

MONITORAMENTO DA QUALIDADE DO AR – DIAGNÓSTICO DAS TECNOLOGIAS E DA REDE DE MONITORAMENTO DA REGIÃO METROPOLITANA DO RIO DE JANEIRO

AIR QUALITY MONITORING - DIAGNOSIS OF THE TECHNOLOGIES AND THE MONITORING NETWORK OF THE METROPOLITAN REGION OF RIO DE JANEIRO

TEIXEIRA, Luciana Souza ¹

BRESSANE, Samir Borges ²

NÓBREGA, Marcelo de Jesus Rodrigues da³

Resumo: Atualmente, a poluição do ar se destaca como uma das questões ambientais mais complexas, sendo indicada como responsável pela morte de milhões de pessoas no mundo ao longo dos últimos anos. Dessa forma o monitoramento da qualidade do ar constitui uma das principais ferramentas para se produzir políticas públicas de controle da poluição, de forma a manter níveis seguros de poluentes na atmosfera. No Brasil, a Resolução CONAMA nº 491 de 2018, estabelece quais devem ser as normas para a qualidade do ar e a responsabilidade dos Estados pelo monitoramento do ar em seus respectivos territórios. Dada a complexidade e a deficiência na rede de monitoramento e na compilação dos dados obtidos com o atual sistema de monitoramento, é importante que analisemos novas ferramentas e tecnologias que aplicadas em maior escala reduzam os custos, deem confiança na obtenção dos dados e facilitem o acesso das informações pela população e pelo meio acadêmico. Esse artigo visa abordar as tecnologias adotadas no Brasil para monitoramento de ar e realizar um estudo de caso utilizando os dados disponíveis sobre a rede de monitoramento da Região Metropolitana do Rio de Janeiro, assim como as oportunidades de melhorias baseadas em políticas públicas adotadas em outros estados da federação e de outros países, tomando por referência o último relatório das redes de monitoramento da *European Environment Agency* (EEA) - União Europeia.

Palavras-chave: monitoramento do ar; tecnologia; redes; política pública

Abstract: Currently, air pollution stands out as one of the most complex environmental issues, being indicated as responsible for the deaths of millions of people in the world over the last few years. In this way, air quality monitoring is one of the main tools for producing pollution control public policies in order to maintain safe levels of pollutants in the atmosphere. In Brazil, the CONAMA Resolution No. 491 of 2018 establishes what should be the norms for air quality and the responsibility of the States for air monitoring in their respective territories. Given the complexity and the deficiency in the monitoring network and the compilation of the data obtained with the current monitoring system, it is important that we analyze new tools and technologies that are applied on a larger scale, reduce costs, have confidence in obtaining data and facilitate access information by the population and the academic environment. This article aims to address the technologies adopted in Brazil for air monitoring and to conduct a case study using available data on the monitoring network of the Rio de Janeiro Metropolitan Region, as well as the opportunities for improvements based on public policies adopted in other states the federation and other countries, taking as a reference the last report of the monitoring networks of the *European Environment Agency* (EEA) - European Union.

Keywords: air monitoring; technology; networks; public policy

1 INTRODUÇÃO

Uma pessoa pode sobreviver três semanas sem comida, três a cinco dias sem água, e apenas alguns minutos sem ar. Apesar do fato de que cada um de nós respirar mais de 11.000 litros de ar

¹ Mestranda Engenharia Urbana e Ambiental PUC-Rio / *Technische Universität Braunschweig* - lucianateixeira@petrobras.com.br

² Mestrando Engenharia Urbana e Ambiental PUC-Rio / *Technische Universität Braunschweig* - samir@br.com.br

³ Pós-Doutor Engenharia – UERJ / Universidade Santa Úrsula - engmarcelocefet@terra.com.br

todos os dias, muitas vezes a qualidade do ar é tratada como menos importante do que outros recursos. A poluição atmosférica tornou-se uma preocupação crescente nos últimos anos, com um número crescente de episódios agudos de poluição atmosférica em muitas cidades do mundo. Como resultado, os dados sobre a qualidade do ar estão se tornando cada vez mais disponíveis e a ciência subjacente aos impactos relacionados à saúde também está evoluindo rapidamente. Até o momento, a poluição do ar, tanto ambiental (ao ar livre) quanto doméstica (interna), é o maior risco ambiental para a saúde, levando a responsabilidade por cerca de uma em cada nove mortes anualmente. Segundo o resolução nº491 de 2018 do CONAMA (2018), poluente atmosférico é qualquer forma de matéria em quantidade, concentração, tempo ou outras características, que tornem ou possam tornar o ar impróprio ou nocivo à saúde, inconveniente ao bem-estar público, danoso aos materiais, à fauna e flora ou prejudicial à segurança, ao uso e gozo da propriedade ou às atividades normais da comunidade.

Só a poluição atmosférica ao ar livre mata cerca de 3 milhões de pessoas por ano, principalmente de doenças não transmissíveis. Apenas uma em cada dez pessoas mora em uma cidade que cumpre as diretrizes de qualidade da OMS. A poluição do ar continua a aumentar em um ritmo alarmante e afeta as economias e a qualidade de vida das pessoas; é uma emergência de saúde pública (OMS, 2016).

No Brasil, na mesma medida em que se acentuam os problemas decorrentes da forte concentração urbana, tornam-se progressivamente importantes o aperfeiçoamento e ampliação das políticas de controle de poluição ambiental, de práticas contínuas de produção e disseminação de informações e tecnologias sobre qualidade do ar e sobre o comportamento das diferentes fontes de emissões (IEMA, 2014).

Frente ao aumento das fontes poluidoras faz-se necessário um diagnóstico adequado da qualidade do ar, com a aplicação de tecnologias de monitoramento cada vez mais acessíveis, precisas e contínuas, de forma a subsidiar políticas públicas e direcionar os processos de tratamento e controle da poluição nas fontes.

2 DESENVOLVIMENTO

3 2.1. Revisão de literatura

4 2.1.1. Monitoramento do ar - Retrospecto

As primeiras preocupações com a qualidade do ar apareceram na era pré-cristã. Devido ao uso do carvão como principal combustível para aquecimento, olarias e alimentação. As cidades dessa época já ostentavam ares de qualidade muito abaixo do desejável. Essa situação veio se agravando durante os primeiros séculos da história pós-cristã, quando os primeiros atos de controle de emissão

de fumaça foram baixados na Inglaterra do final do século XIII, passando pela Revolução Industrial e pelo crescimento das cidades (VALLERO, 2007).

Episódios de poluição excessiva causaram aumento do número de mortes em algumas cidades da Europa e Estados Unidos. O episódio mais clássico dos efeitos dos poluentes do ar foi o acontecido em Londres. Durante o inverno de 1952, um episódio de inversão térmica impediu a dispersão de poluentes gerados então pelas indústrias e pelos aquecedores domiciliares que utilizavam carvão como combustível, e uma nuvem (*smog*), composta principalmente por material particulado e enxofre (em concentrações até nove vezes maiores do que a média de ambos), permaneceu estacionada sobre a cidade por aproximadamente três dias, levando a um aumento de quatro mil mortes em relação à média de óbitos em períodos semelhantes (BRAGA, 2001).

Diante desses episódios, ainda na década de 60, os Estados Unidos estabeleceram padrões de qualidade do ar, especificando os seis poluentes atmosféricos que seriam controlados: partículas totais, dióxido de enxofre (SO₂), monóxido de carbono (CO), dióxido de nitrogênio (NO₂), ozônio (O₃) e chumbo (Pb). Tudo isso proveniente do desenvolvimento e a maturação de normas legais nos EUA, como o *Clean Air Act* (CAA), que demonstrou um papel federal crescente na regulação da poluição do ar e culminou na criação da Agência de Proteção Ambiental norte-americana (EPA). Várias medidas de controle foram, então, implantadas, visando não só atingir as fontes de emissão móveis, como também as estacionárias (SCHNELLE, 2002).

No Brasil, considera-se que a gestão da qualidade do ar nasceu a partir da Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA) e das Resoluções nº5/1989 e nº3/1990 do CONAMA, que constituem o Programa Nacional de Controle da Qualidade do AR (PROAR) (IEMA, 2014).

5 2.2. Fontes estacionárias, móveis e suas contribuições

Fontes estacionárias de emissões de poluentes atmosféricos, tais como usinas de energia, siderúrgicas, fundições, fábricas de cimento, refinarias e outros processos industriais, liberam contaminantes na atmosfera como partículas, aerossóis, vapores ou gases. Essas emissões são normalmente controladas para altas eficiências usando uma ampla gama de dispositivos de controle de poluição do ar. A seleção da tecnologia de controle apropriada é determinada pelo poluente coletado, pelas condições da fonte estacionária e pela eficiência de controle necessária. Em alguns casos, as emissões de poluentes podem ser reduzidas significativamente através de modificações de processo e controles de combustão. No entanto, na maioria dos casos, alguma forma de equipamento suplementar de controle de poluição é instalada nos dutos (ou chaminés), levando a chaminé a atingir os limites de emissão permitidos atualmente (A&WMA, 2007).

O material particulado consiste em uma mistura complexa de partículas sólidas e líquidas de substâncias orgânicas e inorgânicas suspensas no ar. Os principais componentes do PM são sulfatos,

nitratos, amônia, cloreto de sódio, carbono negro, pó mineral e água. As partículas mais prejudiciais à saúde são aquelas com um diâmetro de 10 µm ou menos, que podem penetrar e se alojar profundamente dentro dos pulmões. A exposição a curto e longo prazo aos poluentes do ar tem sido associada a impactos na saúde. Enquanto centenas de diferentes compostos químicos podem ser medidos no ar, os governos normalmente medem apenas um pequeno subconjunto de gases e partículas como indicadores dos diferentes tipos de poluição do ar e os diferentes tipos de fontes principais que contribuem para a poluição (HEALTH EFFECTS INSTITUTE, 2018).

O inventário das fontes de emissões realizado na Região Metropolitana por exemplo, mostrou que as fontes móveis respondem por 77% do total de emissões da região. Os 23% restantes provém de fontes fixas, onde setores como o petroquímico, naval, químico, alimentício e de transformação de energia são os majoritários (INEA, 2016).

A resolução nº491 de 2018 do CONAMA determina que esse subconjunto a ser monitorado contemple os seguintes parâmetros: partículas totais em suspensão (PTS), fumaça, partículas inaláveis (MP₁₀ e MP_{2,5}), dióxido de enxofre (SO₂), monóxido de carbono (CO), ozônio (O₃), dióxido de nitrogênio (NO₂) e chumbo (Pb), este último em áreas específicas. Além de determinar o padrão de qualidade do ar aceitável conforme Tabela 1.

Tabela 1 - PADRÕES DE QUALIDADE DO AR

Poluente Atmosférico	Período de Referência	PI-1	PI-2	PI-3	PF	ppm
		mg/m ³	m/m ³	mg/m ³	mg/m ³	
Material Particulado - MP10	24 horas	120	100	75	50	-
	Anual ¹	40	35	30	20	-
Material Particulado - MP2,5	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: CONAMA, 2018

De acordo com resolução anterior do CONAMA 03/1990:

- O monitoramento da qualidade do ar é atribuição dos Estados;

- Constitui-se Método de Referência os métodos aprovados pelo INMETRO e na ausência deles os recomendados pelo IBAMA como os mais adequados e que deva ser utilizado preferencialmente. Poderão ser adotados métodos equivalentes aos métodos de referência, desde que aprovados pelo IBAMA.

Ocorre que na nova resolução CONAMA nº491 de 2018, foi determinado aos órgãos ambientais estaduais que:

“Art. 8º Para fins do monitoramento da qualidade do ar, o Ministério do Meio Ambiente, em conjunto com os órgãos ambientais estaduais e distrital, no prazo de 12 meses após a entrada em vigor desta Resolução, elaborará guia técnico contendo, dentre outros, os métodos de referência adotados e os critérios para utilização de métodos equivalentes, da localização dos amostradores e da representatividade temporal dos dados e sistematização do cálculo do índice de qualidade do ar, conforme estabelecido no Anexo IV.

Parágrafo único. Os órgãos ambientais competentes definirão os métodos de medição da qualidade do ar até a publicação do guia técnico mencionado no caput. (CONAMA, 2018)”

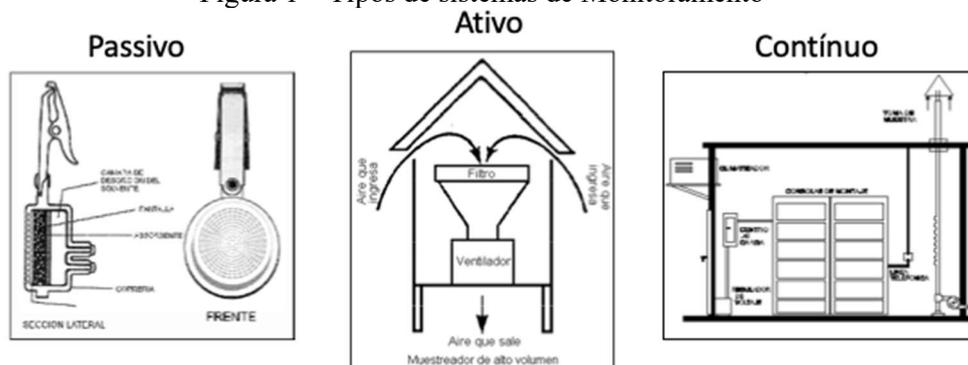
Essa recomendação se faz necessária no sentido de uniformizar e melhorar a malha amostral, assim como a qualidade dos dados obtidos pelos sistemas de monitoramento.

6 2.3. Tecnologias de monitoramento adotadas no país

A escolha das tecnologias de monitoramento deve levar em consideração, além das exigências legais, os recursos necessários para a aquisição, operação e manutenção dos equipamentos. Como qualquer equipamento de medição, a confiabilidade dos valores obtidos depende da sensibilidade e da precisão do equipamento.

No relatório de diagnóstico realizado pelo Instituto de Energia e Meio Ambiente (2014) foram discriminadas informações sobre as características operacionais dos monitores das redes existentes no país: se passivos, ativos (manuais/semiautomáticos) ou contínuos (automáticos). Os equipamentos citados se encontram na Figura 1, seguidos pela descrição de cada um.

Figura 1 – Tipos de sistemas de Monitoramento



Fonte: Lisboa, 2007

- Amostradores passivos

que a estruturação/configuração de redes, nos moldes de outras diretivas e guias internacionais, seja estabelecidos em um futuro próximo (IEMA, 2014).

Essa preocupação também faz parte dos relatórios de diagnóstico das redes de monitoramento da *European Environment Agency (EEA) - European Union*, cuja rede de monitoramento ultrapassa as 5000 estações. (EEA, 2018)

Além das técnicas padrões de monitoramento, já utilizadas no Brasil e citadas no relatório de diagnóstico do sistema no país, algumas estações na Europa utilizam técnicas avançadas para o monitoramento da qualidade do ar como a Espectroscopia de Absorção Óptica Diferencial – DOAS, considerada uma tecnologia remota, que não necessita de amostragem e permite um monitoramento contínuo e à distância (EEA, 2018).

Comparar métodos alternativos e validar frente aos métodos convencionais podem levar a uma melhoria no processo, viabilizando a aquisição e disponibilização de dados, quase em tempo real que auxiliarão no controle de processos junto aos órgãos ambientais requerentes, podendo reduzir o tempo de análise de poluentes e o custo operacional associado, que é apontado como um dos grandes problemas de descontinuidade na operação de estações e na manutenção do fornecimento dos dados (IEMA,2014).

7 ESTUDO DE CASO

Para o presente trabalho, uma pesquisa na forma de estudo de caso foi realizada considerando o campo de estudo como sendo o inventário e a qualidade da rede de monitoramento atmosférico da Região Metropolitana do Rio de Janeiro - RMRJ.

Foram utilizados relatórios da qualidade do ar elaborados e publicados pelo INEA entre 2007 e 2015 com dados arquivados, livros, artigos e sites.

O INEA monitora a qualidade do ar do estado do Rio de Janeiro por meio de uma rede de estações próprias e da iniciativa privada, composta de 117 estações de monitoramento da qualidade do ar, sendo 53 semiautomáticas, 62 automáticas e 2 móveis. Esta rede, além da concentração de gases e material particulado no ar, monitora ainda parâmetros meteorológicos, como direção e velocidade do vento, temperatura, umidade, radiação solar, pressão atmosférica e precipitação. O sistema completo dos equipamentos de aquisição pode ser visto na Figura 3.

Figura 3 - Equipamentos de quantificação de poluentes presentes no ar e Sistema de aquisição dos dados de qualidade do ar monitorados



Fonte: INEA, 2016

O Relatório da Rede de Monitoramento de Qualidade do Ar (RMQAr) apresenta características meteorológicas do ano, assim como as ações de planejamento, controle e gestão realizadas pelo INEA, com foco nas cinco áreas críticas em termos de degradação da qualidade do ar: a Região Metropolitana do Rio de Janeiro (RMRJ), o Médio Paraíba (RMP), o Norte Fluminense (RNF), a Região Serrana (RS) e a Costa Verde (RCV).

Para fins desse estudo será analisada a rede da Região Metropolitana do Rio de Janeiro (RMRJ), que abrange os municípios do Rio de Janeiro, Mesquita, Nilópolis, São João de Meriti, Belford Roxo, Duque de Caxias, Nova Iguaçu, Japeri, Magé, Itaboraí, Tanguá, Queimados, Seropédica, Itaguaí, São Gonçalo, Maricá, Guapimirim e Niterói. Visto que a RMRJ possui a segunda maior concentração de população, de veículos, de indústrias e de fontes emissoras de poluentes do país.

A qualidade do ar é monitorada no Estado do Rio de Janeiro desde 1967, quando foram instaladas, no município do Rio, as primeiras estações semiautomáticas de amostragem da qualidade do ar.

Figura 4 - Estação Semiautomática SUPMEP VR Volta Grande 1



Fonte: INEA

A rede semiautomática é composta por estações que monitoram a concentração do material particulado em suspensão na atmosfera nas frações Partículas Totais em Suspensão (PTS), Material Particulado com diâmetro até 10µm (PM10) e Material Particulado com diâmetro até 2,5µm (PM2,5), por 24 horas ininterruptas, em períodos de 6 em 6 dias. As estações desta rede são visitadas semanalmente por técnicos do INEA que fazem a aferição, programação e troca dos filtros amostrados. Os filtros são pesados, a concentração de material particulado calculada e os resultados inseridos no banco de dados da rede semiautomática. Os dados da rede são publicados a cada seis dias, através de boletins de qualidade do ar, disponíveis no endereço eletrônico do INEA.

As estações da rede automática se caracterizam pela capacidade de processar na forma de médias horárias, no próprio local, online e em tempo real, a concentração dos parâmetros de qualidade do ar e meteorologia. Estas médias são transmitidas para a central de telemetria e armazenadas em servidor de banco de dados, onde passam por processo de validação técnica periódica e, posteriormente, são disponibilizadas através de boletins diários no endereço eletrônico do INEA. Em 2015, ano do último boletim publicado pelo órgão, o monitoramento da qualidade do ar na RMRJ foi realizado por meio de 37 estações automáticas e 34 semiautomáticas.

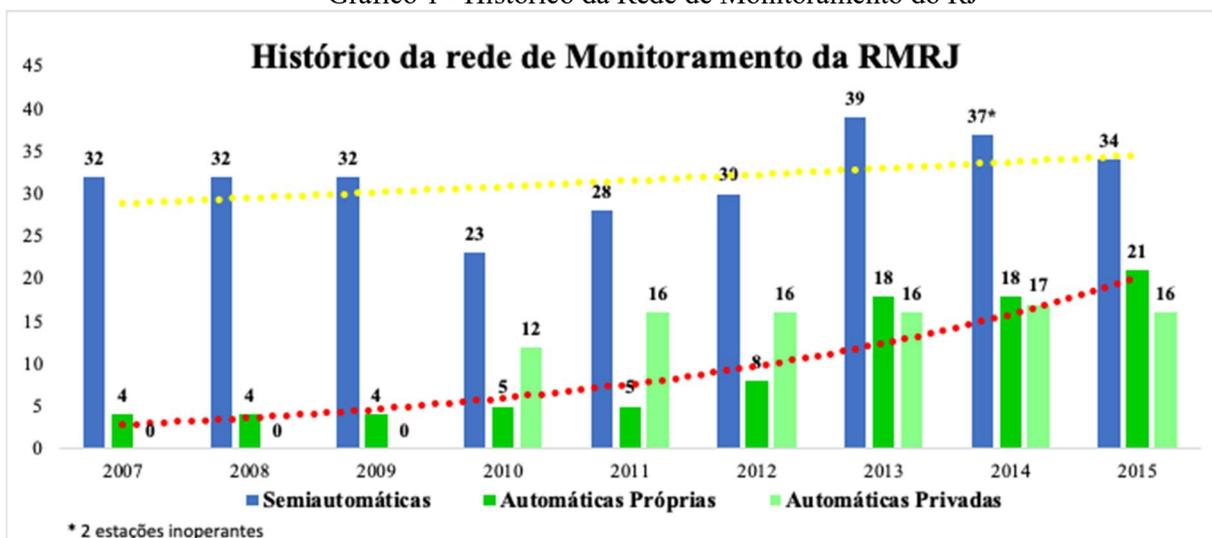
Figura 5 - Estações Automáticas de Monitoramento da Qualidade e Meteorologia do Ar



Fonte: INEA, 2016

Em que pese esse número não representar uma rede significativa de monitoramento é importante destacar o aumento dessas estações ao longo dos últimos anos. A partir dessa observação elaboramos com base em informações contidas nos relatórios um gráfico que mostra a evolução do número de estações desde 2007 (Gráfico 1).

Gráfico 1 - Histórico da Rede de Monitoramento do RJ



Fonte: Autores

Pelo Gráfico 1 é possível verificar que o número de estações automáticas aumentou consideravelmente, no entanto o maior investimento público realizado foi uma exigência do COI (Comitê Olímpico Internacional) para as Olimpíadas de 2016, como por exemplo a estação da Lagoa (Figura 6), assim como as estações privadas foram implantadas em atendimento a condicionantes ambientais (INEA, 2016).

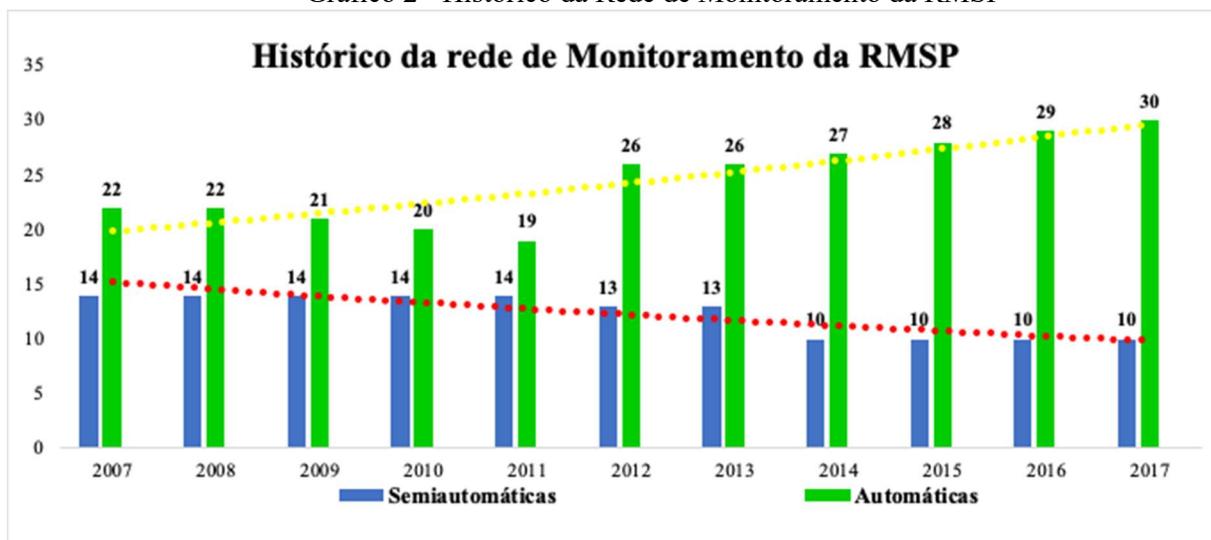
Figura 6 - Estação Automática Lagoa



Fonte: INEA, 2016

Comparando ainda dentro do país a situação da Região Metropolitana da cidade de São Paulo – RMSP - não é muito diferente em termos de malha amostral, vide gráfico abaixo.

Gráfico 2 - Histórico da Rede de Monitoramento da RMSP



Fonte: Autores

No entanto, as informações da CETESB trazem um comparativo importante, que é a evolução na qualidade da obtenção de dados com o aumento expressivo das estações de monitoramento automático, que produzem um banco de dados mais confiável, robusto, envio com maior frequência e necessário para a gestão pública do monitoramento do ar. Observa-se essa tendência de aumento de estações automáticas também para a Região Metropolitana do Rio de Janeiro (Gráfico 1), ressalta-se aqui a influência do período olímpico na região.

Além do número de estações faz-se necessário que a qualidade das informações obtidas seja suficiente para um correto diagnóstico, sendo necessário que o tratamento adequado desses dados passe por critérios de aceitação da amostra.

8 CONCLUSÃO

A partir de um panorama das tecnologias utilizadas para monitoramento do ar, a apresentação das políticas aplicáveis e um diagnóstico da rede de monitoramento da Região Metropolitana do Rio de Janeiro este trabalho busca apresentar uma nova visão, baseada em dados públicos, que se analisados temporalmente mostram que ao mesmo tempo que estamos tratando o monitoramento da qualidade do ar com mais atenção nos últimos anos, ainda estamos bem longe das políticas públicas aplicadas em outras parte do mundo.

Além disso, as motivações que levam ao investimento no monitoramento são oriundas de obrigações e de ferramentas de compensação que acabam por não representar um planejamento adequado da implantação de um sistema robusto de interesse público.

Um correto diagnóstico da qualidade do ar é essencial para que o Governo promova melhorias na estrutura de monitoramento. Essencial ainda, que para além da divulgação das informações e disponibilização em relatórios e endereços eletrônicos, sejam realizados programas educacionais de conscientização sobre a poluição atmosférica, levando a comunidade informações sobre como ocorre a poluição, sendo 77% de fontes móveis, como ocorre a medição da qualidade do ar e, ainda, o que fazer para melhorar tais índices, que tendem a aumentar com o crescimento urbano.

O aumento da rede de monitoramento da qualidade do ar, assim como a substituição por estações automáticas ou até mesmo de tecnologias ainda mais avançadas, sejam priorizadas por parte do poder público pois promovem a disponibilização de dados para o meio acadêmico e para a própria gestão pública que terá um retrato mais fiel de como está a qualidade do ar em sua região, assim como propor soluções mais aderentes às reais necessidades das cidades.

REFERÊNCIAS

A&WMA – AIR & WASTE MANAGEMENT ASSOCIATION. Fact Sheet: Air Pollution Emission Control Devices for Stationary Sources. 2007

BRAGA, A; BOHM, G. M.; PEREIRA, L.A.A.; SALDIVA, P. Poluição atmosférica e saúde humana. Revista USP, São Paulo, n.5, p.58-71, set./nov. 2001.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA. (2018). RESOLUÇÃO CONAMA nº 491, de 19 de novembro de 2018.

EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY (EEA) - Air quality in Europe- EEA Report No 12/2018. Disponível em: <<https://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2018>>

LISBOA, Henrique M.; SCHIRMER, Waldir N. Metodologia de controle da poluição atmosférica. Montreal. Acessado em, v. 12, n. 01, p. 2012, 2007.

MAYOR OF LONDON — GUIDE FOR MONITORING AIR QUALITY IN LONDON- Greater London Authority January, 2018.

HEALTH EFFECTS INSTITUTE. State of Global Air 2018. Special Report. Boston, MA:Health Effects Institute, 2018.

IEMA- Instituto de Energia e Meio Ambiente - Diagnóstico da rede de monitoramento da qualidade do ar no Brasil. Abril, 2014. Disponível em: <<http://www.energiaeambiente.org.br/1-diagnostico-da-rede-de-monitoramento-da-qualidade-do-ar-no-brasil>>

INEA. Relatório Anual da Qualidade do Ar do estado do Rio de Janeiro, anos base 2006 a 2015. Rio de Janeiro, 2016.

JUNIOR, O; LACAVA, C.; FERNANDES, P. Emissões Atmosféricas. Ed pelo Senai. Brasília, 2002.

OMS - ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. Ambient air pollution: a global assessment of exposure and burden of disease. Geneva, 2016.

SCHNELLE, K.B.; BROWN, A.C. Air pollution control technology handbook. The Mechanical Engineering Handbook Series. CRC Press, Boca Raton, USA, 2002.

VALLERO, D. A. Fundamentals of air pollution — 4th ed. USA. 2007