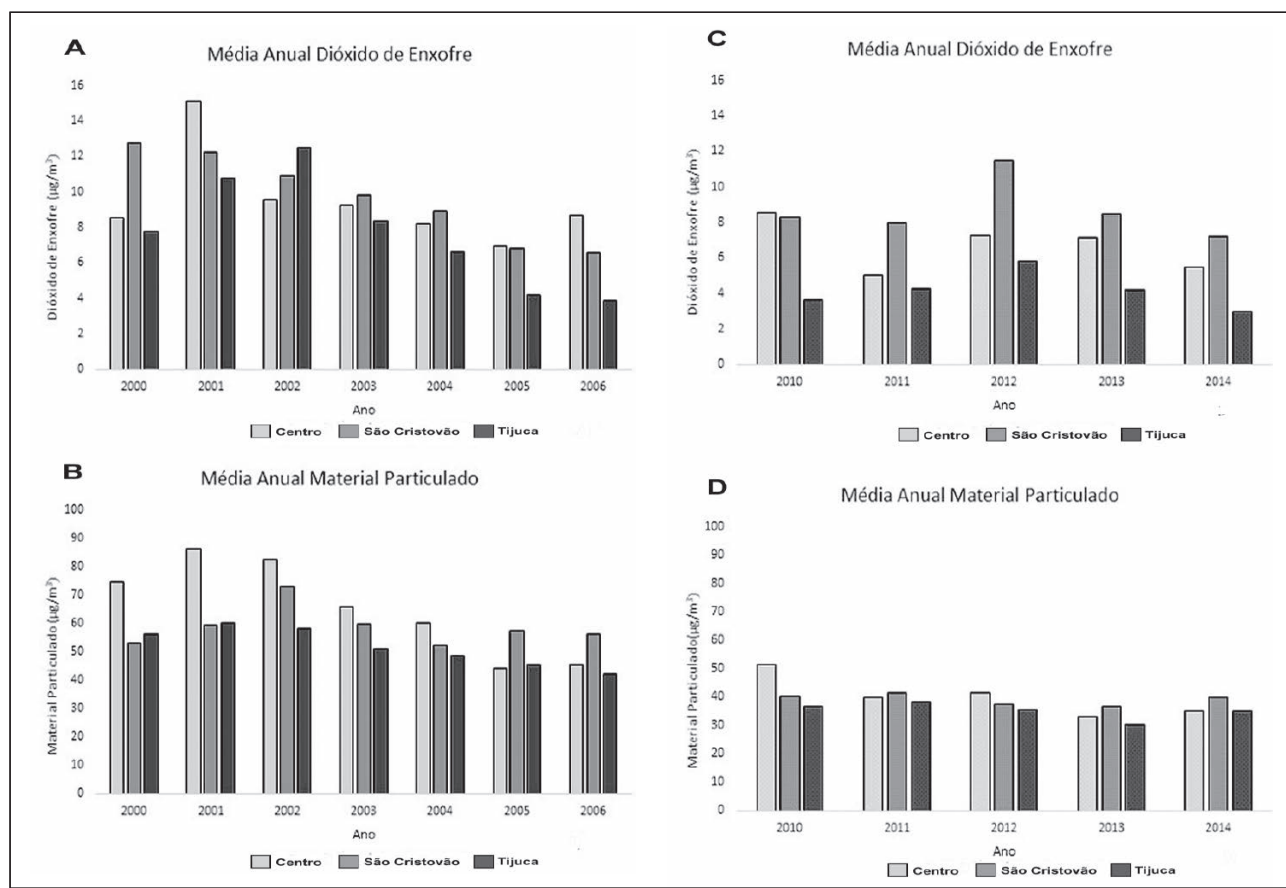


Figura 1 Evolução anual de Dióxido de Enxofre e Material Particulado nas Estações Centro, São Cristóvão e Tijuca. (A) Dióxido de Enxofre 2000 a 2006. (B) Material Particulado 2000 a 2006. (C) Dióxido de Enxofre 2010 a 2014. (D) Material Particulado 2010 a 2014.

MP10 e SO ₂ .							
Correlações							
Correlações em negrito tem nível de confiança de 95%							
N = 4076							
Estações / Poluentes							
		Centro SO ₂	Centro MP ₁₀	Tijuca SO ₂	Tijuca MP ₁₀	São Cristóvão SO ₂	São Cristóvão MP ₁₀
Estações / Poluentes	Centro	SO ₂	1				
	Centro	MP ₁₀	0,22	1			
	Tijuca	SO ₂	-0,02	-0,16	1		
	Tijuca	MP ₁₀	0,02	0,11	0,39	1	
	São Cristóvão	SO ₂	-0,08	-0,03	-0,03	0,06	1
	São Cristóvão	MP ₁₀	-0,04	0,22	0,03	0,51	0,17

Tabela 1 Correlações e níveis de confiança entre as Estações Centro, São Cristóvão e Tijuca para os poluentes.

Avaliação das Concentrações de Material Particulado e de Dióxido de Enxofre Registradas na Cidade do Rio de Janeiro entre os Anos de 2000 – 2006 e 2010 – 2014

Rodrigo Mello; Josiane Loyola da Silva & Luiz Francisco Pires Guimarães Maia

Na análise de cluster, figura 2, as variáveis com as menores distancias de ligação e maior similaridade entre si, foram: Tijuca e São Cristóvão com o MP10, confirmando as informações do cálculo de coeficiente de correlação, e o segundo grupo com variáveis semelhantes são Centro MP10 e Centro SO2.

A análise de componente principal apresenta quatro fatores, dentre os quais o fator 2, representando por Tijuca (SO2) e o fator 3 representado por São Cristóvão (SO2) são fatores importantes na distribuição dos dados, mesmo apresentando uma grande dissimilaridade, pois explicam 83,6% da distribuição dos dados, com 95% de confiança.

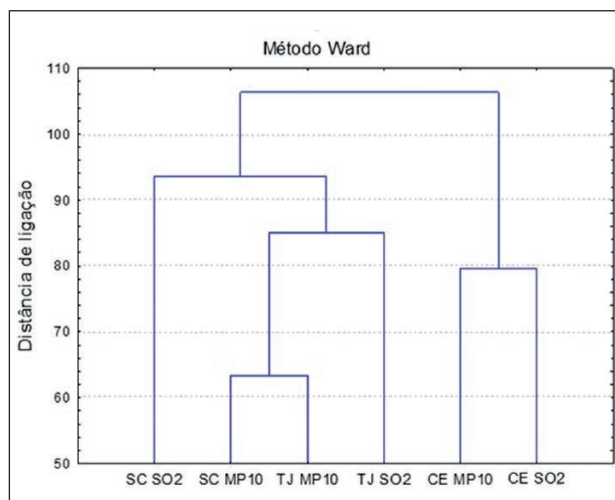


Figura 2 Análise de Cluster - Centro SO2, Centro MP10, São Cristóvão SO2, São Cristóvão MP10, Tijuca SO2 e Tijuca MP10. Nota: CE – Centro; SC – São Cristóvão; TJ - Tijuca

As análises estatísticas apresentam boas correlações entre os dados de SO2 e MP10. Isto é importante, pois ratifica a coerência entre os dados ao longo de um grande período.

A seguir serão apresentadas as tabelas 2, 3 e 4 que tratam dos coeficientes de correlações dos poluentes MP10 e SO2 para os Blocos 1 e 2 de anos. Com base nestes dados nota-se que os valores que apresentam as melhores correlações para o MP10 são de 0,37 e 0,46, para os blocos 1 e 2, respectivamente. Para o SO2 os melhores resultados encontrados são de 0,87 e 0,96, para os blocos 1 e 2.

O MP10 pode ser oriundo de ressuspensão e emissão veicular para estas localidades, possivelmente as correlações apresentadas para este poluente não são tão significativas, devido ao fato, do mesmo ser emitido por mais de uma fonte, como citado anteriormente. Assim, observa-se que os resultados de correlação com maior consistência estão relacionados ao SO2, pois nestes locais a sua origem está relacionada provavelmente a uma única fonte, emissão veicular.

As análises de cluster confirmam os valores dos coeficientes de correlação apresentados anteriormente. As variáveis que apresentaram maior similaridade ocorreram na Estação Centro, Bloco 2 para os poluentes MP10 e SO2 nos anos 2010 e 2014, conforme pode ser observado nas figuras 3, 4 e 5. Cabe ressaltar que a menor distancia de ligação ocorreu no poluente SO2 no período citado acima, para a A.C.

Correlação (MP ₁₀ - Centro) - Bloco 1								Correlação (SO ₂ - Centro) - Bloco 1									
	2000	2001	2002	2002	2004	2005	2006		2000	2001	2002	2002	2004	2005	2006		
2000	1							2000	1								
2001	-0,04	1						2001	0,16	1							
2002	0,06	0,20	1					2002	-0,10	-0,10	1						
2002	0,10	0,17	0,16	1				2002	0,26	0,64	-0,16	1					
2004	-0,07	0,16	0,11	0,16	1			2004	0,38	-0,14	0,00	-0,16	1				
2005	0,03	0,03	-0,01	0,00	0,06	1		2005	0,28	0,77	-0,03	0,68	-0,12	1			
2006	0,30	0,08	0,11	0,13	-0,07	0,09	1	2006	0,82	0,14	-0,19	0,21	0,27	0,24	1		
Correlação (MP ₁₀ - Centro) - Bloco 2								Correlação (SO ₂ - Centro) - Bloco 2									
	2010	2011	2012	2013	2014		2010	2011	2012	2013	2014		2010	2011	2012	2013	2014
2010	1					2010	1					2010	1				
2011	-0,07	1				2011	0,57	1				2011	0,57	1			
2012	-0,02	-0,02	1			2012	0,02	-0,19	1			2012	0,02	-0,19	1		
2013	0,09	0,13	0,07	1		2013	0,32	0,09	0,04	1		2013	0,32	0,09	0,04	1	
2014	0,46	0,14	-0,04	0,23	1	2014	0,96	0,56	-0,02	0,32	1	2014	0,96	0,56	-0,02	0,32	1

Tabela 2 Coeficientes de correlação da Estação Centro para ambos os blocos dos poluentes MP10 e SO2.

Avaliação das Concentrações de Material Particulado e de Dióxido de Enxofre Registradas na Cidade do Rio de Janeiro entre os Anos de 2000 – 2006 e 2010 – 2014
Rodrigo Mello; Josiane Loyola da Silva & Luiz Francisco Pires Guimarães Maia

Correlação (MP ₁₀ - São Cristóvão) - Bloco 1								Correlação (SO ₂ - São Cristóvão) - Bloco 1							
	2000	2001	2002	2002	2004	2005	2006		2000	2001	2002	2002	2004	2005	2006
2000	1							2000	1						
2001	-0,25	1						2001	0,02	1					
2002	0,01	-0,02	1					2002	-0,03	0,19	1				
2002	0,00	0,09	0,04	1				2002	0,13	0,26	0,21	1			
2004	0,33	-0,12	0,07	0,10	1			2004	0,24	-0,13	-0,20	-0,11	1		
2005	0,21	-0,02	0,11	0,09	0,33	1		2005	-0,41	0,17	0,16	0,06	-0,55	1	
2006	0,37	-0,18	-0,17	-0,14	-0,12	-0,26	1	2006	0,20	-0,10	-0,20	-0,09	0,87	-0,46	1
Correlação (MP ₁₀ - São Cristóvão) - Bloco 2								Correlação (SO ₂ - São Cristóvão) - Bloco 2							
	2010	2011	2012	2013	2014				2010	2011	2012	2013	2014		
2010	1							2010	1						
2011	0,01	1						2011	0,39	1					
2012	0,08	0,13	1					2012	0,18	0,19	1				
2013	-0,09	0,07	-0,03	1				2013	-0,09	0,02	0,04	1			
2014	0,07	0,04	0,11	0,07	1			2014	0,50	0,11	0,29	-0,01	1		

Tabela 3 Coeficientes de correlação da Estação São Cristóvão para ambos os blocos dos poluentes MP10 e SO2.

Correlação (MP ₁₀ - Tijuca) - Bloco 1								Correlação (SO ₂ - Tijuca) - Bloco 1							
	2000	2001	2002	2002	2004	2005	2006		2000	2001	2002	2002	2004	2005	2006
2000	1							2000	1						
2001	0,22	1						2001	-0,05	1					
2002	-0,19	-0,15	1					2002	-0,32	0,20	1				
2002	0,02	-0,07	0,01	1				2002	-0,07	0,11	0,24	1			
2004	0,14	0,02	-0,12	0,00	1			2004	0,01	0,01	0,05	0,05	1		
2005	0,06	-0,11	0,01	0,04	-0,04	1		2005	0,13	-0,01	0,04	0,28	0,04	1	
2006	0,23	0,44	-0,09	-0,09	-0,33	-0,06	1	2006	0,52	0,10	-0,21	-0,18	-0,22	-0,08	1
Correlação (MP ₁₀ - Tijuca) - Bloco 2								Correlação (SO ₂ - Tijuca) - Bloco 2							
	2010	2011	2012	2013	2014				2010	2011	2012	2013	2014		
2010	1							2010	1						
2011	-0,16	1						2011	0,09	1					
2012	-0,05	0,16	1					2012	0,14	-0,09	1				
2013	-0,15	0,17	0,05	1				2013	0,10	-0,01	-0,07	1			
2014	0,10	0,01	0,11	0,02	1			2014	-0,66	0,22	-0,20	-0,15	1		

Tabela 4 Coeficientes de correlação da Estação Tijuca para ambos os blocos dos poluentes MP10 e SO2.

O poluente SO2 na Estação Centro no ano de 2002 na A.C apresentou a maior distância de ligação, consequentemente a maior dissimilaridade.

Para os cálculos de Análise de Componente Principal dos blocos 1 e 2 das Estações Centro, São Cristóvão e Tijuca. O destaque foi a A.C.P do poluente SO2 da Estação Centro, a qual foi composta por três

fatores, explicando cerca de 90% da distribuição dos dados com 95% de confiança, de forma a corroborar para com os cálculos.

Outro fator importante ocorrido ao longo destes quatorze (14) anos foram as alterações na frota veicular, onde uma mudança radical ocorreu, com incentivos a trocas de veículos antigos por veículos novos, bem como as alterações nas composições dos

Avaliação das Concentrações de Material Particulado e de Dióxido de Enxofre Registradas na Cidade do Rio de Janeiro entre os Anos de 2000 – 2006 e 2010 – 2014

Rodrigo Mello; Josiane Loyola da Silva & Luiz Francisco Pires Guimarães Maia

Figura 4
Análise de Cluster do MP10 e SO₂ para a Estação São Cristóvão referente aos blocos 1 e 2.

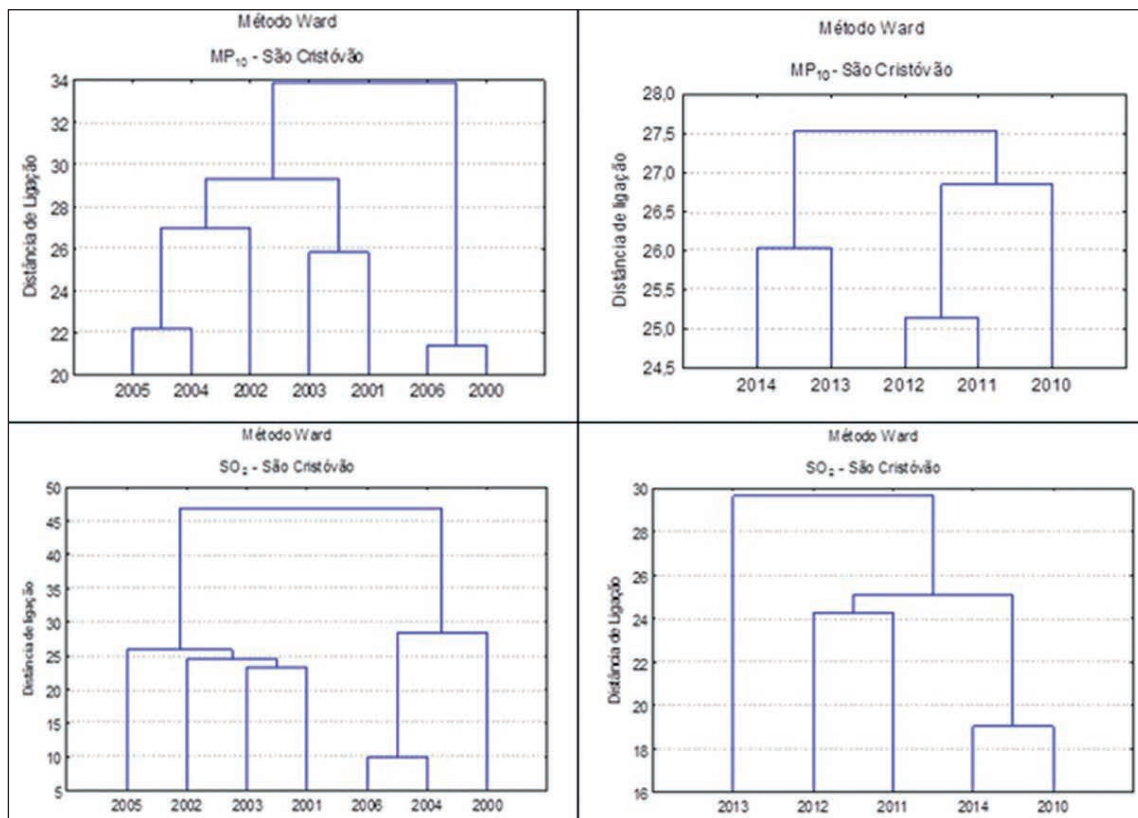
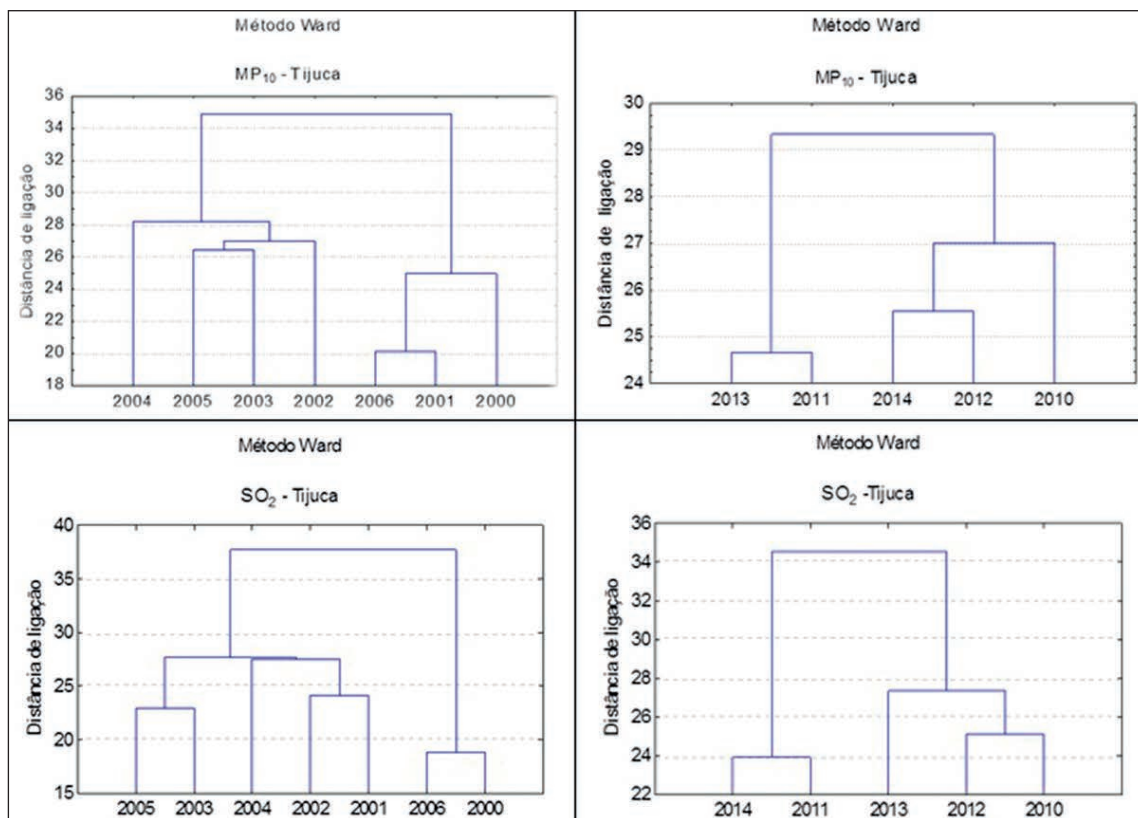


Figura 5
Análise de Cluster do MP10 e SO₂ para a Estação Tijuca referente aos blocos 1 e 2.



combustíveis, proposto pelo Ministério de Minas e Energia na década passada (MME, 2011).

Ainda segundo o Ministério de Minas e Energia (2011), a indústria automobilística desenvolveu veículos que funcionam com a tecnologia flex, ou seja, a capacidade do motor funciona com qualquer proporção na mistura de gasolina e álcool. Disponíveis no mercado desde 2003, os veículos “flex” resultaram em um sucesso comercial, e em agosto de 2008, a frota de automóveis e veículos comerciais leves tipo “flex” havia atingido a marca de 6,2 milhões de veículos, representando 23% da frota no Brasil. Além destes dados, outro fato importante foi a obrigatoriedade a nível nacional de usar de 20 a 25% de álcool misturado na composição da gasolina convencional, contribuindo assim, para que o etanol combustível superasse o consumo de gasolina em abril de 2008.

Outro histórico importante a ser citado, é o do diesel, pois sua combustão dentro de um motor não é completa, gerando gases e partículas nos escapamentos dos veículos, sobre tudo em ônibus e caminhões. Os gases emitidos a partir da má combustão do diesel nos motores são: Dióxido de Carbono, Monóxido de Carbono, Óxidos Nítricos, Dióxido de Nitrogênio, Óxidos Sulfurosos, e diversos hidrocarbonetos. E para as partículas, é sabido que mais de 95% destes particulados sólidos possuem diâmetro menor do que 1 micrômetro de tamanho (μm), o que facilita a sua inalação e penetração nos pulmões (Guimaraes, 2004). Buscando uma melhoria neste setor, tanto de forma econômica, como de forma sustentável, em dezembro de 2004 foi lançado o programa de Biodiesel, que prevê uma diminuição, no consumo do diesel a base de petróleo (petrodiesel). O programa estabelecia uma obrigatoriedade do uso de 2% de biodiesel misturado ao petrodiesel, a partir de 2008 e de 5% a partir de 2013 (Leal et al., 2007).

Estes foram alguns fatores determinantes para que poluentes, como o dióxido de enxofre (SO₂) sofresse uma redução significativa em suas concentrações demonstrando que tais ações eram de fundamental importância. O material particulado (MP10) também apresentou um declínio ao longo do tempo, porém as concentrações deste poluente ainda estão elevadas quando se pensa em questões como saúde pública.

Nesse cenário é importante ressaltar que 78% das emissões ocorridas na Região Metropolitana do Rio de Janeiro (INEA, 2011), onde a cidade se inclui, estão relacionadas as chamadas fontes móveis. Assim, estas mudanças se tornaram tão significativas na vida do Município, em especial na Estação observada neste estudo. Além destes pontos abordados, ainda existem os projetos de revitalização do sistema de transportes e viabilidade das vias públicas da cidade, como construção de novas vias e melhorias no transporte público de massa.

4 Conclusões

Os dados de Material Particulado e Dióxido de Enxofre nas Estações Centro, São Cristóvão e Tijuca, apresentaram declínios em suas concentrações médias ao longo do tempo, no presente caso, entre os blocos 1 e 2, compostos pelo conjunto de anos 2000 - 2006 e 2010 - 2014. Tal desempenho está associada a algumas questões levantadas neste estudo, tal como alteração na tecnologia dos veículos automotores, como também dos combustíveis por este consumidos.

As análises estatísticas baseadas nas correlações entre os poluentes e as estações, bem como as Análises de Cluster e Componente Principal definiram bem o nível de confiança entre os dados e apresentaram uma coerência em seus históricos, com distribuição dos dados em torno de 83,6% e nível de confiança de 95%.

Para a população estes resultados representam que o monitoramento contínuo dos poluentes atmosféricos, apontam para melhorias futuras, tais quais alterações nas composições químicas dos combustíveis e atualizações tecnológicas em motores de veículos e máquinas industriais, tendendo a contribuir para melhores condições na qualidade do ar. Aos órgãos governamentais cabem atuar com rigor para o cumprimento e atualizações nas legislações que regulam os níveis de emissão dos poluentes, observando que a legislação brasileira é da década de 90, e de lá para cá profundas transformações ocorreram.

Assim, nota-se que as ações de monitoramento, investimento em modernização e tecnologias são fundamentais para que cada vez mais os controles de emissões de poluentes possam ser mais efetivos.

5 Agradecimentos

À Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro pela seção dos dados, sem os quais seria impossível a realização deste estudo.

6 Referências

- Brasil – Ministério de Minas e Energia. Boletim Mensal dos Combustíveis Renováveis n.42, junho 2011. Disponível em http://www.mme.gov.br/documents/10584/1992922/Boletim_DCR_nx_042_-_junho_de_2011.pdf/f6c-47851-3862-4d7a-a793-4e681cb3f08f. Último acesso em: 12/06/2015.
- Brasil – Ministério do Meio Ambiente. Resolução CONAMA n° 18. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 17/06/1986, Seção 1, p. 8792-8795. Dispõe sobre a criação do Programa de Controle de Poluição do Ar por veículos Automotores – PROCONVE.
- Brasil – Ministério do Meio Ambiente. Resolução CONAMA n° 297. Estabelecimento dos limites para emissões de gases poluentes por ciclomotores, motocicletas e veículos similares novos, 2002. Publicada no DOU no. 51, de 15/03/2002, Seção 1, p. 86-88.
- Daemme, L.C.; Neto, R.A.P., Errera, M.R. & Zotin, F.M.Z. 2014. Estudo preliminar sobre a influência do teor de enxofre do combustível na emissão de amônia em motocicletas e veículos leves dos ciclos Otto e Diesel. In: Simpósio Internacional de Engenharia Automotiva, 21 - SIMEA 2013. São Paulo, Blucher Engineering Proceedings, Anais, p.627-636.
- Guimaraes, J.R.P.F. 2014. Toxicologia das emissões veiculares de diesel: um problema de saúde ocupacional. Santa Catarina – Brasil. Revista de Estudos Ambientais, 6(1): 82-84.
- Instituto Estadual do Ambiente (INEA). Relatório da Qualidade do Ar do Estado do Rio de Janeiro - Ano base 2010-2011. Disponível em <http://www.inea.rj.gov.br/>. Último acesso em: 02/06/2015.
- Leite, R. C. C. & Leal, M. R. L. V. 2007. O Biocombustível no Brasil. In: Novos Estudos 78, São Paulo, p. 15-21.
- Loyola, J. S., Arbilla, G., Quiterio, V.E., Bellido, A.V. 2009. Concentration of airborne trace metals in a bus station with a high heavy-duty diesel fraction. Journal of the Brazilian Chemical Society, 20 (7): 1343-1350. Disponível em http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-50532009000700020&script=sci_arttext. Último acesso em: 09/06/2015.
- Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro (PCRJ). Qualidade do Ar na Cidade do Rio de Janeiro – Relatório da Rede MonitorArRio 2011-2012. Disponível em <http://www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/3252594/4114836/RelatorioMonitorar20112012.pdf>. Último acesso em: 10/06/2015.
- Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB). Plano de Controle da Poluição do Ar do Estado de São Paulo – PCPV 2011- 2013. Disponível em <http://www.cetesb.sp.gov.br>. Último acesso em: 05/06/2015.