

# Poluição Atmosférica

**D**urante muito tempo, a chaminé foi um símbolo de transformação de uma região devido à industrialização. Esperança de uma melhor qualidade de vida, essa transformação era um dos pilares daquilo que se convencionou chamar "progresso". Contudo, com o passar do tempo, os impactos de muitas atividades industriais sobre o meio ambiente e as pessoas que viviam no entorno das fábricas começaram a dar seus sinais, devido à falta de planejamento e a maneira desordenada com que se deu a passagem de uma sociedade agrária rural para uma sociedade urbana industrial. Justamente, devido à possibilidade de visualização à distância, a poluição atmosférica foi a primeira a ganhar grande destaque da mídia, já na década de 1950.

Na década de 1980, a poluição ambiental passou a dominar o cenário das preocupações dos ambientalistas. O aumento da concentração de gases conhecidos como "causadores do efeito estufa" (especialmente dióxido de carbono e metano) e a redução da camada de ozônio decorrente da ação dos clorofluorocarbonos (CFCs) usados como fluido de refrigeração, são exemplos de temas que exigiram reuniões e conferências de nível internacional. O protocolo de Montreal, assinado em 1987, é um tratado internacional em que os países signatários comprometiam-se a regular a produção e o consumo de produtos destruidores da camada de ozônio. A principal meta foi acabar com o uso dos 15 tipos de CFC que eram as principais fontes de destruição do ozônio ( $O_3$ ). Ele entrou em vigor em 1º de janeiro de 1989. Ele teve adesão de 150 países e foi revisado em 1990, 1992, 1995, 1997 e 1999.

Devido a essa grande adesão mundial, Kofi Annan (então secretário-geral da Organização das Nações Unidas, e laureado com o Nobel da Paz em

2001) disse: "Talvez seja o mais bem sucedido acordo internacional de todos os tempos". Outro resultado desse esforço internacional foi o Protocolo de Quioto, tratado internacional com compromissos mais rígidos para a redução da emissão dos gases que agravam o efeito estufa, considerados, de acordo com a maioria das investigações científicas, como causa do aquecimento global motivada pelo homem. Discutido e negociado em Quioto, no Japão, em 1997, foi aberto para assinaturas em dezembro daquele ano, e ratificado em 15 de março de 1999. Para que o tratado entrasse em vigor, era necessário que 55 países, que juntos, produzissem 55% das emissões, o ratificassem. O Protocolo entrou em vigor em 16 de fevereiro de 2005, depois que a Rússia o ratificou em novembro de 2004.

A partir da década de 1960, a RQI passou a dar espaço à poluição atmosférica, principalmente focada em notícias de novas tecnologias para redução desse tipo de poluição e de estudos de caso de efeitos sobre o ambiente e comunidades vizinhas às indústrias causados por poluentes atmosféricos. Face aos desafios ambientais que a humanidade vem enfrentando nos últimos anos, a RQI abre espaço para dois renomados pesquisadores em poluição atmosférica: Graciela Arbilla de Klachquin, Professora Titular do Departamento de Físico-Química do Instituto de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro, e Coordenadora do Laboratório de Cinética Aplicada à Química Atmosférica e Poluição; Cleyton Martins da Silva, Professor da Universidade Veiga de Almeida, Pesquisador e Vice Coordenador do Grupo de Pesquisa de Cinética Aplicada à Química Atmosférica e Poluição. Eles nos falarão sobre importantes aspectos relacionados à poluição atmosférica.



### **RQI - Qual é a importância do estudo da poluição atmosférica nos dias atuais?**

**Graciela e Cleyton** - A poluição do ar acontece quando o ambiente é contaminado com qualquer agente químico, físico ou biológico que modifica as características naturais da atmosfera, podendo assim, afetar a vida dos seres vivos e o equilíbrio natural do planeta. Em 2016, a Organização Mundial da Saúde (OMS) publicou um relatório onde mostra que 92% da população mundial mora em locais onde as concentrações dos poluentes excedem os valores máximos recomendados por essa Organização.

A qualidade do ar é considerada um requisito básico para a saúde das pessoas, e para a manutenção da vida sobre a Terra, pelo menos da forma que conhecemos atualmente.

Através do estudo do problema da poluição do ar, é possível estabelecer as fontes de poluição, elucidar os mecanismos através dos quais esses poluentes interagem e estabelecer estratégias de controle para diminuir a emissão de poluentes.

Uma vez que as massas de ar são transportadas, inclusive entre continentes, os problemas da qualidade do ar, suas consequências sobre a saúde e bem-estar dos seres vivos e sobre o clima, são assuntos globais que interessam a todos os países. Por outro lado, só é possível estabelecer medidas de controle e prevenção quando a situação é bem conhecida e os processos são compreendidos. Dessa forma se faz necessário o monitoramento do

ar, o estudo dos processos químicos e físicos envolvidos e a construção de inventários de emissão para os diferentes locais.

### **RQI - Quais são as principais fontes de poluição?**

**Graciela e Cleyton** - As principais fontes de poluição são as emissões veiculares e industriais, os processos de queima de combustível (para a produção de energia e aquecimento domiciliar), a agricultura, construção, a disposição de resíduos e a queima de biomassa. No entanto, em ambientes urbanos, os inventários de emissões mostram que a principal fonte de poluição é proveniente dos veículos automotivos. A qualidade e composição dos combustíveis, a tecnologia dos veículos e as características do trânsito determinam quais os poluentes que serão emitidos e quais as taxas de emissão.

### **RQI - Que grupos de substâncias são relevantes para caracterizar a poluição atmosférica?**

**Graciela e Cleyton** - Os poluentes estão sujeitos a processos de transporte, deposição e reações químicas, que levam à formação de poluentes secundários. A poluição atmosférica é caracterizada a partir de um conjunto de poluentes para os quais existe uma legislação que determina os níveis máximos toleráveis. No Brasil, esses poluentes regulamentados são partículas totais em suspensão (PTS), fumaça, material particulado até 10  $\mu\text{m}$  ( $\text{PM}_{10}$ ),  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_2$  e  $\text{O}_3$ . Porém, outros poluentes são importantes: a maior parte dos óxidos de nitrogênio são emitidos como NO, o material particulado até 2,5  $\mu\text{m}$  ( $\text{PM}_{2,5}$ ) é mais prejudicial à saúde que o  $\text{PM}_{10}$  e os compostos orgânicos voláteis (COVs) participam das reações de foto-oxidação que levam a formação de ozônio na presença de oxigênio, luz e óxidos de nitrogênio.

Algumas estações de monitoramento ambiental dispõem atualmente de medidores de  $\text{PM}_{2,5}$  e hidrocarbonetos não-metano (HCNM), ou

alguns deles em particular, com compostos aromáticos BTEX (benzeno, tolueno, metilbenzeno e xilenos), ou alguns compostos carbonílicos com formaldeído e acetaldeído. Outros grupos de compostos importantes são os compostos orgânicos semi-voláteis e os metais traço associados ao material particulado.

**RQI - Que consequências podem ser relatadas decorrentes da poluição atmosférica?**

**Graciela e Cleyton** - De acordo com a OMS cada ano acontecem mais de 3,5 milhões de mortes prematuras como consequência da poluição do ar em ambientes externos, principalmente ozônio e partículas finas de menos de  $2,5 \mu\text{m}$  ( $\text{PM}_{2,5}$ ), e um número equivalente pela poluição de interiores. Em geral, esse problema é mais grave nos países em desenvolvimento. Alguns modelos preditivos estimam que esse número deve dobrar até 2050.

Diversos estudos associam a poluição do ar, especialmente nos grandes centros urbanos, ao agravamento de doenças respiratórias, cardiovasculares e neurológicas, especialmente na população mais vulnerável (crianças e idosos). Também existem evidências da correlação entre a exposição a alguns poluentes e a ocorrência de diferentes tipos de câncer.

A deposição dos poluentes pode ocasionar a acidificação das águas da chuva e da poeira, contaminando os corpos d'água, o solo e as plantas, levando à redução da capacidade fotossintética e, de forma geral, afetando todos os biomas.

Podem ser mencionados, também, impactos negativos sob a perspectiva econômica e social, como o aumento dos custos dos sistemas de saúde com as internações hospitalares, a diminuição da produtividade dos trabalhadores por diversas doenças, a queda da produtividade agrícola e a degradação do patrimônio público.

Já observando o problema de uma forma mais ampla, a degradação da qualidade do ar extrapola fronteiras, e a emissão de poluentes de origem antrópica produz um desequilíbrio no clima e nos



**A esquerda: Amostrador de material particulado. A direita: Canister (bujão de aço-inox) para coleta de ar ambiente. Ambos em coleta no Jardim Botânico, no Rio de Janeiro**

ciclos dos seres vivos. Assim, a ação humana, em especial desde o século XX, desequilibrou o ciclo do carbono com uma emissão massiva de  $\text{CO}_2$ . Até o século XIX existia um equilíbrio entre as quantidades emitidas e retidas na geosfera, de forma que o nível médio estava entre 260 e 285 ppmv. Atualmente esse valor é de aproximadamente 400 ppmv, mas nos grandes centros urbanos pode superar os 500 ppmv. O aumento da concentração de  $\text{CO}_2$  na atmosfera leva a um aumento da temperatura no planeta (efeito

estufa) e ao aumento da concentração desse gás na superfície dos oceanos, o que produz a acidificação dos mares e eventualmente a extinção de muitas espécies.

**RQI - Como está a legislação brasileira direcionada ao controle de poluição do ar, em comparação com a da Europa, Japão e Estados Unidos?**

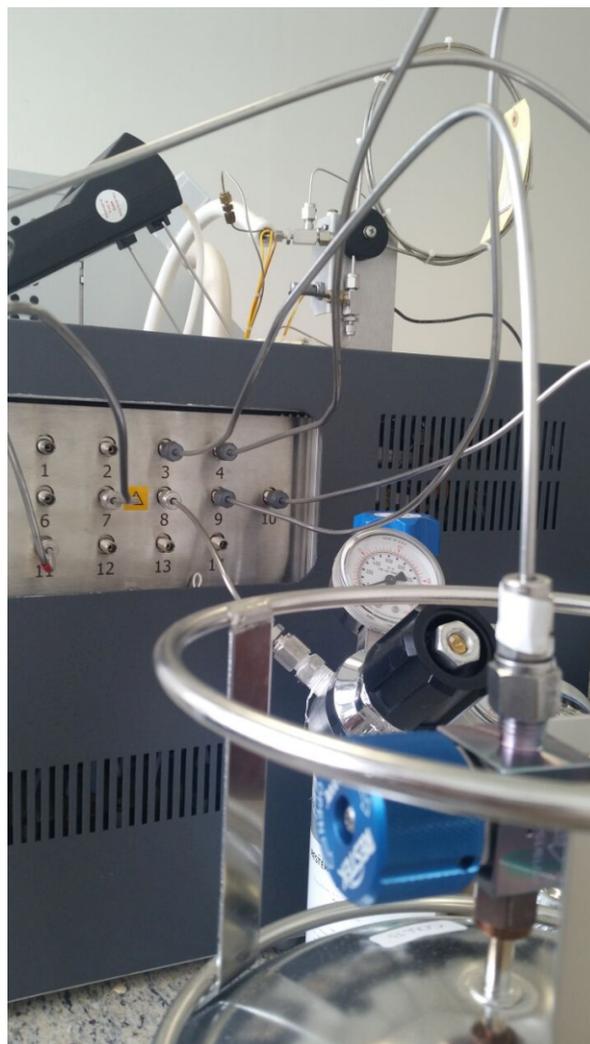
**Graciela e Cleyton** - No Brasil existem dois padrões de qualidade do ar, primário e secundário, estabelecidos através da resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) de 1990, para SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub>, O<sub>3</sub>, CO, fumaça e PTS. O padrão primário tem como objetivo garantir a saúde da população enquanto o padrão secundário, que para alguns compostos é menor, tem como objetivo garantir o bem-estar dos seres vivos.

Os padrões de qualidade do ar variam de acordo com a abordagem adotada por cada país ou região, já que envolve a avaliação de diferentes fatores como riscos à saúde e bem-estar da população e, em geral, dos seres vivos, viabilidade técnica, considerações econômicas, sociais e de desenvolvimento. Em 2005, a OMS publicou um documento com recomendações sobre procedimentos a serem adotados para o estabelecimento de padrões e valores recomendados. Assim, os padrões a serem estabelecidos deverão ter como objetivo atingir as menores concentrações possíveis dentro das limitações de cada local, já que para atingir as metas propostas é preciso que seja realizado o monitoramento dos diversos poluentes e a verificação das fontes de emissão.

Fica evidente que a legislação brasileira está desatualizada, porém os valores são semelhantes aos dos Estados Unidos para os principais poluentes nas grandes cidades: para PM<sub>10</sub> a média de 24 horas é, para ambos os países, de 150 µg m<sup>-3</sup> e para NO<sub>2</sub> a média de uma hora (padrão secundário) é igual à dos Estados Unidos (190 µg m<sup>-3</sup>), porém o valor para o padrão primário é muito maior 320 µg m<sup>-3</sup>. Para O<sub>3</sub>, a

média de 1 hora é 160 µg m<sup>-3</sup> para Brasil, enquanto que nos Estados Unidos foi estabelecido o padrão, para 8 horas, como 137 µg m<sup>-3</sup>. Existe no país uma carência respeito a legislação para PM<sub>2,5</sub>, considerado atualmente um poluente muito mais perigoso para a saúde que o PM<sub>10</sub> por ser respirável e atingir os alvéolos pulmonares.

Em 2008, o Estado de São Paulo foi pioneiro ao iniciar um processo de revisão dos padrões de qualidade do ar, baseando-se nas diretrizes na OMS. Em 2013, através de um Decreto Estadual, foram estabelecidos novos padrões para São Paulo por intermédio de um conjunto de medidas gradativas e progressivas para que a poluição atmosférica seja reduzida ao longo do tempo. Assim, por exemplo, atualmente a média de 1 hora para O<sub>3</sub> é 140 µg m<sup>-3</sup> e o objetivo final é atingir 100 µg m<sup>-3</sup>.



**Transferência da amostra de ar, do canister para o cromatógrafo**



A esquerda a preparação de cartuchos para coleta de compostos carbonílicos presentes no ar. A direita, equipamento usado na determinação de compostos carbonílicos no ar por cromatografia líquida de alta resolução (HPLC)

Em muitos aspectos as estratégias de controle de qualidade do ar na Europa e nos Estados Unidos são semelhantes. Nos Estados Unidos existem padrões únicos para todo o país e as principais políticas de controle são estabelecidas em nível nacional, enquanto que na Europa os países membros eventualmente tem padrões mais restritivos que os da União Europeia (UE) e cada país estabelece uma estratégia própria para atingir esses padrões.

Nos Estados Unidos a legislação principal é, atualmente a *Clean Air Act* (1990), que estabelece os parâmetros de qualidade do ar a nível federal. Cada um dos Estados é responsável pela implementação das medidas necessárias para cumprir o estabelecido nessa legislação e realizar o monitoramento da qualidade do ar. A Agência do Meio Ambiente (*Environmental Protection Agency*, U.S. EPA) é responsável por verificar que os Estados cumpram a legislação e, eventualmente, estabelecer as sanções cabíveis. Contudo, a semelhança do acontecido em Brasil com o Estado de São Paulo, nos Estados Unidos o Estado de California estabeleceu padrões mais restritivos através do *California Air Resources Board* (CARB). No caso do  $PM_{10}$ , o padrão de 24 horas é de  $50 \mu g m^{-3}$ , a terceira parte do valor estabelecido pela *Clean Air Act* (Estados Unidos) e pelo CONAMA (Brasil).

RQI - 1º trimestre 2017

Na Europa, a legislação mais recente é a Diretiva 2008/50/EC do Parlamento Europeu e do Conselho da União Europeia que é o instrumento básico que regula a gestão da qualidade do ar. Essa Diretiva estipula que os países membros devem tomar as iniciativas necessárias para que as metas ambientais propostas sejam cumpridas. Os parâmetros de qualidade do ar estipulados na Diretiva, são metas mínimas e, assim, os países podem estabelecer legislações nacionais mais restritivas ainda.

Nos Estados Unidos são monitorados sete compostos:  $SO_2$ ,  $NO_2$ ,  $PM_{10}$ ,  $PM_{2,5}$ ,  $O_3$ , CO e Pb. Na Europa são legislados também benzeno e compostos policíclicos aromáticos. Em alguns casos, a legislação da UE é mais restritiva, por exemplo, para a UE e os Estados Unidos, a média de oito horas para o ozônio, é 80 e  $147 \mu g m^{-3}$ , respectivamente, e para material particulado inalável ( $PM_{10}$ ), a média de 24 horas é 50 e  $150 \mu g m^{-3}$ , respectivamente.

Já no Japão existe uma legislação do Ministério de Meio Ambiente para os compostos  $SO_2$ ,  $NO_2$ ,  $PM_{10}$ ,  $PM_{2,5}$ , oxidantes atmosféricos, CO e valores para as médias anuais de alguns outros compostos como dioxinas, benzeno, tricloroetileno, tetracloroetileno e diclorometano. Os oxidantes atmosféricos são um conjunto de compostos, principalmente ozônio e peroxiacetilnitratos, sendo

que as concentrações horárias desses compostos não podem exceder 60 ppbv. Os valores para o Japão são, geralmente, mais restritivos ainda.

O Índice de Qualidade do Ar (AQI) nos Estados Unidos foi estabelecido com base nas concentrações de SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub>, O<sub>3</sub>, CO e tem seis níveis, entre 0 e 500, sendo dirigido a assegurar a saúde da população. Seguindo essas diretrizes, a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), órgão ambiental do Estado de São Paulo, estabeleceu índices que são, também, usados em outros Estados, como Rio de Janeiro, Rio Grande do Sul, Paraná, Espírito Santo e Mato Grosso do Sul. São considerados os mesmos poluentes que nos Estados Unidos e cinco níveis de qualidade do ar: boa, moderada, ruim (quando são ultrapassados os padrões de qualidade do ar), muito ruim e péssima. Na Europa, cada país tem seus próprios índices, mas em 2013 foi estabelecido um índice comum (CAQI), de cinco níveis, baseado nas concentrações NO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub>, O<sub>3</sub> e que, eventualmente os países podem estender a SO<sub>2</sub>, CO e PM<sub>2,5</sub>. O estabelecimento desses índices na Europa teve como objetivo chamar a atenção pública para o problema da qualidade do ar e conscientizar a população sobre os benefícios de diminuir as emissões.

### **RQI - Como aferir a poluição atmosférica (instrumentos de medida e apresentação dos resultados)?**

**Graciela e Cleyton** - A poluição atmosférica é aferida através do monitoramento contínuo dos poluentes legislados. No Brasil as estações de monitoramento automáticas, que estão completas, realizam o acompanhamento contínuo das concentrações de SO<sub>2</sub>, NO, NO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub>, O<sub>3</sub> e CO e dos parâmetros meteorológicos (temperatura, umidade, radiação solar, velocidade e direção do vento). Geralmente as estações obtêm os dados em intervalos de um minuto, exceto para o PM<sub>10</sub> onde os dados são horários. Os dados são processados e calculados os valores médios para um intervalo pré-determinado, tipicamente de 10 minutos, e enviados pela internet à

central de processamento de dados. Os dados são arquivados e disponibilizados para a população na forma de boletins de qualidade do ar onde são informados os índices de qualidade do ar. Algumas estações mais completas realizam, também, o monitoramento de poluentes não legislados, PM<sub>2,5</sub> e HCNM totais.

O acompanhamento das concentrações de outros poluentes com compostos orgânicos especiados, compostos semi-voláteis e metais, é apenas realizado por grupos de pesquisa, já que exigem equipamentos e métodos específicos e muito caros. Existem diversos métodos para a determinação das concentrações, mas no caso dos compostos legislados, a Resolução CONAMA estabelece quais são os métodos que deverão ser utilizados.

A captação do ar atmosférico é feita através de um *manifold* que conta com um sistema de aquecimento para evitar condensação do ar. Existe um controlador de fluxo para que o ar chegue aos analisadores e, após as análises, o ar é removido por uma bomba de exaustão. Os métodos de análise utilizados são absorção no infravermelho para o CO, quimiluminescência para o NO, NO<sub>2</sub> e o O<sub>3</sub>, pararosanilina/absorbância para o SO<sub>2</sub>, amostrador de grandes volumes e gravimetria para material particulado e separação inercial/filtração para PM<sub>10</sub>.

Para os compostos orgânicos voláteis e semivoláteis existem numerosos métodos. Entretanto, a Agência Ambiental dos Estados Unidos desenvolveu e validou 17 métodos apropriados para diferentes condições, compostos e níveis de concentração. Em geral, os compostos voláteis são coletados usando cartuchos adsorvedores e posteriormente dessorvidos termicamente ou com um solvente, ou são coletados usando bujões de aço inoxidável eletropolidos e passivados. Em ambos os casos os compostos são analisados por cromatografia com detector de massas ou de ionização de chama. Para alguns tipos de compostos

existem métodos específicos, por exemplo os compostos carbonílicos podem ser coletados passando o ar por um cartucho de C18 impregnado com dinitrofenilhidrazina, desorvidos com solvente e analisados por cromatografia líquida de alta resolução.



**CG-MS-DT Cromatógrafo a gás/detector de massas/dessorção térmica usado na determinação dos compostos orgânicos voláteis**

Os compostos semivoláteis podem ser retidos com cartuchos adsorvedores ou coletados no material particulado, no caso de compostos mais pesados. Em todos os casos, geralmente são analisados por cromatografia a gás e espectrometria de massas. Já os metais, adsorvidos no material particulado são desorvidos em meio ácido e analisados por absorção atômica.

Atualmente os laboratórios de química atmosférica realizam um tratamento estatístico multivariado aprofundando dos dados, usando tanto estatística descritiva como multivariada, e alguns deles realizam simulações do transporte do ar e análises cinéticas para conhecer o processo de formação de ozônio.

### **RQI - Como é realizado o monitoramento da qualidade do ar no Brasil?**

**Graciela e Cleyton** - No Brasil, a gestão da qualidade do ar é realizada nos termos da Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA) e das resoluções CONAMA, que constituem o Programa Nacional de Controle da Qualidade do Ar (PRONAR). Nos termos da PNMA, editada em 1981, o monitoramento da qualidade do ar é colocado como instrumento de acompanhamento da qualidade ambiental, de avaliação dos impactos da poluição atmosférica e de

ação indispensável à obrigatória prestação pelo Poder Público das informações a população, assim como o desenvolvimento de políticas e definição de prioridades para a ação pública.

Além disso, a Resolução CONAMA de 1989 lista o monitoramento como uma das medidas do PRONAR, dando-lhe o

objetivo específico de contribuir para a avaliação das ações de controle daquele Programa e coloca como objetivo estratégico a criação de uma Rede Básica de Monitoramento como uma meta de médio prazo (mas sem especificar qual é o prazo). A Resolução CONAMA de 1990 estabeleceu os padrões de qualidade do ar e atribuiu aos Estados incumbências em relação à implantação do monitoramento.

Porém o monitoramento da qualidade do ar por parte dos Órgãos Estaduais de Meio Ambiente (OEMA) não tem sido uma atividade rotineira em todos os Estados, de forma que após mais de 25 anos ainda não foram atingidos os objetivos propostos pelo CONAMA.

Os primeiros Estados a implementar o monitoramento foram Rio de Janeiro, São Paulo, Minas Gerais, Rio Grande do Sul e Paraná. A partir de 1990, gradativamente foi iniciado em outros Estados: Bahia, Espírito Santo, Goiânia, Maranhão, Mato Grosso, Sergipe e o Distrito Federal. Nos Estados de Ceará, Paraíba e Pernambuco, o monitoramento foi descontinuado. No Distrito Federal, o monitoramento é realizado pelo Instituto Brasília Ambiental (IBRAM), desde 2005, sendo que desde 2013 é realizado em colaboração com a Secretaria de Meio Ambiente do Distrito Federal. Atualmente funcionam quatro estações de monitoramento, das cinco disponíveis,

onde são monitoradas as concentrações de PTS, PM<sub>10</sub> e fumaça.

No Rio de Janeiro, o monitoramento foi iniciado em 1967, quando foram instaladas, as primeiras estações manuais no município de Rio de Janeiro. Desde então, o Instituto Estadual do Ambiente (INEA) investe continuamente em equipamentos de amostragem para diversos poluentes e parâmetros meteorológicos, instalados em várias regiões do Estado do Rio de Janeiro. A atual rede de monitoramento da qualidade do ar do INEA, em todo o Estado do Rio de Janeiro, é composta pela rede automática, com estações, que realizam a determinação de NO<sub>x</sub> (NO e NO<sub>2</sub>), CO, SO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, HCNM e PTS, continuamente, e a rede semiautomática, capaz de realizar o monitoramento das concentrações de material particulado no ar, seja total (PTS), inalável (PM<sub>10</sub>) ou respirável (MP<sub>2.5</sub>), por 24 horas ininterruptas, de 6 em 6 dias. A rede de monitoramento do Estado também conta com estações que são operadas e mantidas pelos empre-



**Canister (bujão de aço-inox) para coleta de ar ambiente. Coleta na Praça Saens Peña, na cidade do Rio de Janeiro do lado da Estação de Monitoramento da Qualidade do Ar da Secretaria Municipal de Meio Ambiente**

endimentos na iniciativa privada com significativo potencial poluidor, e são condicionados a transmitir os dados em tempo real para a central de dados do INEA. Ao total, atualmente, a rede dispõe de 58 estações automáticas e 116 semiautomáticas. A Secretaria Municipal de Meio Ambiente (SMAC) dispõe de oito estações fixa, e uma móvel, localizadas no município. As três estações mais novas e a móvel, medem todos os poluentes legislados e HCNM. Tanto a SMAC como o INEA disponibilizam relatórios diários com os índices de qualidade do ar.

No Estado de São Paulo o monitoramento foi iniciado em 1972. Atualmente a CETESB conta com 17 estações automáticas na Capital e 12 na Região Metropolitana, além de estações no interior do Estado e no litoral e estações manuais. A rede da CETESB é a mais completa do país e os dados de índice de qualidade do ar são disponibilizados em forma horária.

Para Minas Gerais, o último relatório disponível publicado em 2016, referente a 2013, mostra que existiam nove estações de monitoramento onde são determinados os poluentes legislados e os parâmetros meteorológicos. O monitoramento que é realizado pela Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM), foi iniciado na década do 70, foi interrompido posteriormente e reiniciado na década do 90.

No Paraná, o monitoramento é realizado pelo Instituto Ambiental de Paraná (IAP). Foi iniciado na Região Metropolitana de Curitiba na década 80, com a operação de 04 estações de amostragem do ar, fixas e manuais, localizadas uma em Curitiba e três em Araucária. Atualmente, estão instaladas 12 estações de amostragem do ar, das quais 7 são automáticas. Quatro delas estão localizadas em Curitiba, e analisam O<sub>3</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO, PTS e PM<sub>10</sub>. Em Araucária estão localizadas quatro estações automáticas que analisam O<sub>3</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO e PTS ou PM<sub>10</sub>. Os dados são disponibilizados, desde 2011, em forma de boletins mensais com os índices de qualidade do ar diários.

No Rio Grande do Sul, o monitoramento é realizado pela Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler (FEPAM), através da rede Ar do Sul que conta com 15 estações automáticas fixas, uma estação móvel e estações manuais na Região Metropolitana de Porto Alegre e, também, nas cidades de Rio Grande, no litoral, e em Caxias do Sul, na região Serrana. Os dados são disponibilizados na forma de boletins diários da qualidade do ar.

O Estado da Bahia adotou um sistema descentralizado da gestão da qualidade do ar, contando com duas redes privadas de monitoramento, a da CETREL e a da Petrobras (RLAM). A rede da CETREL conta com 18 estações fixas e uma estação móvel no entorno do Polo Camaçari e no município de Salvador. A rede de monitoramento da Petrobrás conta com 08 estações fixas no entorno da refinaria. Em algumas estações, do polo industrial, são medidos, além dos poluentes legislados, alguns metais, compostos orgânicos voláteis, amônia, compostos reduzidos de enxofre e HCNM. Os índices de qualidade do ar para as estações operadas pela CETREL (Salvador, Camaçari e Porto de Aratu) são fornecidos *on-line*.

No Estado de Espírito Santo, o Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IEMA) implementou, em 2000, uma Rede Automática de Monitoramento da Qualidade do Ar na região da Grande Vitória, composta por nove estações que medem PTS, PM<sub>10</sub>, SO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, NO<sub>x</sub> e CO.

O IEMA disponibiliza os dados das estações

na forma de planilhas, as últimas correspondentes ao ano de 2015, e boletins diários com o índice de qualidade do ar.

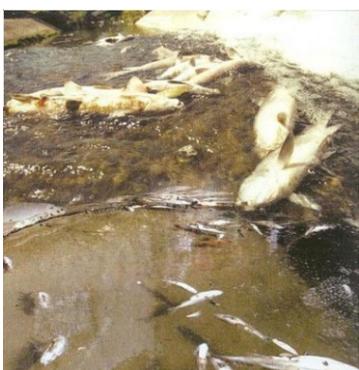
Em Goiânia o monitoramento é realizado pela Secretaria de Meio Ambiente, Recursos Hídricos, Infraestrutura, Cidades e Assuntos Metropolitanos (SECIMA) e são apenas determinados os níveis de PTS em três locais (Praça Cívica, Praça do Trabalhador e DAIA-Anópolis). Os últimos resultados disponibilizados são de 2015.

Em Sergipe, segundo a Administração Estadual do Meio Ambiente (ADEMA), a qualidade do ar é analisada apenas num ponto do distrito industrial de Aracaju, onde são medidas PTS, fumaça e SO<sub>2</sub>, sendo que o último relatório disponível é de 2015.

Em Mato Grosso do Sul, o Instituto de Meio Ambiente de Mato Grosso do Sul (IMASUL) iniciou o monitoramento através de um projeto piloto da Rede Telemétrica de Qualidade do Ar, na cidade de Três Lagoas, por esta apresentar a maior concentração de indústrias com emissões atmosféricas no Estado. Os índices de qualidade do ar das quatro estações são disponibilizados *on-line*.

No Estado de Maranhão, o monitoramento é realizado pela empresa Vale em São Luís, não havendo fiscalização por parte do Estado e nem uma divulgação adequada dos dados.

Dessa forma, está claro que ainda é preciso ampliar as redes de monitoramento, assim como o sistema de disponibilização de dados a população, especialmente nos estados do norte e nordeste.



**Poluição proveniente dos processos de produção das fábricas, poluição ambiental degradando as nascentes e bacias hidrográficas, poluição com gás carbônico emitidos pelo veículos.**



**Grupo de pesquisa do Laboratório de Cinética Aplicada à Química Atmosférica e Poluição - UFRJ**

**RQI - Que tendências aponta para o tema poluição atmosférica num futuro próximo?**

**Graciela e Cleyton** - O futuro da qualidade do ar e, em geral, da manutenção da vida sobre a Terra, depende cada vez mais das atitudes que serão tomadas nos próximos anos. Dentro de todas as incertezas, é possível prever que a população urbana, que atualmente é 50% do planeta, será ainda maior, e com maior longevidade, haverá um esgotamento dos recursos naturais, modificações do clima e alterações da biodiversidade, e um progresso tecnológico ainda maior, assim como a conectividade e a globalização.

A poluição urbana, que geralmente está relacionada as concentrações de material particulado, óxidos de nitrogênio e ozônio, depende de diversos fatores. Alguns deles como transporte de massas de ar, temperatura, umidade e radiação solar são fatores naturais, incontroláveis, mas outros, principalmente as emissões veiculares, podem ser controlados e minimizados através de atitudes individuais e políticas públicas.

Em nosso país, essas políticas são ainda tímidas. A legislação brasileira está desatualizada e o investimento em monitoramento e pesquisa é ainda insuficiente.

No Estado de São Paulo, a CETESB tem realizado um trabalho pioneiro, inicialmente no controle das emissões industriais e, a partir de 1981 com a instalação de estações de monitoramento automático. Ainda na década de 70, iniciou estudos para avaliar as emissões veiculares provenientes da adição de etanol à gasolina e durante os anos 80 desenvolveu as bases técnicas que culminaram com a Resolução CONAMA 18/86 - PROCONVE- posteriormente complementada por outras resoluções, que resultaram numa redução significativa das emissões veiculares. Em 2008, o Estado de São Paulo iniciou um processo de revisão dos padrões de qualidade do ar, baseando-se nas diretrizes estabelecidas pela OMS, com participação de representantes de diversos setores da sociedade. Este processo culminou na publicação de um Decreto Estadual em 2013, estabelecendo novos padrões de

qualidade do ar por intermédio de um conjunto de metas gradativas e progressivas para que a poluição atmosférica seja reduzida a níveis desejáveis ao longo do tempo.

No Rio de Janeiro, como consequência dos grandes eventos que foram sediados nos últimos anos, especialmente as Olimpíadas e Paralimpíadas 2016, foram realizadas diversas obras de mobilidade urbana e instaladas novas estações de monitoramento, tanto da INEA como da SMAC. Contudo o investimento é ainda insuficiente, considerando a densidade populacional, o número de veículos e empreendimentos industriais do Estado. Os boletins diários de qualidade do ar mostram que frequentemente o índice de qualidade do ar é regular ou são registradas violações aos padrões.

A nível global, especialmente no referido a emissão de gases de efeito estufa, a Convenção sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento das Nações Unidas (1992), realizada no Rio de Janeiro, é considerada um momento histórico no qual os Governos participantes reconheceram a necessidade de redirecionar os planos nacionais e internacionais para garantir que as decisões económicas levassem em consideração o impacto ambiental e o crescimento sustentável. Em 1995 foi celebrada a primeira Conferência das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas (COP1) em Berlin. A partir de então têm sido realizadas conferências anuais, sendo importante destacar a COP3, realizada em Kyoto em 2017, onde foi assinado o Protocolo de Kyoto, com um primeiro acordo dos países industrializados para redução dos gases de efeito estufa. Após anos de discussão e tratativas entre os países participantes, ainda não se chegou a um consenso sobre uma abordagem coerente ao problema da poluição, especialmente a poluição global. Contudo a COP21, realizada em Paris, marca outro momento importante nas tratativas através da adoção de um novo Acordo, aprovado por 195 países, com o objetivo central de fortalecer a resposta global à ameaça da mudança do clima, reduzir as

RQI - 1º trimestre 2017

emissões de gases de efeito estufa, no contexto do desenvolvimento sustentável, manter o aumento da temperatura média global em menos de 2 °C acima dos níveis pré-industriais, de envidar esforços para limitar o aumento da temperatura a 1,5 °C acima dos níveis pré-industriais e de reforçar a capacidade dos países para lidar com os impactos decorrentes dessas mudanças. O acordo só começará a vigorar, após a ratificação de pelo menos 55 países responsáveis por 55% das emissões de gases de efeito estufa. Para o alcance do objetivo final do Acordo, os governos se envolveram na construção de seus próprios compromissos, a partir das chamadas Pretendidas Contribuições Nacionalmente Determinadas. Através desse documento, o Brasil compromete-se a reduzir as emissões de gases de efeito estufa em 37% abaixo dos níveis de 2005, em 2025, com uma contribuição indicativa subsequente de reduzir as emissões de gases de efeito estufa em 43% abaixo dos níveis de 2005, em 2030, através do aumento na utilização de bioenergia sustentável na sua matriz energética, restauração de 12 milhões de hectares de florestas e utilização de energia renováveis.

Assim, as perspectivas da qualidade do ar num futuro próximo irão depender grandemente do comprometimento dos países e os cidadãos no cumprimento das metas que foram estabelecidas e da priorização da sustentabilidade do planeta frente ao crescimento económico e tecnológico.

### ***RQI - Que mensagem final gostaria de deixar aos leitores da RQI?***

**Graciela e Cleyton** - A compreensão dos problemas relacionados à poluição por parte dos governos e da população em geral, é fundamental para obter algum sucesso no controle da mesma.

Hoje a humanidade está no período chamado Antropoceno, a Era dos Humanos. O termo Antropoceno foi criado por Eugene Stoermer e popularizado por Paul Crutzen. O Antropoceno é um novo momento na história do planeta no qual o

## Projeto "O Ar que Respiramos"

Coordenação: Professores Cleyton Martins da Silva<sup>1,2</sup> e Graciela Arbilla de Klachquin<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Universidade Veiga de Almeida <sup>2</sup>Instituto de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro  
 Instituto de Química, CT Bloco A, Sala 402 A

Coleta de ar ambiente

Transferência para o aparelho no laboratório

Análise da amostra de ar

Poluentes no ar

Parcerias:

FAPERJ

CNPq

RIO

CENPES

QA Grupo de Cinética Aplicada à Química Atmosférica e Poluição 25 Anos

gracielaiq@gmail.com  
martins.cleyton@gmail.com

UVA | MEMBRO DA REDE ILLUMINO

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO UFRJ

“  
**Nossas ações têm consequências significativas não apenas no entorno em que vivemos, mas em todo o planeta.**  
 ”

Folder do Projeto  
**Ar que Respiramos**  
 coordenado pelos  
 Profs. Graciela Arbilla  
 e Clayton Martins

homem se tornou uma força biológica planetária, que em poucas gerações transformou a Terra e as condições de vida de outras espécies. Habitamos a Terra há 200 milhões de anos, porém desde 1950 até o presente produzimos mais mudanças no planeta que em toda a existência da humanidade.

Nossas ações têm consequências significativas não apenas no entorno em que vivemos, mas em todo o planeta, que se estenderão pelos próximos séculos. Nós, nossos descendentes e as outras espécies, viveremos num mundo profundamente modificado pela nossa presença e nossas ações e, assim, temos a responsabilidade de tomar atitudes sustentáveis para mitigar os efeitos de nossa presença e reverter os problemas que surgiram nas últimas décadas.

Cada pessoa é responsável pelas suas atitudes individuais, sua forma de vida e consumo, que se constitui no que foi chamada de “nossa pegada

ecológica” e, também, é responsável de escolher os governantes, e exigir deles, que priorizem a sustentabilidade e a conservação do planeta a nível municipal, estadual, nacional, em suas relações com outros países e nos fóruns internacionais que discutem o futuro da humanidade.

### Notas do Editor:

→ Os entrevistados podem ser contatados pelos e-mails:

graciela@iq.ufrj.br e martins.cleyton@gmail.com.

→ Os Currículos Lattes podem ser acessados pelos links: <http://lattes.cnpq.br/7712800981237085> e <http://lattes.cnpq.br/2637457192603373>.

→ O Laboratório de Cinética Aplicada à Química Atmosférica e Poluição pode ser acessado clicando em <https://www.iq.ufrj.br/laboratorios/laboratorio-de-cinetica-aplicada-a-quimica-atmosferica-e-poluicao/>.