

UMA PROPOSTA DE INTERSETORIALIDADE PARA INVESTIGAR POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA E ALERGIAS RESPIRATÓRIAS

A PROPOSAL OF INTERSECTORALITY FOR RESEARCH IN AIR POLLUTION AND RESPIRATORY DISEASE

Nelzair A. Vianna^{1,2}, Leonardo R. de Andrade⁴, Adelmir Souza-Machado⁵, Paulo H. N. Saldiva³

¹Vigilância em Saúde Ambiental – Secretaria Municipal de Saúde de Salvador; ²Departamento de Medicina Preventiva – FMB/UFBA; Salvador, BA; ³Laboratório de Poluição Atmosférica e Experimental - Faculdade de Medicina – Universidade de São Paulo; São Paulo, SP; ⁴Instituto de Ciências Biomédicas – Universidade Federal do Rio de Janeiro; Rio de Janeiro, RJ; ⁵ProAR – Programa para o Controle da Asma e da Rinite Alérgica na Bahia; Salvador, BA, Brasil

A poluição atmosférica tem sido relacionada com diversos eventos respiratórios e cardiovasculares. As alergias respiratórias são doenças prevalentes em nosso meio e dentre os principais fatores de riscos para a exacerbação de sintomas está a poluição do ar em ambientes “indoor e “outdoor”. O crescente avanço de industrialização e urbanização expõe as populações aos poluentes nocivos à saúde humana. Neste contexto Salvador apresentou um cenário típico que motivou um estudo pioneiro de caracterização do material particulado proveniente da poluição atmosférica urbana. Diante da ausência de uma infra-estrutura local bem articulada foi proposto algumas ações de intersectorialidade, baseado em parâmetros legais, com o objetivo de estabelecer parcerias entre sujeitos de vários setores sociais e, portanto, de saberes, poderes e vontades diversos, para enfrentar problemas complexos. Este manuscrito portanto, descreve aspectos relevantes para o entendimento dos efeitos da poluição atmosférica à saúde humana, bem como a trajetória desenvolvida para a implementação de um Programa de Vigilância em Saúde e Qualidade do Ar em Salvador.

Palavras-chave: Poluição atmosférica, material particulado, alergias respiratórias, vigilância, saúde ambiental, intersectorialidade.

Air pollution has been associated with respiratory and cardiovascular diseases. Respiratory allergies are prevalent in our country and air pollution is the main risk factor that exacerbates the respiratory symptoms, including indoor and outdoor environments. The continuous industrial and urban development contributes in the human exposition to toxic pollutants. In this context, Salvador presents a typical scenario that has encouraged a pioneering study on characterization of particulate matter from urban air pollution. Due to the absence of articulated infrastructure, multiples sectors were stimulated with the main goal of to establish partnerships between government, science and society. This manuscript discusses relevant aspects of air pollution effects on human health, and also the trajectory of the implementation of Surveillance in Environmental Health and Air Quality Program in Salvador, BA, Brazil.

Key words: Air pollution, particulate matter, respiratory allergies, surveillance, environmental health, intersectorality.

A poluição atmosférica, por séculos, tem sido um problema para países desenvolvidos, desde que a Revolução Industrial em meados do século XIX introduziu inúmeros processos tecnológicos que geram grande emissão de poluentes. O mais significativo foi a queima de carvão para a produção de energia resultando em SO₂ e material particulado de combustão. Notáveis episódios de acúmulo destes poluentes na atmosfera ocorreram em cidades da Europa e dos Estados Unidos, a exemplo do que aconteceu em dezembro de 1952 em Londres. Naquela ocasião, uma intensa inversão térmica durante inverno rigoroso provocou a concentração de poluentes na atmosfera, e este evento foi associado a um número estimado de 4.000 mortes diretas⁽⁵⁾, e mais tardiamente a 8.000 mortes adicionais. Episódios semelhantes ocorreram em Meuse Valley, Bélgica em 1930, região com grande concentração de indústrias

Recebido em 24/07/2008

Aceito em 20/10/2008

Endereço para correspondência: Dr. Nelzair Vianna. R. Carmem Miranda, 147 ap 202 Pituba. CEP: 41820230. Salvador-BA, Brasil. E-mail: nelza@ufba.br

distribuídas em uma faixa de aproximadamente vinte quilômetros de comprimento. Nos cinco primeiros dias do mês de dezembro, condições meteorológicas desfavoráveis, como a ausência de ventos, impediram a dispersão dos poluentes que permaneceram estacionados sobre a região. Imediatamente foi registrado um aumento do número de doenças respiratórias e um excesso de mortes (60 mortes) até dois dias após o início do episódio⁽¹²⁾.

Ao longo dos anos, estas fontes de poluição tem se diversificado em todo o mundo. Nas três últimas décadas tem sido observada o aumento das emissões veiculares, que atualmente é considerada a principal responsável pela poluição atmosférica dos grandes centros urbanos. Esta tem sido relacionada aos níveis de desenvolvimento urbano e industrial de uma região, de forma que, tem sido objeto de estudos em diversos países desenvolvidos.

Países em desenvolvimento, como o Brasil, apresentam cidades com elevado crescimento geográfico, aumentando as emissões de fontes veiculares e industriais, além de possuírem grandes áreas rurais com queima de biomassa (agricultura e uso doméstico), representando riscos de poluição “outdoor”

e “indoor” que expõem diretamente as populações aos efeitos nocivos da poluição atmosférica.

Estudos locais de caracterização do material particulado são cruciais para a identificação de possíveis fontes emissoras e avaliação da exposição humana. Um crescente número de estudos têm investigado os efeitos de $PM_{2.5}$ na saúde. Este indicador foi incorporado em 1977 pelo NAAQS (National Ambient Air Quality Standards), nos Estados Unidos^(11,18,31,47). Existe um interesse cada vez maior em caracterizar as dimensões e formas das partículas que causam efeitos adversos ao sistema respiratório. Entretanto são ainda insuficientes estudos que relacionam a toxicidade da partícula aos eventos adversos de saúde. Conhecer a composição do material particulado que pode conter metais, compostos orgânicos, componentes biológicos, sulfatos, nitratos, acidez e presença de gases adsorvidos tais como ozônio é fundamental para o entendimento da sua toxicidade⁽²³⁾. Alguns estudos têm associado diferentes elementos presentes no MP com mortalidade incluindo Fe, Ni e Zn⁽⁵⁾, nitrato de amônio⁽¹³⁾, monóxido de carbono, carbono elementar e nitratos⁽³⁵⁾.

Em Salvador não existem investigações epidemiológicas locais que relacionem a prevalência de alergias respiratórias com a poluição atmosférica. Estudos revelam uma prevalência de 27,1% de asma⁽⁴³⁾. Considerando que recursos financeiros de grande porte são alocados para controle desta doença⁽¹⁷⁾, faz-se necessário a investigação de fatores de risco ambientais para a adoção de medidas preventivas que possam contribuir para a otimização destes recursos. A carência destes estudos se deve principalmente à falta de informações ambientais, visto que, a cidade de Salvador até então, não oferecia nenhum tipo de monitoramento para avaliar a qualidade do ar que se respira. O monitoramento da qualidade do ar é obrigatório em todo o mundo e têm sido feito através de diversas técnicas, sejam instrumentais ou utilizando biomonitoradores, considerando a disponibilidade de infra-estrutura de cada região. Países desenvolvidos, onde já existem estações de monitoramento automatizadas para o controle da qualidade do ar, o biomonitoramento é utilizado para acompanhar a dispersão de poluentes na atmosfera, e em outras circunstâncias para observar o acúmulo destes poluentes em organismos vivos^(25,4). Em países em desenvolvimento são escassas as estações de monitoramento mecânico. No Brasil, capitais como São Paulo e Rio de Janeiro já apresentam um sistema de monitoramento automatizado e concentram a maioria dos estudos epidemiológicos que relacionam os efeitos da poluição atmosférica^(14,21,41,44). Nestes Estados também tem sido utilizado biomonitoradores como modelo de estudo para quantificação de metais adsorvidos nas partículas atmosféricas^(3,7,45,46,15).

Principais Componentes da Poluição Atmosférica

Segundo resolução CONAMA 03/90, poluente atmosférico é qualquer forma de matéria ou energia com intensidade e em quantidade, concentração, tempo ou características em desacordo com os níveis estabelecidos pela legislação, e que tornem ou possam tornar o ar impróprio, nocivo ou ofensivo

à saúde humana, inconveniente ao bem estar público, danoso aos materiais, à fauna e à flora ou prejudicial à segurança, ao uso e ao gozo da propriedade e às atividades normais da comunidade.

Os poluentes clássicos presentes no ar associados aos efeitos adversos à saúde são: material particulado (MP), dióxido de enxofre (SO_2), dióxido de nitrogênio (NO_2) e ozônio (O_3) e monóxido de carbono (CO)⁽¹⁾. São encontrados outros como por exemplo os hidrocarbonetos e aldeídos.

O MP, que se refere a uma mistura de partículas sólidas ou líquidas suspensas no ar, é o poluente atmosférico mais consistentemente associado aos efeitos tóxicos à saúde. Apresenta uma composição variada de substâncias orgânicas e inorgânicas, sulfatos, nitratos, metais pesados e endotoxinas. O tamanho da partícula, a composição físico-química e o tempo de exposição determinam o grau de risco à saúde. De modo geral, pode-se definir a distribuição do MP como trimodal⁽³⁸⁾, constituída de frações grossas, finas e ultrafinas. O particulado atmosférico de centros urbanos é gerado principalmente pela descarga de veículos a gasolina e diesel, e da poeira originada da erosão de rochas e asfalto.

Padrões Estabelecidos pela Legislação

Com o aumento do número de casos confirmados de efeitos tóxicos de agentes poluidores presentes na atmosfera, surge a preocupação com a regulamentação aplicada às indústrias e o controle da emissão dos poluentes atmosféricos. Os padrões de exposição humana aos poluentes foram implementados a partir de estudos epidemiológicos. Diante desses novos 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 em suspensão (TSP), dióxido de enxofre (SO_2), monóxido de carbono (CO), dióxido de nitrogênio (NO_2), ozônio (O_3) e chumbo (Pb). A fim de efetivar esse controle, criou-se a 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. Em 1990, foram conferidos à EPA poderes para determinar os critérios técnicos de controle das substâncias tóxicas, com base nos seus efeitos à saúde. Vários estudos epidemiológicos e experimentais contribuíram consideravelmente para a implantação desses controles, bem como para a elaboração de manuais de orientação. Porém, ainda que aprimoradas ao longo dos anos, tais medidas de controle não foram suficientes. Em 1991, aproximadamente oitenta e sete milhões de pessoas nos Estados Unidos permaneciam expostas a níveis superiores aos padrões de qualidade do ar estabelecidos pela legislação norte-americana.

Existem padrões internacionais e nacionais para os poluentes atmosféricos seguindo em princípio as normas estabelecidas pelas agências reguladoras locais. Os padrões adotados pelo Brasil são estabelecidos pela legislação do Conselho Nacional de Meio Ambiente CONAMA nº03/90.

Os parâmetros adotados em todo o mundo para quantificação do material particulado são expressos em termos de massa por metro cúbico de ar ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) e consideram o tamanho aerodinâmico das partículas por ser importante parâmetro para caracterizar partículas mais nocivas (PM_{10} - torácica e $\text{PM}_{2,5}$ - respirável). A legislação brasileira, CONAMA n° 03/90 estabelece padrões apenas para material particulado de tamanho aerodinâmico de $10\ \mu\text{m}$ (PM_{10}) que é de $60\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ para média diária. Nas diretrizes da Organização Mundial de Saúde são descritos valores referenciais para PM_{10} e $\text{PM}_{2,5}$, respectivamente $50\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ e $25\ \mu\text{g}/\text{m}^3$, para médias de 24 horas⁽¹⁾. Os valores de referência vem se alterando à medida que novas evidências científicas comprovam efeitos adversos à saúde, numa clara tendência de diminuição das médias.

A qualidade do ar também é influenciada pelas condições meteorológicas que determinam uma maior ou menor concentração de poluentes. Elevadas concentrações podem ocorrer devido a uma disponibilidade maior de elementos tóxicos ou devido a mudanças nas características de dispersão dos poluentes na atmosfera⁽³³⁾. No inverno, a qualidade do ar piora em relação aos níveis de material particulado (MP), óxidos de enxofre (SO_x), óxidos de nitrogênio (NO_x) e monóxido de carbono (CO) devido principalmente as inversões térmicas. Já em relação ao ozônio (O_3), na primavera e no verão, suas concentrações são mais elevadas devido à maior intensidade de luz solar, fator crucial para a geração de O_3 . Desta forma a interação entre os poluentes e a condições meteorológicas (umidade, direção dos ventos, pluviosidade) pode influenciar diretamente sobre a qualidade do ar, que por sua vez determina o surgimento de efeitos adversos sobre os seres vivos.

Uma nova abordagem de controle da contaminação atmosférica surge no Brasil através do Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores (PROCONVE), a partir da década de 80, devido ao crescimento da frota veicular em todo o mundo. No Brasil, houve uma redução em cerca de 97% a emissão de poluentes por veículos novos, desde que o programa foi implantado em 1986, através da Resolução n° 18/86, devido principalmente a introdução de novas tecnologias tais como uso de catalisador, injeção eletrônica de combustível e melhorias da qualidade dos combustíveis automotivos.

Efeitos da Poluição Atmosférica Sobre a Saúde

Desde o evento do *smog* (*smoke + fog*) fotoquímico ocorrido em 1952 em Londres, o tema poluição atmosférica permanece atraindo a atenção de cientistas do mundo inteiro, principalmente por reduzir a expectativa de vida⁽⁵⁾.

Segundo a Organização Mundial de Saúde, as doenças respiratórias agudas e crônicas possuem uma associação às exposições ambientais da ordem de 50% a 60%. Ou seja, de cada dez casos de doenças respiratórias, seis podem estar associados à contaminação ambiental.

Os efeitos da poluição atmosférica são bem conhecidos em todo o mundo. Estima-se que cerca de 600 milhões de habitantes de áreas urbanas no mundo são expostos diariamente a níveis perigosos de poluentes gerados por

veículos⁽⁶⁾. Segundo a OMS, 3 milhões de pessoas morrem anualmente em decorrência dos efeitos da poluição atmosférica. Além de contribuir para o aparecimento e agravamento de doenças respiratórias tais como asma, bronquite, enfisema pulmonar, distúrbio pulmonar obstrutivo crônico; a poluição causa também lesões degenerativas no sistema nervoso central, podem agravar doenças cardíacas, além de ser potencial desencadeador de processos tumorais e mutagênicos, conforme tem sido demonstrado em diversos estudos epidemiológicos e toxicológicos^(14,28,36). Estes eventos contribuem para um elevado custo sócio-econômico com gastos em tratamento de doenças e redução da produtividade.

O aumento descontrolado da poluição do ar e seus impactos na saúde humana sempre foram preocupações de órgãos ambientais e pesquisadores em saúde ambiental. Os agentes modificadores das condições ambientais e da saúde humana estão associados principalmente com a urbanização e processos industriais⁽¹⁰⁾. Áreas urbanas são mais afetadas que áreas rurais, especialmente devido às várias fontes de poluição móveis e estacionárias e, entre as quais se encontra a frota veicular e as indústrias⁽¹⁵⁾.

Nas regiões metropolitanas de Santiago, São Paulo, México e Nova Iorque, onde há um crescimento desordenado tanto industrial, como da frota de veículos automotores, observa-se o aumento dos índices de morbi-mortalidade referente às doenças respiratórias e cardiovasculares⁽⁹⁾.

Em um estudo de coorte realizado na Europa⁽²⁴⁾, encontrou-se associação entre mortalidade causada por doenças respiratórias e cardiovasculares com o local de moradia. Quanto mais próxima, a residência, de vias de grande fluxo de veículos, maior o risco de morte por essas doenças.

Estudos relacionando os efeitos da poluição por queima de biomassa ainda são escassos no Brasil e no mundo, entretanto alguns estudos como o que ocorreu no Acre em 2005, revelou uma forte associação entre a concentração de material particulado desta fonte com doenças respiratórias⁽³⁴⁾. A OMS recomenda que os padrões de $\text{PM}_{2,5}$ não deva exceder níveis acima de $25\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ em médias diárias.

Estudos epidemiológicos sugerem que os sintomas da asma podem ser agravados pelo aumento dos níveis de partículas em suspensão na atmosfera de diâmetros menores ou iguais a $10\ \mu\text{m}$ (PM_{10}), pois estas são respiráveis e podem penetrar pelas vias aéreas inferiores e alvéolos pulmonares⁽⁵⁰⁾.

Em um estudo experimental histopatológico, utilizando material de necrópsia de indivíduos que residiam em áreas com elevada concentração de partículas inaláveis na região metropolitana de São Paulo, foram observadas alterações pulmonares evidenciando que a exposição prolongada à poluição atmosférica leva a uma inflamação das vias aéreas⁽⁴³⁾.

A resposta asmática, embora de natureza complexa, poderia ser amplificada com a exposição à PM_{10} devido à capacidade pró-inflamatória com subsequente dano tecidual, aumentando translocação de antígenos e células imunes, estimulação neurogênica com aumento da contração da musculatura lisa, estimulação direta de mediadores lipídicos e muco, que

contribuem para o estreitamento e obstrução das vias aéreas⁽¹²⁾. As partículas finas são conhecidas por provocar inflamação pulmonar, podendo causar exacerbações de doenças pulmonares e aumento da coagulabilidade⁽⁴²⁾.

Os mecanismos que desencadeiam lesão pulmonar após exposição às partículas do ar não são bem conhecidos. Acredita-se que sejam estimulados por partículas ultrafinas, agentes biológicos (ex.: endotoxinas), aerossóis, ácidos e hidrocarbonetos poliaromáticos, presentes no componente orgânico da partícula. Um potencial mecanismo da lesão para o tecido humano após exposição às partículas de poluição atmosférica é através da geração de radicais livres pelos metais⁽²⁰⁾. O estresse oxidativo catalisado pelos metais presentes no material particulado do ar pode resultar na ativação de fatores de transcrição como fator nuclear (NF)- κ b⁽²⁹⁾. Uma possível consequência da exposição do particulado é o aumento da síntese de mediadores que resultaria em lesão inflamatória no pulmão. Estes mediadores pró-inflamatórios estimulam outros genes que possuem (NF)- κ b ligando sítios em suas regiões promotoras, produzindo interleucinas IL-8, IL-6 e fator de necrose tumoral (TNF α)⁽²⁰⁾.

Vigilância em Saúde Relacionada à Qualidade do Ar

Embora a poluição atmosférica represente um problema de saúde pública, ainda estamos caminhando para os primeiros passos de um programa institucionalizado que consiga implementar ações de intersetorialidade, envolvendo instituições de saúde e meio ambiente bem como representantes da esfera governamental e acadêmica.

O Ministério da Saúde vem adotando ações que visam a prevenção de agravos à saúde relacionados à qualidade do ar, através de um Programa de Vigilância em Saúde e Qualidade do Ar – VIGIAR, a ser implementado pelos municípios (inicialmente em regiões metropolitanas e industriais), propondo um modelo de vigilância baseado em ações intersetoriais e interdisciplinares. Este programa foi formulado como parte da Vigilância em Saúde Ambiental que é parte integrante do Subsistema Nacional de Vigilância em Saúde Ambiental (SINVSA), cabendo à Secretaria de Vigilância em Saúde (SVS), por meio da Coordenação Geral de Vigilância em Saúde ambiental (CGVAM) a estruturação e gestão do sistema. A estruturação da Vigilância em Saúde relacionada à Qualidade do Ar no Brasil possibilita a criação de um programa com ações hierarquizadas e sistêmicas de vigilância da morbidade e da mortalidade relacionada à contaminação atmosférica, com base teórica e conceitual definida e que seja capaz de promover ações de saúde, bem como influenciar setores públicos (municipal, estadual e federal) e privados, em particular o setor ambiental, com o objetivo de evitar que as pessoas adoçam. A questão da poluição do ar, a pelo menos três décadas, vem gerando apreensão nos habitantes das principais áreas metropolitanas brasileiras. Em 2002, o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE conduziu a Pesquisa de Informações Básicas Municipais, apresentando o Perfil dos

Municípios Brasileiros no que tange à questão ambiental. Um dos resultados dessa pesquisa aponta que 22% dos 5.560 municípios do país, ou seja, 1.224 do total, informaram a ocorrência de poluição do ar frequente e impactante, tendo como origem diferentes causas. O levantamento de indicadores ambientais constitui um requisito fundamental para a realização de estudos epidemiológicos locais de exposição à poluição atmosférica, bem como para a elaboração de políticas públicas que visem o controle da emissão dos poluentes.

O VIGIAR tem como desafios metodológicos a serem superados a identificação dos grupos populacionais expostos à poluição atmosférica e avaliação do risco a que estas populações estão submetidas. O primeiro passo para o cumprimento desta meta, constitui-se no desenvolvimento de metodologia para a identificação e mapeamento das 4AS (Áreas de Atenção Ambiental Atmosférica de interesse à Saúde). Entre os fatores a serem considerados nessa metodologia, destacam-se as características geográficas e sazonais, tipo(s) de atividade(s) predominante(s), tipos de poluentes emitidos, distribuição especial e temporal da pluma de contaminação ou do gradiente de contaminação, velocidade e direção dos ventos e sua influência sobre a dispersão dos poluentes da localidade⁽³²⁾.

A Intersetorialidade

A intersetorialidade é a articulação entre sujeitos de setores sociais diversos e, portanto, de saberes, poderes e vontades diversos, para enfrentar problemas complexos. É uma nova forma de trabalhar, de governar e de construir políticas públicas que pretende possibilitar a superação da fragmentação dos conhecimentos e das estruturas sociais para produzir efeitos mais significativos na saúde da população. As ações de intersetorialidade estão contempladas na Instrução Normativa nº1/2005 da SVS.

A implementação de uma proposta de intersetorialidade tem como base uma reflexão crítica à fragmentação produzida pela racionalidade cientificista, predominante na maneira de pensar e organizar o mundo. Essa crítica atualmente produz mais eco e tem maior capacidade de estimular alternativas porque o mundo foi se transformando, se tornando mais complexo, produzindo problemas e novas situações que o conhecimento especializado e fragmentado não tem capacidade para explicar e nem a ação setorial isolada tem capacidade de resolver⁽²⁾.

Ações de Intersetorialidade em Salvador

A cidade de Salvador representa uma das cidades mais populosas do Brasil, com a maior frota de veículos do nordeste, o maior polo petroquímico da América Latina, e até recentemente não havia nenhum tipo de monitoramento contínuo da qualidade do ar, o que inviabilizava a realização de estudos epidemiológicos para investigar os efeitos da poluição atmosférica sobre a saúde da população, bem como a implementação do VIGIAR, preconizado pelo Ministério da Saúde.

Em função disso algumas ações foram conduzidas buscando articular os setores de saúde, ambiente e pesquisa. A partir de uma reunião, em outubro de 2005, com a participação de representantes da Vigilância em Saúde Ambiental de Salvador, Superintendência do Meio Ambiente, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Fiocruz-BA e Universidade Federal da Bahia, ficou inicialmente estabelecido parcerias para a realização de estudos capazes de levantar indicadores ambientais relacionados à poluição atmosférica. Nesta ocasião foi apresentada uma proposta de estudo para o monitoramento da qualidade do ar em Salvador, constituindo um marco para o início das ações de intersetorialidade.

Existem alguns pontos críticos na determinação destes indicadores ambientais no que concerne a utilização de métodos eficazes para a quantificação de poluentes atmosféricos, os quais dependem necessariamente de elevados investimentos financeiros, para a aquisição de equipamentos, ainda limitantes em nosso meio. Desta forma na tentativa de levantar um indicador ambiental, utilizando uma ferramenta alternativa ao método mecânico, foi proposto um estudo de biomonitoramento. O modelo de biomonitor utilizado para acessar metais no material particulado presente na atmosfera urbana de Salvador foi a *Tillandsia usneoides*, conhecida popularmente como “falsa barba de velho” ou “barba de bode”, por ser um método eficaz, de baixo custo, bem como por permitir a avaliação em diversos locais concomitantemente, sendo estes resultados comparáveis. Foram monitorados sete pontos localizados nos bairros de Brotas, Dique do Tororó, Comércio, Subúrbio Ferroviário, Barra, Pituba e Stela Mares, em duas estações do ano, verão e inverno 2005/2006. Este estudo permitiu a caracterização morfológica e elementar do material particulado, onde foi possível quantificar os níveis de metais (Pb, Cd, Fe, Zn, Cr, Mn e Cu) nas partículas retidas pelo biomonitor nos sete bairros estudados. Foi constatado níveis elevados de contaminação por metais quando comparados com áreas controles. Além disso, foi verificado nas amostras estudadas, por método de microscopia eletrônica de varredura, uma proporção de 60% de particulado fino (MP2,5 e MP10), passíveis de inalação pelo ser humano⁽⁴⁹⁾. O biomonitoramento tem sido utilizado por diversos pesquisadores em todo o mundo^(3,7,4,37,25,15) e constitui numa ferramenta alternativa ao método mecânico para a detecção de poluentes atmosféricos por permitir estudos de caracterização do particulado, mapeamento e dispersão de metais na atmosfera. O monitoramento deve ser instituído de forma contínua e quanto maior o número de amostragens maior a possibilidade de interpretação dos resultados. No entanto, o biomonitoramento não permite uma quantificação de partículas por metro cúbico de ar. Para estudos mais robustos de exposição humana é necessário combinar medidas diárias de avaliação ambiental para outros poluentes clássicos, tais como, o dióxido de nitrogênio (NO₂) e ozônio, bem com a utilização de instrumentos mecânicos. Por outro lado, a Organização Mundial de Saúde incentiva a validação de métodos

alternativos, considerando a possibilidade de utilização em larga escala para localidades de difícil acesso e baixos recursos financeiros⁽¹⁾.

Uma das formas de se estabelecer o diálogo entre os setores responsáveis pela ação intersetorial é a realização de fóruns que tem como objetivo consolidar as parcerias e discutir os avanços das ações. Neste sentido foi realizado o I Workshop de Poluição Atmosférica e Saúde Humana, em outubro de 2006, com a participação dos setores envolvidos e a comunidade para discutir os resultados da ação proposta para Salvador, bem como suas perspectivas.

Dando continuidade a articulação já estabelecida entre os órgãos de saúde, meio ambiente e instituições de pesquisa, outras ações foram demandadas na gestão pública, a exemplo do monitoramento da poluição atmosférica no circuito do carnaval nos anos de 2007 e 2008. Neste estudo foi utilizado uma combinação de técnicas com equipamentos mecânicos para medir o material particulado gerado pela emissão dos motores movidos a diesel, além do biomonitoramento. Foram detectados níveis de material particulado muito acima dos padrões da OMS no circuito do carnaval (*abstract SETAC North America*). O levantamento destes indicadores ambientais podem permitir a investigação dos surtos de doenças respiratórias após o período carnavalesco.

Perspectivas

Considerando as etapas necessárias para a implementação da Vigilância em Saúde Ambiental relacionada à Qualidade do Ar em Salvador, de acordo com as diretrizes deste programa, faz-se necessário ainda: 1) conhecer a situação de saúde da população frente às alergias respiratórias e a poluição atmosférica, por meio de estudos epidemiológicos locais; 2) identificar e mapear as Áreas de Atenção Ambiental de interesse para a saúde – 4AS; 3) avaliar o risco a que estão submetidos as populações expostas aos poluentes atmosféricos; 4) implantar Unidades Sentinela em localidades consideradas prioritárias. Algumas destas ações já estão em fase de pactuação com os dirigentes locais.

Diante das ações desenvolvidas desde 2005, tendo como instituição articuladora a Vigilância em Saúde Ambiental da Secretaria Municipal de Saúde de Salvador, foram identificados e mobilizados atores das diversas esferas acadêmica e governamental no sentido de manter a abordagem interdisciplinar e estimular a intersetorialidade para promover ações mitigadoras que por sua vez possam auxiliar na tomada de decisões para as políticas públicas de saúde e controle das fontes poluidoras.

Portanto toda ação que possibilite levantar indicadores ambientais e de saúde serão cruciais para a realização de futuros estudos que permitam avaliar localmente o real impacto da poluição sobre as alergias respiratórias. Para isso a formação de grupos de trabalho interdisciplinares deverá ser estimulada.

Agradecimentos

Os autores agradecem a colaboração das instituições:

Secretaria Municipal de Saúde de Salvador, Secretaria de Meio Ambiente do Estado da Bahia, Fiocruz-BA, UFBA, UFRJ e USP.

Referências

1. Air Quality Guidelines, global update 2005. World Health Organization, Europe.
2. Akerman M. A construção de indicadores compostos para os projetos de cidades saudáveis: um convite para um pacto transtetorial in Mendes, E. V. (org) "A organização da saúde em nível local", 2006.
3. Amado Filho GM, Andrade LR, Farina M, Malm O. Hg localization in *Tillandsia usneoides* L. (Bromeliaceae), an atmospheric biomonitor. *Atmospheric Environment* 36, 881-887, 2001.
4. Brighigna L, Papini A, Most S, et al. The use of tropical bromeliads (*Tillandsia* spp) for monitoring atmospheric pollution in the town of Florence, Italy. *Revista de biologia Tropical* 50:574-584, 2002.
5. Burnett RT, Brook J, Dann T, et al. Association between particulate- and gasphase components of urban air pollution and daily mortality in eight Canadian cities. *Inhal Toxicol* 12:S15-39, 2000.
6. Cacciola RR, Sarva M, Polossa R. Adverse Respiratory effects and allergic susceptibility in relation to particulate air pollution: flirting with disaster. *Allergy*; 57: 281-6, 2002.
7. Calasans CF, Malm O. Elemental mercury contamination survey in a chlor-alkali plant by the use of transplanted Spanish moss, *Tillandsia usneoides* L. *Science of the Total Environment* 208: 165-177, 1997.
8. Castro HA, Gouveia N, Escamilla-Cejudo JA. Questões metodológicas para investigação dos efeitos da poluição do ar na saúde. *Revista Brasileira de Epidemiologia*, 6: 135-149, 2003.
9. Cifuentes L, Borja-Aburto VH, Gouveia N, et al. Assessing the health benefits of urban air pollution reductions associated with climate change mitigation (2000-2020): Santiago, São Paulo, Mexico City and New York City. *Environmental Health Perspectives*. 109(3):419-425, 2001.
10. Di Giulio RT, Benson WH. Interconnections between human health and ecological integrity. SETAC, United States of America, 2002.
11. Dominici F, Peng RD, Bell ML, et al. Fine particulate air pollution and hospital admission for cardiovascular and respiratory diseases. *JAMA* 295:1127-1134, 2006.
12. Donaldson K, Gilmour M, MacNee W. Asthma and PM 10. *Respiratory Research*, 1:12-15, 2000.
13. Fairley D. Daily mortality and air pollution in Santa Clara County, California: 1989-1996. *Environ Health Perspect* 107:637-641, 1999.
14. Farhat SCL, Paulo RLP, Shimoda TM, et al. Efect of air pollution on pediatric respiratory emergency room visits and hospital admissions. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, 38: 227-35, 2005.
15. Figueiredo AMG, Nogueira SA, Saiki M, et al. Assesment of atmospheric metallic pollution in the metropolitan region of São Paulo, Brazil, employing *Tillandsia usneoides* L. as biomonitor. *Environmental Pollution* 145:279-292, 2007.
16. Fircket J. Sur les causes des accidents survenus dans la vallée de la Meuse, lors des brouillards de décembre 1930. *Bull Acad R Med Belg*. 11:683-741, 1931.
17. Franco R, Nascimento HF, Santos AC, et al. Análise de custo efetividade do Proar – um programa modelo para controle da asma grave. 78:1(jan-jun):3-10, 2008.
18. Franklin M, Zeka A, Schwartz J. Association between PM2.5 and all-cause and specific-cause mortality in 27 US communities. *J Expo Sci Environ Epidemiol* 17:279-287, 2007.
19. Gavett SH, Koren HS. The role of particulate matter in exacerbation of atopic asthma. *Arch Allergy Immunol* 124:109-112, 2001.
20. Ghio AJ, Stonehuerner J, Dailey LA, Carter JD. Metals associated with both the water-soluble and insoluble fractions of an ambient air pollution particle catalyze an oxidative stress. *Inhal Toxicol* 1999;11:37-49, 1999.
21. Guimarães ET, Domingos M, Alves ES, et al. Detection of the genotoxicity of air pollutants in and around the city of S-ao Paulo (Brazil) with the Tradescantia-micronucleus (Trad-MCN) assay. *Environ. Exp. Bot.* 44, 1e 8, 2000.
22. Han X, Naeher LP. A review of traffic-related air pollution exposure assessment studies in the developing world. *Environment International*; 37: 1-15, 2005.
23. Health Effects Institute. Understanding the Health Effects of Components of the Particulate Matter Mix: Progress and Next Steps. Cambridge, MA:Health Effects Institute, 2002.
24. Hoek G, Brunekreef B, Goldbohm S, Fischer P, van den Brandt PA. Association between mortality and indicators of traffic-related air pollution in the Netherlands: a cohort study. *Lancet* 360(9341):1203-9. Comment in: *Lancet*. 2002;360(9341):1184-5. *Lancet*. 2003;361(9355): 430; author reply 430, 2002.
25. Husk GI, Weishampel JF, Schlesinger WH. Mineral dynamics in Spanish moss, *Tillandsia usneoides* L (Bromeliaceae) from Central Flórida, USA. *Science of the total environment* 321:165-172, 2003.
26. IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. www.ibge.gov.br. Acessado em 01/04/2006.
27. Instrução Normativa nº 1 de 07 de março de 2005. Secretaria de Vigilância em Saúde www.portal.saude.gov.br acessado em 05.07.2008.
28. Ishii H, Hayashi S, Hogg CH, et al. Alveolar macrophage-epithelial cell interaction following exposure to atmospheric particles induces the release of mediators involved in monocyte mobilization and recruitment. *Respiratory Research*, 6:87-98, 2005.
29. Kennedy T, Ghio AJ, Reed W, et al. Cooper-dependent inflammation and nuclear factor-kB activation by particulate air pollution. *Am. J. Respir. Cell Mol. Biol.* 19:366-378, 1998.
30. Kusaka Y, Sato K, Saganuma N, Hosoda Y. Metal-induced lung disease: lesson's from Japan's experience. *Journal of Occupational Health*, 43:1-23, 2001.
31. Laden F, Neas LM, Dockery DW, Schwartz J. Association of fine particulate matter from different sources with daily mortality in six U.S. cities. *Environ Health Perspectives* 108:941-947, 2000.
32. Leal APPR, Linhares ACS, Santos CM, et al. Programa Nacional de Vigilância em Saúde Ambiental Relacionada à Qualidade do Ar: Resultados e Desafios Metodológicos. XI Congresso Mundial de Saúde Pública, XIII Congresso Nacional de Saúde Coletiva. Rio de Janeiro, Brasil. 21 a 25 de agosto de 2006.
33. Lipfert FW. Air pollution and community health: a critical review and data sourcebook. Ed. Wiley, United States of America, 1994.
34. Mascarenhas MDM, Vieira LC, Lanzieri TM, et al. Air Pollution and Respiratory Disease Emergency Room Visits in Rio Branco Municipality, Brazil, Setembro de 2005, *Jornal Brasileiro de Pneumologia*, 2005.
35. Ostro B, Feng WY, Broadwin R, Green S, Lipsett M. The effects of components of fine particulate air pollution on mortality in California: results from CALFINE. *Environ Health Perspect* 115:13-19, 2007.
36. Oyana TJ, Rivers PA. Geographic variations of childhood asthma hospitalization and outpatient visits and proximity to ambient pollution sources at a U.S. – Canadá border crossing. *International Journal of health Geographics*, 4: 4-14, 2005.
37. Pignata ML, Gudivo GL, Wannaz ED, et al. Atmospheric quality and distribution of heavy metals in Argentina employing *Tillandsia capillaris* as biomonitor. *Environmental Pollution* 120:59-68, 2002.
38. Pope C A III, Burnett RT, Thun MJ, et al. Lung cancer, cardiopulmonary mortality, and long term exposure to fine particulate air pollution. *Journal of American Medical Association.*, 287(9): 1132-1141, 2002.
39. Programa VIGIAR. Ministério da Saúde, Sistema Nacional de Saúde em Vigilância Ambiental. www.portal.saude.gov.br, acessado em 05.07.2008.

40. Quay JL, Reed W, Samet J, Devlin RB. Air pollution particles induce IL-6 gene expression in human airway epithelial cells via NF- κ B activation. *Am. J. Respir. Cell Mol. Biol.* 19:98-106, 1998.
41. Saldiva PHN, Clarke RW, Coull BA, et al. Lung inflammation induced by concentrated ambient air particles is related to particle composition. *American Journal Respiratory Critical Care* 165:1610-1617, 2002.
42. Seaton A, Soutar A, Crawford V, et al. Particulate air pollution and the blood. *Thorax* 54, 1027-1032, 1999.
43. Souza MB, Saldiva PHN, Pope AC, Capelozzi VL. Respiratory changes due to long-term exposure to urban levels of air pollution- a histopathologic study in humans. *CHEST* 113:1312-1318, 1998.
44. Solé D, Yamada E, Vana AT, et al. International study of asthma and allergies in childhood (ISAAC): Prevalence of asthma and asthma-related symptoms among Brazilian schoolchildren. *J Invest Allergol Clin Immunol* 2001; 11: 123-8, 2001.
45. Sumita NM, Saiki M, Saldiva PHN, Figueiredo AMG. Analysis of tradescantia pallida plant exposed in different sites for biomonitoring purposes. *J. Radioanal. Nucl. Chem.*, 259:109-11, 2004.
46. Sumita NM, Mendes ME, Macchione M, et al. Tradescantia pallida cv. purpurea Boom in the Characterization of Air Pollution by Accumulation of Trace Elements. *J. Air & Waste Manage. Assoc.* 53:574-579, 2003.
47. Schwarze PE, Ovreik J, Låg M, et al. Particulate matter properties and health effects: consistency of epidemiological and toxicological studies. *Hum Exp Toxicology* 10:559-79, 2006.
48. van Eeden SF, Tan WC, Suwa T, et al. Cytokines involved in the systemic inflammatory response induced by exposure to particulate matter air pollutants (PM10). *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* 164:826-830, 2001.
49. Vianna NA. Caracterização do material particulado proveniente da poluição atmosférica urbana em Salvador, BA (dissertação de mestrado). Salvador: Universidade Federal da Bahia, 2007.
50. Xu X, Gao J, Dockery DW, Chen Y. Air pollution and daily mortality in residential areas of Beijing, China. *Arch Environ Health* 49:216-222, 1994.