

AVALIAÇÃO DE IMPACTO À SAÚDE DA POLUIÇÃO DO AR NO MUNICÍPIO DE DIADEMA, BRASIL

HEALTH IMPACT ASSESSMENT OF AIR POLLUTION IN THE CITY OF DIADEMA, BRAZIL

Laiana Tamion da Silva

Graduanda em Engenharia pela Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP) – São Paulo (SP), Brasil.

Karina Camasmie Abe

Biomédica, Mestre e Doutora pela UNIFESP - São Paulo (SP), Brasil.

Simone Georges El Khouri Miraglia

Engenheira e Mestre pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (USP). Doutora e Pós-doutora pela Faculdade de Medicina da USP - São Paulo (SP), Brasil.

Endereço para correspondência:

Simone Georges El Khouri Miraglia – Instituto de Ciências Ambientais, Químicas e Farmacêuticas (ICAQF), Laboratório de Economia, Saúde e Poluição Ambiental, UNIFESP – Rua São Nicolau, 210, 4º andar – 09913-030 – Diadema (SP), Brasil – E-mail: miraglia@terra.com.br

Recebido: 18/05/2016

Aceito: 21/09/2017

RESUMO

O presente estudo objetivou avaliar cenários preditivos de diminuição da poluição atmosférica considerando uma abordagem de Avaliação de Impacto à Saúde (AIS) no município de Diadema, Brasil, assim como os custos associados. Os poluentes analisados foram o material particulado de até 2,5 e de até 10 μm ($\text{MP}_{2,5}$ e MP_{10} , respectivamente) e o ozônio (O_3), entre os anos de 2012 e 2014. O cenário com redução dos níveis de $\text{MP}_{2,5}$ destacou-se dos demais, mostrando que seria possível evitar até 100 óbitos anuais, resultando num ganho de 16,4 meses de expectativa de vida e uma economia de mais de US\$ 527 milhões. Esses resultados obtidos para o município de Diadema revelam a importância de ações preventivas e políticas de controle da poluição atmosférica, impactando nos efeitos à saúde e à economia da região. Esse modelo pode ser aplicado em outros municípios brasileiros, colaborando para a melhor tomada de decisão e eficiência na utilização dos recursos públicos.

Palavras-chave: doenças cardiovasculares; doenças respiratórias; material particulado; ozônio; custos de saúde; qualidade do ar.

ABSTRACT

The present study aimed to evaluate predictive scenarios for air pollution reduction considering a Health Impact Assessment (HIA) approach in the city of Diadema, Brazil, as well as the associated costs. The pollutants analyzed were particulate matter up to 2.5 and up to 10 μm ($\text{MP}_{2,5}$ and MP_{10} , respectively) and ozone (O_3), between the years of 2012 and 2014. The scenario with $\text{MP}_{2,5}$ reduction levels stood out from the rest, showing that it would be possible to avoid up to 100 deaths per year, resulting in a 16.4-month life expectancy gain and savings of more than \$ 527 million. These results obtained for the municipality of Diadema reveal the importance of preventive actions and policies to control air pollution, affecting the health and economy of the region. This model can be applied in other Brazilian municipalities, contributing to a better decision-making and efficiency in the use of public resources.

Keywords: cardiovascular diseases; respiratory diseases; particulate matter; ozone; health costs; air quality.

INTRODUÇÃO

Diversos estudos epidemiológicos têm mostrado a associação entre a exposição a poluentes do ar, como o material particulado de até 2,5 e de até 10 μm ($\text{MP}_{2,5}$ e MP_{10} , respectivamente) e o ozônio (O_3), com doenças cardiovasculares e respiratórias. Nesse contexto, padrões de qualidade do ar foram estabelecidos a fim de se controlar a poluição atmosférica e evitar os efeitos adversos na saúde pública.

Os Padrões de Qualidade do Ar (PQAr), segundo publicação da Organização Mundial da Saúde (OMS) de 2005, podem variar dependendo da abordagem utilizada, porém sempre com a finalidade de que sejam estabelecidos de forma a atingir concentrações mínimas possíveis, visando à saúde pública e limitações locais. Dessa forma, para sua determinação, são considerados fatores de risco à saúde e econômicos, além de aspectos políticos e sociais, estes dependentes do nível de desenvolvimento e da capacidade nacional de gerenciamento da qualidade do ar (CETESB, 2015).

A poluição do ar é um problema global: foi a quarta maior causa de morte no mundo em 2013 (WORLD BANK GROUP, 2016). As principais doenças associadas à poluição do ar são cardiovasculares (POPE *et al.*, 2004) e respiratórias, como a asma e a bronquite (PEREZ *et al.*, 2013). Os principais poluentes atmosféricos que servem como indicadores da qualidade do ar e estão associados a efeitos na saúde são dióxido de enxofre (SO_2), material particulado (MP), monóxido de carbono (CO), O_3 , hidrocarbonetos totais e óxido de nitrogênio (NO_x), que estão relacionados às emissões veiculares e às emissões industriais (CETESB, 2015).

No Brasil, o atual cenário da poluição do ar requer medidas complementares que viabilizem a redução da concentração dos poluentes atmosféricos. Em um estudo feito para o município de São Paulo, estimou-se que se os valores de referência da OMS (2005) para o $\text{MP}_{2,5}$ fossem atingidos no município, haveria o ganho de mais de 266 mil anos de vida, representando uma economia de mais de US\$ 15 bilhões de dólares anuais (ABE; MIRAGLIA, 2016). Em outro estudo, considerando 29 capitais brasileiras, estimaram-se perdas monetárias na ordem de US\$ 1,7 bilhões de dólares anuais relacionadas à poluição do ar (MIRAGLIA; GOUVEIA, 2014).

Os estudos que relacionam efeitos adversos da poluição atmosférica na saúde pública consistem basicamente de estudos epidemiológicos de caráter retrospectivo. Essas pesquisas evidenciam principalmente os efeitos em termos de aumento do número de morbidade e mortalidade associados a incrementos de concentração de poluentes por meio de modelos de Poisson (COSTA *et al.*, 2017; LI *et al.*, 2017; RENZI *et al.*, 2013; VIDALE *et al.*, 2017; MACINTYRE *et al.*, 2016). O prejuízo em termos de custos de saúde derivados desse aumento de mortes e doenças devido à poluição do ar é conduzido por modelos de valoração econômica. Essas abordagens são realizadas em etapas distintas. Estudos prospectivos com cenários preditivos são menos frequentes (BROOME *et al.*, 2015; MARZOUNI *et al.*, 2017; ABE; MIRAGLIA, 2016), porém esses modelos podem se valer de abordagens similares, cujos resultados são posteriormente valorados a fim de prover a dimensão econômica do impacto em saúde gerado. Avaliações de impacto em saúde que consideram essa análise de forma integrada podem conferir uma visão mais abrangente e um diferencial no processo analítico.

A maioria dos estudos se concentra no município de São Paulo, que possui a maior frota automotiva do Brasil, com mais de 15 milhões de veículos estimados para o ano de 2014 (CETESB, 2015). No entanto, há também interesse crescente na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), que inclui outros municípios adjacentes, como Diadema, na área denominada de Grande ABC Paulista (que também engloba os municípios de Santo André, São Bernardo do Campo, São Caetano do Sul, Mauá, Ribeirão Pires e Rio Grande da Serra). Essa cidade possui cerca de 386.089 habitantes com uma área aproximada de 30,8 km^2 (IBGE, 2010). Sua economia baseia-se, principalmente, no setor de prestação de serviços, tendo a indústria e o comércio como importantes atividades econômicas. Abrange mais de 1.300 indústrias, predominando os setores químico, metalúrgico, alimentício, de bebidas, de borracha, de papel, de madeira, entre outros (SECRETARIA DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E TRABALHO, 2014).

Visto que a poluição atmosférica pode ser conduzida a grandes distâncias antes de atingir o nível do solo (ELSOM, 1989), e por ser um município adjacente ao

município de São Paulo, Diadema pode receber grande quantidade de poluentes aéreos originários de seus próprios limites e de cidades próximas. Por isso, a utilização de metodologias de Avaliação de Impacto à Saúde (AIS) é necessária para a confecção de recomendações que auxiliem a melhor tomada de decisão a respeito da saúde da população exposta ao risco ambiental (ABE; MIRAGLIA, 2017). No Brasil, existe um guia de aplicação dessa metodologia, publicado pelo Ministério da Saúde (BRASIL, 2014). Além disso,

ela já foi aplicada em outros estudos na área da poluição atmosférica (PASCAL *et al.*, 2013; ABE; MIRAGLIA, 2016; KOWALSKI *et al.*, 2016). No entanto, não existem no país pesquisas de AIS envolvendo poluição do ar e custos associados para Diadema; dessa forma, o presente estudo objetivou utilizar a metodologia de AIS para a construção de cenários preditivos de diminuição da poluição do ar, com os consequentes ganhos financeiros e em saúde cardiorrespiratória da população desse.

OBJETIVO

O presente estudo teve como objetivo avaliar cenários preditivos de poluição atmosférica, considerando uma

abordagem de AIS no município de Diadema, Brasil, e os custos associados.

METODOLOGIA

Caracterização do município de Diadema

A cidade conta com um relevo acidentado, com pequenas colinas e morretes alongados, caracterizado por poucas áreas planas, segundo o site oficial da Prefeitura de Diadema. O clima é quente e temperado, considerado subtropical mesotérmico (CLIMATE DATA, 2016), tipo Cfb, significando clima temperado com verão ameno, na classificação climática de Köppen-Geiger (ÁLVARES *et al.*, 2014). Em Diadema, a temperatura média anual é de 17,8°C e a pluviosidade média anual é de 1.496 mm. Segundo o censo demográfico do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) de 2010, o município ocupa uma área aproximada de 30.796 km² e sua população é formada por 386.089 habitantes, resultando numa densidade demográfica de 12.519 habitantes/km².

Entre os anos 2000 e 2010, a população do município teve crescimento de 8,13%, o que representa taxa de crescimento médio anual de 0,78%. De acordo com os dados do IBGE (2010), nesse mesmo período a pirâmide etária de Diadema sofreu uma mudança em sua aparência, com estreitamento da base gerado pelo fato de que a população envelheceu e a taxa de natalidade foi reduzida. Segundo o Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil (2013), no ano de 2010, a expectativa de vida na cidade era de 75,7 anos; no ano de 2000, o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) era de 0,664 e passou para 0,757 em 2010, su-

perando o IDH da Unidade Federativa (UF), que era de 0,727.

Segundo o IBGE (2014), em 2013 o Produto Interno Bruto (PIB) de Diadema era de R\$ 13.428.096,00 — o 56º maior do Brasil; já o PIB *per capita* a preços correntes era de R\$ 33.015,67. Por se tratar de uma área urbana, sua economia tem pouca relevância no setor primário, e apresenta como principal fonte de renda o setor de prestação de serviços, tendo a indústria e o comércio como importantes atividades econômicas.

Segundo dados da Prefeitura de Diadema (2009), a divisão do setor de trabalho no ano de 2010 era constituída de maneira que a maior parcela da população ativa correspondia a atividades relacionadas à indústria de transformação. Em seguida, as atividades de comércio e reparação de veículos automotores e motocicletas correspondiam a 14,75% da população; os serviços domésticos, a 6,33%; e as atividades administrativas e os serviços complementares, a 5,44%. Por fim, a menor porcentagem, 3,51%, referia-se aos trabalhadores de atividades relacionadas à saúde humana e aos serviços sociais.

Em 2010, a População em Idade Ativa (PIA), composta por pessoas com 10 anos ou mais, contabilizava 328.590 indivíduos, correspondendo a 85,11% do total de habitantes do município. Em 2010, 84,08% da População Economicamente Ativa (PEA) de Diadema

era composta de empregados e 13,88% de pessoas que trabalhavam por conta. Apenas 0,87% eram empregadores. Em relação ao rendimento médio salarial, 48,87% da população ativa de Diadema recebe entre 1 e 2 salários mínimos, e somente 6,03% possui rendimentos acima de 5 salários mínimos.

Dados utilizados

A AIS foi realizada para o município de Diadema utilizando o modelo APHEKOM (*Improving knowledge and communication for decision making on air pollution and health in Europe*), que já foi utilizado em diversas cidades europeias e, recentemente, adaptado para o município de São Paulo, com o intuito de melhorar a tomada de decisão em relação à poluição do ar (PASCAL *et al.*, 2016; ABE; MIRAGLIA, 2016; CHANNEL *et al.*, 2016; PASCAL *et al.*, 2013). Para esse modelo, foram utilizados dados populacionais e dados de concentração dos poluentes atmosféricos em bases diárias de $MP_{2,5}$, MP_{10} e O_3 , para o período compreendido entre 2012 a 2014, devido à necessidade de análise de trinca de anos. A escolha do período se baseou na disponibilidade mais recente de dados de saúde e poluentes.

Os dados da saúde foram baseados em dados anuais de população total, em taxas de mortalidade e morbidade por doenças cardiovasculares e respiratórias, mortalidade por causas não externas e mortalidade total. Essas informações foram coletadas de bancos de dados públicos, disponíveis nos sites do

Em relação ao sistema de saúde, segundo dados de 2009 do IBGE, Diadema possuía 77 estabelecimentos de saúde, sendo 49 privados e 28 públicos (IBGE, 2009). Alguns dados de mortalidade e morbidade devido a determinadas doenças (respiratórias e cardiovasculares) são mostrados na Tabela 1.

Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde (DATASUS) e do IBGE (BRASIL, 2016a; BRASIL, 2016b; IBGE, 2010). Os dados de mortalidade foram selecionados pela principal causa de morte; já os dados de hospitalização referem-se somente aos hospitais públicos.

Na área de estudo em Diadema, os dados foram fornecidos pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), que conta com apenas uma estação de monitoramento da qualidade do ar, localizada na região central da cidade, que monitora níveis de O_3 e de MP_{10} . Os valores obtidos na estação central foram considerados como indicativo do *status* de toda a cidade.

Na central de monitoramento de Diadema, as concentrações dos poluentes são fornecidas em $\mu\text{g}/\text{m}^3$. A concentração de O_3 foi monitorada pelo método de referência padrão de absorção ultravioleta (CETESB, 2015). O indicador de exposição do O_3 foi a média diária máxima de 8 horas. Em relação às medições de MP_{10} , a estação de monitoramento utilizou o mé-

Tabela 1 – Número médio anual de internações por causas cardíacas e respiratórias e mortalidade cardíaca no período de 2012 a 2014 em Diadema, Brasil.

Resultado de saúde	CID9	CID10	Idade	Número médio anual	Taxa anual por 100.000 habitantes
Mortalidade não externa	< 800	A00-R99	Todas	1.446	359
Hospitalizações cardíacas	390-429	I00-I52	Todas	394	98
Hospitalizações respiratórias	460-519	J00-J99	15 – 64	78	19
Hospitalizações respiratórias	460-519	J00-J99	> 65	138	34
Hospitalizações respiratórias	460-519	J00-J99	Todas	223	55

CID: Classificação Internacional de Doenças.

todo de radiação beta, com valores de médias diárias das concentrações do poluente no ar. Para essa estação de monitoramento, as medições de $MP_{2,5}$ não estavam disponíveis; dessa forma, estimou-se a concentração de $MP_{2,5}$ a partir dos valores diários de

Modelo APHEKOM

O modelo APHEKOM estima os impactos sobre a saúde ocasionados pela poluição do ar, gerando cenários preditivos a partir de reduções da média anual por um montante fixo e da média anual até atingir o padrão estabelecido pela Organização Mundial da Saúde de Qualidade do Ar (World Health Organization, Air Quality Standards — WHO-AQS).

Para a construção desses cenários, utilizou-se a ferramenta de AIS, desenvolvida pelo APHEKOM Group — grupo de pesquisadores europeus. A ferramenta necessária para análises de longo e curto prazos está disponível para acesso (<http://aphekom.org>).

Impactos na saúde

No presente estudo, foram avaliados os benefícios na saúde que poderiam ser alcançados caso as concentrações dos poluentes fossem diminuídas. A respeito do MP_{10} e do O_3 , a exposição a curto prazo foi estimada e os impactos na saúde foram computados, na Equação 1, da seguinte forma (PASCAL *et al.*, 2013):

$$\Delta y = y_0 (1 - e^{-\beta \Delta x}) \quad (1)$$

Em que:

Δy é a redução do número anual de hospitalizações ou óbitos associados à redução das concentrações dos poluentes;

y_0 é o resultado básico de saúde, em número anual de mortes ou hospitalizações;

β é o coeficiente da função de resposta à concentração; e

Δx é o aumento da concentração em um cenário específico, em $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

MP_{10} utilizando um fator de conversão de 0,7 — utilizado em estudos anteriores e pelo projeto *Air Pollution and Health: A European Information System* — APHEIS (ABE; MIRAGLIA, 2016; PASCAL *et al.*, 2013; MEDINA *et al.*, 2005).

Para ambos os prazos, selecionou-se uma trinca de anos — nesse caso, o período abrangente foi de janeiro de 2012 a dezembro de 2014. Para a análise de curto prazo, foi necessária a inserção das médias diárias de concentração de O_3 e MP_{10} (em $\mu\text{g}/\text{m}^3$), o número das internações hospitalares por doenças cardiovasculares e respiratórias e, por fim, os dados relativos à população total da área estudada. Para as análises de longo prazo, foram inseridos dados de concentração de $MP_{2,5}$, obtidos a partir do MP_{10} , por meio de uma taxa de conversão. Por fim, utilizaram-se as taxas de mortalidade total e por doença cardiovascular e a média da população a partir dos 40 anos de idade.

Os dois cenários, que são estabelecidos pelo modelo adotado, foram construídos da seguinte forma:

- Redução na média anual de um montante fixo de $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$; e
- Redução da média anual até o padrão de qualidade do ar estabelecido pela WHO-AQS.

Os valores das concentrações dos poluentes da WHO-AQS foram $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para MP_{10} e $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para $MP_{2,5}$. O WHO-AQS de $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$, para a concentração diária de O_3 , foi aplicado para avaliar os impactos de curto prazo do O_3 . No que se refere à exposição a longo prazo em efeitos à saúde do $MP_{2,5}$, aplicou-se uma tabela de padrão de vida abreviada, como descrito por Pascal *et al.* (2013).

Os resultados dos cenários preditivos foram representados pelo número de mortes evitadas em cada cenário e os meses adicionais de expectativa de vida aos 30 anos.

A fim de se ter um detalhamento metodológico adicional, bem como acessar outras funções dose-respostas e equações utilizadas no modelo, a publicação *Guidelines for performing an HIA of the health impacts of urban air pollution* pode ser consultada (APHEKOM, 2015).

Morbidade

Em relação aos custos de morbidade, as análises consideraram as despesas de internações. Dessa forma, utilizamos a abordagem do custo padrão da doença, que consiste na aplicação de um valor econômico único que combina custos diretos e indiretos de cada internação (PASCAL *et al.*, 2013). No entanto, alguns custos intangíveis não podem ser avaliados — a dor e o sofrimento, por exemplo. Os custos diretos das hospitalizações cardíacas e respiratórias foram considerados a partir de um custo médio diário e um tempo médio de internação hospitalar. Esses custos unitários de internações e o número médio de dias de internação em Diadema também foram obtidos pelo DATASUS.

Portanto, a valoração econômica da morbidade foi estimada da seguinte forma (Equação 2):

$$C_h = Vi.Nd.Nc \quad (2)$$

Em que:

C_h é o custo de hospitalização;

Vi é o valor unitário de uma admissão hospitalar diária;

Nd é o número médio de dias de admissões relacionados a determinada doença; e

Nc é o número de casos de determinada doença.

O presente estudo considerou 6,36 dias como a média de dias de internação devido a doenças respiratórias, e 8,06 dias para doenças cardíacas (dados disponíveis no DATASUS). O valor unitário da admissão diária foi de U\$ 264,91 para doenças respiratórias e de U\$ 334,72 para doenças cardiovasculares em Diadema — conversão em 5 de março de 2017 —, de acordo com o DATASUS.

RESULTADOS

Características do local e da população de estudo

O município de Diadema está localizado na Região Sudeste do Brasil, no sudeste paulista. De acordo com o Censo 2010 do IBGE, havia 386.089 habitantes na cidade, dos quais 276.821 tinham entre 15 e 64 anos e 18.466, mais de 65 anos. O número anual

de internações para todas as idades devido a doenças cardíacas reduziu de 424, em 2012, para 383, em 2014. As internações respiratórias para todas as idades aumentaram de 194, em 2012, para 230, em 2014 (Tabela 1).

Análise descritiva dos poluentes

Os resultados do modelo indicaram que o valor máximo de concentração para o O_3 foi de 185 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e o mínimo de 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para o período analisado. A média diária e o desvio padrão (DP) foi 61 $\mu\text{g}/\text{m}^3 \pm 31 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (DP) com mediana de 55 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Para o MP_{10} , o valor

máximo diário foi de 87 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e o mínimo de 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para o período de 2012 a 2014. A média diária foi de 34 $\mu\text{g}/\text{m}^3 \pm 13 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (DP), com mediana de 32 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, excedendo os padrões atuais da OMS (2005). Os valores obtidos estão resumidos na Tabela 2.

Impactos a curto prazo da exposição de MP_{10} à morbidade

Considerando o período entre 2012 e 2014, se os níveis de MP_{10} em Diadema atingissem o recomendado

pela OMS (2005) — 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ — teriam sido evitados mais de 7 casos de hospitalizações anuais devido a

Tabela 2 – Estatística descritiva das concentrações dos poluentes PM_{10} e ozônio.

Poluente	Média diária ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Desvio padrão ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Mínimo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Máximo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Ozônio (8 horas — máxima diária)	61	31	2	185
PM_{10} (média diária)	34	13	10	87

doenças cardiorrespiratórias e seriam economizados mais de US\$ 40 mil por ano em custos médicos diretos. Uma redução em $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ teria evitado mais de

2 hospitalizações anuais causadas por doenças respiratórias e cardiovasculares. Os dados estão resumidos na Tabela 3.

Efeitos a curto prazo na mortalidade e na morbidade da exposição ao ozônio

Em relação aos níveis de O_3 , o cumprimento das normas da OMS (2005) com o limite máximo de concentração de $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para uma exposição de 8 horas diárias resultou em valores de casos evitados discretos, inclusive com valores iguais a 0 quanto a hospitalizações respiratórias, porém esse fato não exclui a credibilidade do modelo APHEKOM para o atual estudo. O modelo foi originalmente criado para estudos multicêntricos relacionados à população europeia, que apresenta um

número superior de habitantes quando comparada à população do município de Diadema. Para o caso de mortalidade total não externa, os resultados mostraram-se pequenos, mas não menos significativos. Diante do cenário, as hospitalizações e as mortes evitadas gerariam um ganho de US\$ 11.689,66 e US\$ 35.068,99 para as reduções para 100 e $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, respectivamente (cotação dia 5 de março de 2017). Os valores encontram-se na Tabela 4.

Tabela 3 – Potenciais benefícios para a saúde com a redução dos níveis diários de PM_{10} no número de hospitalizações.

Cenários	Hospitalizações respiratórias		Hospitalizações cardíacas		Valoração monetária (US\$)
	Número anual de casos evitados	Número anual de casos evitados por 100.000 habitantes	Número anual de casos evitados	Número anual de casos evitados por 100.000 habitantes	
Redução em $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$	1,3	0,31	1,2	0,29	14.765,36
Redução para $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$	3,5	0,87	3,3	0,81	40.342,78

Tabela 4 – Benefícios potenciais para a saúde com a redução dos níveis diários de ozônio em termos de hospitalizações a curto prazo e de mortalidade não externa total.

Cenários	Hospitalizações respiratórias (15 – 64 anos)		Hospitalizações respiratórias (> 64 anos)		Total mortalidade não externa		Valoração monetária (US\$)
	Número anual de casos evitados	Número anual de casos evitados por 100.000 habitantes	Número anual de casos evitados	Número anual de casos evitados por 100.000 habitantes	Número anual de mortes evitadas	Número anual de mortes evitadas por 100.000 habitantes	
8 horas máximas Valores diários > $100 \mu\text{g}/\text{m}^3 = 100 \mu\text{g}/\text{m}^3$	0,0	0,01	0,2	0,08	1,1	0,28	11.689,66
Redução em $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$	0,0	0,01	0,3	0,16	2,2	0,56	35.068,99

Impactos a longo prazo da exposição crônica ao $MP_{2,5}$ na mortalidade

Em Diadema, caso os níveis padrões da OMS (2005) para o $MP_{2,5}$ fossem alcançados — $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ —, o número anual de mortes evitadas seria superior a 100 e a expectativa de vida aumentaria em 16,4 meses. Isso equivale a um ganho de 9.900,7 anos de vida e mais de US\$ 527 milhões anuais. Se o município fosse capaz de

diminuir a média de $MP_{2,5}$ em apenas $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, aproximadamente 42,7 mortes ao ano seriam evitadas e a população ganharia mais de 5 meses de expectativa de vida, resultando em um gasto evitado de aproximadamente US\$ 189 milhões. Os resultados estão descritos na Tabela 5.

Tabela 5 – Benefícios potenciais na saúde e econômicos com a redução anual dos níveis de $PM_{2,5}$ a longo prazo em termos de mortalidade total não externa.

Cenários	Número anual de mortes evitadas	Número anual de mortes evitadas por 100.000 habitantes	Ganho em expectativa de vida	Ganho em anos de vida	Valoração monetária (US\$ milhões)
Redução em $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$	42,7	21,4	5,9	3.543,4	188,65
Redução para $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$	114,4	57,3	16,4	9.900,7	527,11

DISCUSSÃO

Diadema é uma das cidades de destaque na região do Grande ABC, localizada na RMSP. Apesar de sua pequena extensão, o município evoluiu em seu desenvolvimento econômico e hoje é considerado um dos polos industriais mais importantes do estado de São Paulo. Com o passar dos anos, o desenvolvimento econômico fez que com houvesse aumento no número de habitantes residentes na cidade, o que gerou maior poder aquisitivo e motorização da população, implicando em maior tráfego de veículos e, conseqüentemente, no aumento da poluição atmosférica. Com o intuito de controlar e monitorar a poluição, o governo do estado de São Paulo criou, por meio do Decreto Estadual nº 59.113, de 23 de abril de 2013, os padrões estaduais de qualidade do ar, mais restritivos que os nacionais. Ainda assim, os valores do decreto para o MP_{10} , $MP_{2,5}$ e O_3 continuam acima dos níveis recomendados pela OMS, cuja última atualização foi em 2005. Dessa forma, analisando o período estudado — 2012 a 2014 —, foi possível verificar que, em grande parte do tempo, os níveis de $MP_{2,5}$, MP_{10} e O_3 ficaram acima dos padrões recomendados pela OMS (2005), significando riscos elevados à saúde da população. De acordo com os resultados e cenários preditivos apresentados, notou-se os be-

nefícios de uma redução mais acentuada e sustentada se os níveis máximos de O_3 e MP atendessem aos PQAr estabelecidos pela OMS. Entre todos os cenários estimados, o que mais se destacou foi o cenário a longo prazo, relacionado à redução dos níveis de $MP_{2,5}$. Os resultados mostraram que, caso fosse atingida uma concentração de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$, mais de 100 óbitos seriam evitados, o que resultaria num ganho de 16,4 meses de expectativa de vida e uma economia de mais de US\$ 527 milhões anuais, excluídos os valores como despesas indiretas com a saúde, o absenteísmo e os custos intangíveis, como qualidade de vida, o que faria com que esse valor fosse ainda mais significativo. A vantagem da apresentação de dois cenários preditivos é mostrar que os benefícios à saúde são alcançáveis no município, mesmo com reduções modestas na poluição do ar. Os cenários a curto prazo mostraram-se significativos; entretanto, por se tratar de um município pequeno, a magnitude desses resultados mostrou-se em menores proporções, caso fosse comparada a de uma cidade com maior número de habitantes, como São Paulo, por exemplo. Em relação a um cenário de redução das concentrações de MP_{10} para $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para o município de São Paulo, mais de 1.500 interações relacionadas a doen-

ças cardiovasculares e respiratórias seriam evitadas (ABE; MIRAGLIA, 2016), enquanto para o município de Diadema seriam apenas 6 casos. Em um estudo europeu, que utilizou o mesmo modelo APHEKOM, aplicado a 25 cidades europeias, alguns cenários preditivos evidenciaram mais de 8.000 hospitalizações evitáveis por doenças cardiorrespiratórias anualmente (PASCAL *et al.*, 2013). Devos *et al.* (2015) igualmente estimaram potenciais economias em despesas hospitalares na Bélgica devido a cenários de redução da concentração de MP e NO₂, evidenciando a necessidade de reduzir as concentrações ambiente.

Estudos sobre os efeitos adversos da poluição atmosférica na saúde utilizam-se de modelos retrospectivos ou de coorte (COSTA *et al.*, 2017; LI *et al.*, 2017; RENZI *et al.*, 2013; VIDALE *et al.*, 2017; RAASCHOU-NIELSEN *et al.*, 2013), os quais apresentam a dimensão de impactos gerados. Abordagens que integram impactos na saúde e os custos associados são menos frequentes (MUELLER *et al.*, 2017; MAJI *et al.*, 2017; CHANEL *et al.*, 2016; MIRAGLIA; GOUVEIA, 2014) e mais desejáveis por prover subsídios para os gestores estimarem os benefícios de redução dos poluentes.

Os efeitos crônicos gerados pela poluição do ar foram expostos, no presente estudo, por meio do número de óbitos evitáveis relacionados à exposição a longo prazo ao poluente MP_{2,5}. Em relação aos efeitos a curto prazo, a taxa de morbidade foi considerada apenas para efeitos agudos da poluição do ar, analisando-se o número de hospitalizações devido a doenças cardiovasculares e respiratórias. Entretanto, atualmente, sabe-se que a morbidade crônica devido à poluição atmosférica também tem impactos na saúde e no sistema de saúde, além dos efeitos agudos (PEREZ *et al.*, 2013).

Algumas medidas de controle da poluição são estudadas no mundo, como a diminuição do número de viagens e dos congestionamentos; o aumento da eficiência do sistema viário e da oferta de transporte público; e o planejamento do uso do solo (CETESB, 2015). Políticas que estimulam o transporte ativo — caminhadas e uso de bicicletas para realizar deslocamentos ao trabalho ou estudo — são relacionadas a benefícios na saúde. Os pesquisadores Rojas-Rueda *et al.* (2016) mostraram que o aumento dos deslocamentos de bicicleta apresentou os melhores resultados em termos de mortalidade evitada. Sá *et al.* (2016) avaliaram os deslocamentos por bicicleta

em São Paulo e concluíram que é preciso investir em infraestrutura viária e integração com outros modais para ampliar o uso dessa alternativa de transporte de forma mais segura a fim de se obter ganhos de saúde mais expressivos.

Uma forma de diminuir os impactos identificados na saúde da população de Diadema seria a diminuição da poluição por meio da adoção de veículos com tecnologia menos poluente; ou seja, além da tecnologia mais recente dos motores e catalisadores, outros fatores também devem ser levados em consideração, como a melhoria da qualidade dos combustíveis (PÉREZ-MARTÍNEZ *et al.*, 2015). No mesmo contexto, um estudo desenvolvido em Curitiba constatou a influência da renovação da frota antiga por uma mais nova. Este mostra que as concentrações de poluentes sofreram redução, comprovando a relevância para a redução efetiva das concentrações atmosféricas de poluentes (ESCUCIATTO *et al.*, 2016).

Assim, a redução dos níveis de poluição do ar não deve se basear somente em medidas tecnológicas para a redução das emissões dos veículos e das indústrias, mas sim em uma ação integrada dos diversos setores da sociedade. Uma abordagem mais conectada com mecanismos intersetoriais, que possibilite um diálogo amplo entre as questões do meio ambiente nas políticas de saúde, e a interligação dos objetivos da saúde ambiental, numa ampla estratégia de desenvolvimento sustentável, trarão enormes benefícios na conquista de melhores condições de vida nas cidades (GOUVEIA, 1999).

Um exemplo desse tipo de ação foi a criação da Lei “Clean Action Air” ou “Lei do Ar Limpo”, em 1970, nos Estados Unidos, para regular as emissões atmosféricas provenientes de fontes estacionárias e móveis (USEPA, 2016). Um estudo de 2011 da *United States Environmental Protection Agency* (US EPA) verificou que, em 2010, as reduções na poluição por partículas finas e na poluição causada pelo O₃, obtidas pelas emendas à Lei do Ar Limpo de 1990, evitaram mais de 160.000 mortes prematuras, 130.000 ataques cardíacos, milhões de casos de problemas respiratórios — como bronquite aguda e ataques de asma — e 86.000 admissões hospitalares (USEPA, 2016).

CONCLUSÃO

Diagnosticou-se que a redução das concentrações de poluentes atmosféricos, juntamente com a criação de novas políticas públicas, pode gerar benefícios econômicos e à saúde da população. Apesar dos resultados promissores, observa-se que o modelo APHEKOM foi originalmente criado para estudos relacionados à população europeia, e sua utilização para aplicação em uma população residente na América do Sul pode ser considerada como uma limitação do estudo, já que as funções dose-respostas utilizadas são internacionais.

O monitoramento da qualidade do ar é importante para o acompanhamento da evolução dos níveis de poluição, permitindo medidas de intervenção sempre que os valores possam colocar a saúde da população

em risco. Adicionalmente, ressalta-se a importância de incluir na rede de monitoramento um sensor para a medição da concentração de $MP_{2,5}$, visto que esse poluente está intrinsecamente relacionado a efeitos a longo prazo na saúde da população e os resultados obtidos gerariam um diagnóstico mais preciso da ameaça à população.

Assim, conclui-se que a redução dos níveis de emissões de MP_{10} , $MP_{2,5}$ e O_3 evitaria um grande número de óbitos e traria uma economia bastante significativa em um país onde os recursos econômicos são escassos. Da mesma forma, tal redução dos níveis de poluição atmosférica também diminuiria a demanda de recursos hospitalares, em consequência da diminuição das internações, garantindo uma melhora na qualidade de vida da população.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Secretaria de Vigilância em Saúde do Ministério da Saúde (SVS/MS) do Brasil, ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Cien-

tífico e Tecnológico (CNPq) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), o apoio.

REFERÊNCIAS

ABE, K. C.; MIRAGLIA, S. G. Avaliação de Impacto à Saúde (AIS) no Brasil e América Latina: uma ferramenta essencial a projetos, planos e políticas. *Interface-Comunicação, Saúde, Educação*, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1807-57622016.0802>.

ABE, K. C.; MIRAGLIA, S. G. Health Impact Assessment of Air Pollution in São Paulo, Brazil. *International Journal of Environmental Research Public Health*, v. 13, n. 7, jul. 2016.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2014.

ATLAS DO DESENVOLVIMENTO HUMANO NO BRASIL. *Perfil de Diadema*. 2013. Disponível em: http://www.atlasbrasil.org.br/2013/pt/perfil_m/1956. Acesso em: jan. 2017.

BRASIL. Avaliação de Impacto à Saúde (AIS). Secretaria de Vigilância em Saúde, Departamento de Vigilância e Saúde Ambiental e Saúde do Trabalhador. *Metodologia adaptada para aplicação no Brasil*. Brasília: Ministério da Saúde, 2014. 68 p.

_____. Ministério da Saúde. Departamento de Informática do SUS (Datasus). *Informações de Saúde*. 2016a. Disponível em: <http://datasus.saude.gov.br/informacoes-de-saude/tabnet>. Acesso em: set. 2016.

_____. Ministério da Saúde. Departamento de Informática do SUS (Datasus). *Morbidade hospitalar do SUS*. 2016b. Disponível em: <http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/tabcgi.exe?sih/cnv/nisp.def>. Acesso em: out. 2016.

BROOME, R. A.; FANN, N.; CRISTINA, T. J. N.; FULCHER, C.; DUC, H.; MORGAN, G. G. The health benefits of reducing air pollution in Sydney, Australia. *Environmental Research*, v. 143, p. 19-25, 2015.

CHANEL, O.; PEREZ, L.; KÜNZLI, N.; MEDINA, S.; APHEKOM GROUP. The hidden economic burden of air pollution-related morbidity: evidence from the Aphekom project. *European Journal of Health Economics*, v. 17, n. 9, p. 1101-1115, 2016. DOI: 10.1007/s10198-015-0748-z.

CLIMATE DATA. *Diadema*. Disponível em: <<https://pt.climate-data.org/location/4483/>>. Acesso em: nov. 2016.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). *Relatórios de Qualidade do Ar – Qualar*. 2015. Disponível em: <<http://ar.cetesb.sp.gov.br/qualar/>>. Acesso em: ago. 2016.

COSTA, A. F.; HOEK, G.; BRUNEKREEF, B.; DE LEON, A. C. P. Air pollution and deaths among elderly residents of São Paulo, Brazil: An analysis of mortality displacement. *Environmental Health Perspectives*, v. 125, n. 3, p. 349-354, 2017.

DEVOS, S.; COX, B.; DHONDT, S.; NAWROT, T.; PUTMAN, K. Cost saving potential in cardiovascular hospital costs due to reduction in air pollution. Belgium. *Science of the Total Environment*, Elsevier. v. 527-528, p. 413-419, 2015

ELSOM, D. M. *Atmospheric Pollution: Causes, Effects and Control Policies*. Nova York: Basil Blackwell, 1989.

ESCUCIATTO, E.; DZIEDZIC, M.; VASCONCELOS, E. C. A Influência da Renovação da Frota de Veículos na Qualidade do Ar na Região Central de Curitiba. *Revista Brasileira de Ciências Ambientais*, Rio de Janeiro, n. 42, p. 2-11, dez. 2016.

GOUVEIA, N. Saúde e meio ambiente nas cidades: os desafios da saúde ambiental. *Saúde e Sociedade*, v. 8, n. 1, p. 49-61, 1999.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). *Produto Interno Bruto dos Municípios 2010-2014*. 2014. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/pibmunicipios/2014/default.shtm>>. Acesso em: dez. 2016.

_____. *São Paulo*. São Paulo, 2010. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=351380&search=sao-paulo|diadema>>. Acesso em: set. 2016.

_____. *Serviços de Saúde*. 2009. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/temas.php?lang=&codmun=351380&idtema=5&search=sao-paulo|diadema|servicos-de-saude-2009>>. Acesso em: dez. 2016.

_____. *Sumário de Dados Básicos de Diadema – SP*. Diadema: Prefeitura de Diadema, 2012. Disponível em: <http://www.diadema.sp.gov.br/dmp/comunicacao/Comunicacao/Site2/sumario_miolo_20x26.pdf>. Acesso em: nov. 2016.

KOWALSKI, M.; KOWALSKA, K.; KOWALSKA, M. Health benefits related to the reduction of PM concentration in ambient air, Silesian Voivodeship, Poland. *International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health*, v. 29, n. 2, p. 209-217, 2016.

LI, G.; XUE, M.; ZENG, Q.; CAI, Y.; PAN, X.; MENG, Q. Association between fine ambient particulate matter and daily total mortality: an analysis from 160 communities of China. *Science of The Total Environment*, v. 599, p. 108-113, 2017.

MACINTYRE, H. L.; HEAVISIDE, C.; NEAL, L. S.; AGNEW, P.; THORNES, J.; VARDOLAKIS, S. Mortality and emergency hospitalizations associated with atmospheric particulate matter episodes across the UK in spring 2014. *Environment international*, v. 97, p. 108-116, 2016.

MAJI, K. J.; ARORA, M.; DIKSHIT, A. K. Burden of disease attributed to ambient PM_{2.5} and PM₁₀ exposure in 190 cities in China. *Environmental Science and Pollution Research*, v. 24, n. 12, p. 11.559-11.572, 2017.

MARZOUNI, M. B.; MORADI, M.; ZARASVANDI, A.; AKBARIPOOR, S.; HASSANVAND, M. S.; NEISI, A.; GOUDARZI, G.; MOHAMMADI, M. J.; SHEIKHI, R.; KERMANI, M.; SHIRMARDI, M.; NAIMABADI, A.; GHOLAMI, M.; MOZHDEHI, S. P.; ESMAEILI, M.; BARARI, K. Health benefits of PM10 reduction in Iran. *International Journal of Biometeorology*, p. 1-13, 2017. DOI: 10.1007/s00484-017-1316-2

MEDINA, S.; BOLDO, E.; KRZYZANOWSKI, M.; NICIU, E. M.; MUEKE, H. G.; ATKINSON, R. *Health impact assessment of air pollution and communication strategy*. Third year report. Saint-Maurice (Fra): Institut de veille sanitaire, 2005.

MIRAGLIA, S. G.; GOUVEIA, N. Costs of air pollution in Brazilian metropolitan regions. *Ciência e Saúde Coletiva*, v. 19, n. 10, p. 4.141-4.147, out. 2014.

MUELLER, N.; ROJAS-RUEDA, D.; BASAGAÑA, X.; CIRACH, M.; COLE-HUNTER, T.; DADVAND, P.; DONAIRE-GONZALEZ, D.; FORASTER, M.; GASCON, M.; MARTINEZ, D.; TONNE, C.; TRIGUERO-MAS, M.; VALENTÍN, A.; NIEUWENHUIJSEN, M. Health impacts related to urban and transport planning: a burden of disease assessment. *Environmental International*, v. 107, p. 243-257, 2017. DOI: 10.1016/j.envint.2017.07.020

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE (OMS). *Guideline Document*. Copenhagen, 2000. Disponível em: <http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/69477/1/WHO_SDE_PHE_OEH_06.02_eng.pdf>. Acesso em: out. 2016.

PASCAL, M.; CORSO, M.; CHANEL, O.; DECLERCQ, C.; BADALONI, C.; CESARONIC, G.; HENSCHELD, S.; MEISTERE, K.; HALUZA, D.; MARTIN-OLMEDO, P.; MEDINA, S.; Aphekom group. Assessing the public health impacts of urban air pollution in 25 European cities: results of the Aphekom project. *Science Total of the Environment*, v. 449, p. 390-400, 2013.

PASCAL, M.; CORSO, M.; UNG, A.; DECLERCQ, C.; MEDINA, S.; APHEKOM. *Guidelines for performing an HIA of the health impacts of urban air pollution*. 2011. Disponível em: <http://aphekom.org/c/document_library/get_file?uuid=4f388abf-61e5-415d-ae22-e437a4e25937&groupId=10347>. Acesso em: jul. 2016.

PEREZ, L.; DECLERCQ, C.; IÑIQUEZ, C.; AGUILERA, I.; BADALONI, C.; BALLESTER, F.; BOULAND, C.; CHANEL, O.; CIRARDA, F. B.; FORASTIERE, F.; FORSBERG, B.; HALUZA, D.; HEDLUND, B.; CAMBRA, K.; LACASAÑA, M.; MOSHAMMER, H.; OTOREPEC, P.; RODRÍGUEZ-BARRANCO, M.; MEDINA, S.; KÜNZLI, N. Chronic burden of near-roadway traffic pollution in 10 European cities (APHEKOM network). *European Respiratory Journal*, v. 42, n. 3, p. 594-605, set. 2013.

PÉREZ-MARTÍNEZ, P. J.; ANDRADE, M. F.; MIRANDA, R. M. Traffic-related air quality trends in São Paulo, Brazil. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 2015. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/279513600_Traffic-related_air_quality_trends_in_SAO_Paulo_Brazil>. Acesso em: maio 2017.

POPE, C. A.; BURNETT, R. T.; THURSTON, G. D.; THUN, M. J.; CALLE, E. E.; KREWSKI, D.; GODLESKI, J. J. Cardiovascular mortality and long-term exposure to particulate air pollution: epidemiological evidence of general pathophysiological pathways of disease. *Circulation*, v. 109, n. 1, p. 71-77, jan. 2004.

PREFEITURA DE DIADEMA. *Dados Gerais*. Diadema, 2015. Disponível em: <<http://www.diadema.sp.gov.br/cidade/conheca-diadema/dados-gerais>>. Acesso em: nov. 2016.

RAASCHOU-NIELSEN, O.; ANDERSEN, Z. J.; BEELEN, R.; SAMOLI, E.; STAFOGGIA, M.; WEINMAYR, G.; HOFFMANN, B.; FISCHER, P.; NIEUWENHUIJSEN, M. J.; BRUNKEKREEF, B.; XUN, W. W.; KATSOUVANNI, K.; DIMAKOPOULOU, K.; SOMMAR, J.; FORSBERG, B.; MODIG, L.; OUDIN, A.; OFTEDAL, B.; SCHWARZE, P. E.; NAFSTAD, P.; DE FAIRE, U.; PEDERSEN, N. L.; OSTENSON, C. G.; FRATIGLIONI, L.; PENELL, J.; KOREK, M.; PERSHAGEN, G.; ERIKSEN, K. T.; SORENSEN, M.; TJONNLAND, A.; ELLERMANN, T.; EEFTENS, M.; PEETERS, P. H.; MELIEFSTE, K.; WANG, M.; BUENO-DE-MESQUITA, B.; KEY, T. J.; HOOGH, K.; CONCIN, H.; NAGEL, G.; VILIER, A.; GRIONI, S.; KROGH, V.; TSAI, M. Y.; RICCI, F.; SACERDOTE, C.; GALASSI, C.; MIGLIORE, E.; RANZI, A.; CESARONI, G.; BADALONI, C.; FORASTIERE, F.; TAMAYO, I.; AMIANO, P.; DORRONSORO, M.; TRICHOPOULOU, A.; BAMIA, C.; VINEIS, P.; HOEK, G. Air pollution and lung cancer incidence in 17 European cohorts: prospective analyses from the European Study of Cohorts for Air Pollution Effects (ESCAPE). *Lancet Oncology*, v. 14, n. 9, p. 813-822, 2013. DOI: 10.1016/S1470-2045(13)70279-1

RENZI, M.; STAFOGGIA, M.; FAUSTINI, A.; CESARONI, G.; CATTANI, G.; FORASTIERE, F. Analysis of Temporal Variability in the Short-term Effects of Ambient Air Pollutants on Nonaccidental Mortality in Rome, Italy (1998–2014). *Environmental Health Perspectives*, v. 125, n. 6, 2013. DOI: 10.1289/EHP19

ROJAS-RUEDA, D.; NAZELLE, A.; ANDERSEN, Z. J.; BRAUN-FAHRLÄNDER, C.; BRUHA, J.; BRUHOVA-FOLTYNOVA, H.; DESQUEYROUX, H.; PRAZNOCZY, C.; RAGETTLI, M. S.; TAINIO, M.; NIEUWENHUIJSEN, M. J. Health Impacts of Active Transportation in Europe. *PLoS One*, v. 11, n. 3, p. e0149990, 2016. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26930213>>. Acesso em: out. 2016.

SÁ, T. H.; DURAN, A. C.; TAINIO, M.; MONTEIRO, C. A.; WOODCOCK, J. Cycling in São Paulo, Brazil (1997-2012): Correlates, time trends and health consequences. *Preventive Medical Reports*, v. 4, p. 540-545, 2016. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27761356>>. Acesso em: mar. 2017.

SECRETARIA DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E TRABALHO. Diadema, 2014.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (USEPA). *Summary of the Clean Air Act*. 2016. Disponível em: <<https://www.epa.gov/laws-regulations/summary-clean-air-act>>. Acesso em: fev. 2017.

VIDALE, S.; ARNABOLDI, M.; BOSIO, V.; CORRADO, G.; GUIDOTTI, M.; STERZI, R.; CAMPANA, C. Short-term air pollution exposure and cardiovascular events: a 10-year study in the urban area of Como, Italy. *International Journal of Cardiology*, v. 248, p. 389-393, 2017.

WORLD BANK GROUP. *The Cost of Air Pollution*. Strengthening the Economic Case for Action. Seattle: World Bank, Institute for Health Metrics and Evaluation, University of Washington, 2016. Disponível em: <<http://documents.worldbank.org/curated/pt/781521473177013155/pdf/108141-REVISED-Cost-of-PollutionWebCORRECTEDfile.pdf>>. Acesso em: jan. 2017.