

Análise da concentração de partículas totais em suspensão (dióxido de enxofre e dióxido de nitrogênio): um estudo de caso no Município de Ananindeua, Estado do Pará, Norte do Brasil

Mônica de Sá Neto¹, Maria Roberta Cavalcante de Siqueira^{2,*}, Jailton da Silva Chaves², Francisca Nara da Conceição Moreira²

¹Universidade da Amazônia. Centro de Ciências Exatas e Tecnologia. Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental. *Campus* Alcindo Cacela. Av. Alcindo Cacela, 287. Belém-PA, Brasil (CEP 66060-902). *E-mail: realize.engenharias@gmail.com.

²Universidade Federal do Pará. Instituto de Tecnologia. *Campus* Universitário do Guamá. Rua Augusto Corrêa, nº 01. Bairro Guamá. Belém-PA, Brasil (CEP 66075-900).

Resumo. O objetivo deste estudo foi conhecer e analisar a concentração de partículas totais em suspensão (PTS), dióxido de enxofre (SO₂) e dióxido de nitrogênio (NO₂) em duas áreas de influência no Município de Ananindeua, Estado do Pará, Norte do Brasil. Para amostragem utilizou-se o equipamento AGV/HiVol (amostrador de grandes volumes) e Trigás (amostrador de pequeno volume), conforme as orientações da Resolução CONAMA nº 003/1990. Foram realizadas duas campanhas semestrais ao longo de um ano, para observar o comportamento dos poluentes no período de chuvas e estiagem. Após análise, foi possível constatar que os quatro pontos analisados atenderam o estabelecido pela legislação vigente, porém foram classificadas três amostras como razoável, após ser calculado o índice de qualidade do ar (IQA_r). Através dos resultados obtidos, foi possível traçar o perfil da qualidade do ar no Município de Ananindeua, assim como abrir caminhos para que novas pesquisas avaliem eventuais impactos ambientais e problemas de saúde a que população está exposta, assim como, identificar suas principais fontes geradoras e avaliar a adoção de possíveis medidas mitigadoras.

Palavras chave: Poluição atmosférica; Qualidade do ar; Partículas totais em suspensão; Dióxido de enxofre; Dióxido de nitrogênio.

Abstract. *Analysis of the concentration of suspended total particles (sulfur dioxide and nitrogen dioxide): A case study in Municipality of Ananindeua, Pará State, North of Brazil.* The objective of this study was to know and analyze the concentration of total suspended particles (PTS), sulfur dioxide (SO₂) and nitrogen dioxide (NO₂) in two areas of influence in the

Recebido:
22/05/2018

Aceito:
12/08/2018

Publicado:
31/08/2018



Acesso aberto



ORCID

0000-0002-4296-1083
Mônica de Sá Neto

0000-0002-9656-7698
Maria Roberta
Cavalcante de Siqueira

0000-0001-6134-0736
Jailton da Silva Chaves

0000-0001-5983-1190
Francisca Nara da
Conceição Moreira

Municipality of Ananindeua, Pará State, North of Brazil. For the sample AGV/HiVol (Large Volume Sampler) and Triges (Small Volume Sampler) was used, according to the guidelines of Conama Resolution 003/1990. Two semi-annual campaigns were carried out over a year to observe the behavior of the pollutants during the rainy season and the dry season. After analyzing, it was possible to verify that the four analyzed points met the established by the current legislation, but were classified three samples as reasonable after calculated the Air Quality Index (IQA_r). Through the results obtained, it was possible to trace the air quality profile in the Municipality of Ananindeua, as well as to pave the way for new research to evaluate possible environmental impacts and health problems to which the population is exposed, and to identify their main sources of energy and evaluate the adoption of possible mitigating measures.

Keywords: Atmospheric pollution; Quality of air; Total suspended particulates; Sulfur dioxide; Nitrogen dioxide.

Introdução

Os poluentes atmosféricos são definidos como toda e qualquer forma de matéria ou energia com intensidade e em quantidade, concentração, tempo ou características em desacordo com os níveis estabelecidos em legislação, e que tornem ou possam tornar o ar impróprio, nocivo ou ofensivo à saúde (Santos, 2014; CETESB, 2016).

Um aspecto distinto da mudança atual das fontes de emissão é a sua origem: enquanto as mudanças do clima no passado decorreram de fenômenos naturais, a maior parte da mudança atual do clima, é atribuída às atividades humanas, ou seja, de natureza antrópica (MMA, 2008; Nicolussi, 2014).

Segundo Testa (2015) e Kim et al. (2015), entre os danos ao ambiente e à saúde humana, causados pela emissão desses poluentes, destacam-se a acidificação de rios e florestas, o ataque aos materiais, o aumento de problemas respiratórios e circulatórios na população, bem como a perda de bem-estar da população, além do efeito estufa e do aquecimento global.

De acordo com Cesse (2007), Miranda et al. (2016) e Rosembach et al. (2017), ao longo do século XX, o Brasil

sofreu mudanças de cunho econômico e demográfico, que geraram desdobramentos na saúde e no ambiente, até os dias atuais.

A exposição humana à poluição atmosférica está associada a fatores que vão desde as emissões advindas de hábitos domésticos, de consumo e pessoais como uso e queima de combustíveis fósseis e vegetais ao tabagismo (Motta et al., 2011; Silva, 2013; Drumm, 2014; Pinheiro, 2014).

Esta exposição também é uma consequência do crescimento demográfico observado no último século, que concentrou grandes contingentes populacionais e indústrias nos centros urbanos (WHO, 1991).

Bernardes et al. (2014) e Carugno (2016) comentam que a poluição do ar está associada a grandes aumentos da mortalidade, internamentos hospitalares, sintomas clínicos e despesas médicas.

Logo, conhecer e quantificar os efeitos na saúde da poluição do ar e métodos de redução de poluentes atmosféricos será útil para as áreas da medicina, indústria, bem como decisores políticos e cidadãos no geral (Barbosa, 2015).

Considerando a inexistência de trabalhos em pesquisa de campo para

poluentes atmosféricos no Município de Ananindeua, Estado do Pará, grande polo de indústrias, próximos a antigos lixões e aterros sanitários, este trabalho oferecerá visão diferenciada a respeito da concentração de partículas totais em suspensão (PTS), SO₂ e NO₂.

Dessa forma, este trabalho parte do princípio de que conhecendo as concentrações de Partículas Totais em Suspensão, Dióxido de Enxofre e Dióxido de nitrogênio é possível diagnosticar problemas e levantar soluções para controle de poluição atmosférica e atender níveis estabelecidos em legislações vigentes.

Assim, o estudo teve por objetivo analisar a concentração de PTS (dióxido de enxofre e dióxido de nitrogênio) no Município de Ananindeua, Estado do Pará, Norte do Brasil.

Material e métodos

O estudo foi desenvolvido em duas áreas diferentes do Município de Ananindeua, uma urbanizada, com ocupações mistas e de fluxo intenso de veículos, e a outra em um polo industrial.

A coleta de dados foi realizada por meio de monitoramento contínuo ao longo de 24 h nominais, o qual ocorreu em dois períodos distintos (semestralmente), ao longo do ano de 2017.

Foram utilizados dados meteorológicos de acesso público importantes para o monitoramento da qualidade do ar, obtidos da estação meteorológica do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), distando entre 6 e 10 km das áreas de estudo.

Área de Estudo

A área de estudo está localizada em Ananindeua, município brasileiro do Estado do Pará, situado na Região Metropolitana de Belém, tendo como municípios limítrofes Belém, Marituba e Benevides. É margeado pelo Rio Maguari, onde se localizam 14 ilhas. Possui área de 191,451 km². É o segundo município

mais populoso do estado e o quarto da Região Norte do Brasil. Sua população é estimada em 510.834 habitantes, segundo o censo do IBGE, superada apenas por Manaus, Belém e Porto Velho (IBGE, 2016).

No cenário nacional, o Município de Ananindeua configura entre os 100 maiores municípios do Brasil, onde ocupa o centésimo lugar no quesito Saneamento Básico, conforme dados atualizados do Instituto Trata Brasil, 2017.

A Figura 1 ressalta a localização dos equipamentos quanto a sua posição dentro dos limites do município.

Procedimentos de coleta

Foram realizadas duas coletas semestrais, para cada ponto amostral: a 1ª no mês de maio, e a 2ª no mês de setembro, visando a obter num determinado espaço de tempo dados do denominado “verão e do inverno amazônico”.

Os equipamentos foram posicionados estrategicamente em frente aos empreendimentos selecionados, afastados de raios de isolamentos de grandes obstáculos, como árvores, prédios, muros, etc.

Na Figura 2, podemos observar, respectivamente, as imagens da estação CENTENOR, localizada no Distrito Industrial, e a Estação SAGRI, localizada na rodovia BR-316, km 6.

Coleta e análise das PTS

Para a realização da coleta e análise do material na forma de partículas foi atendido plenamente o disposto na NBR 9547/1997 (ABNT, 1997). Foi utilizado em campo o equipamento, AGV-PTS da marca Energética, devidamente calibrado e operante.

O AGV-PTS também conhecido como HiVol, aspira certa quantidade de ar ambiente através da área perimetral total por baixo das beiradas do teto, através de um filtro instalado dentro de uma casinhola de abrigo, durante um período de amostragem de 24 h

(nominais). A vazão imprimida pelo aparelho é em média de $1,22 \text{ m}^3/\text{min}$, e a geometria da entrada da casinhola, dependendo da velocidade e da direção do vento, favoreceram a coleta de partículas de até $30 \text{ }\mu\text{m}$ de diâmetro

(aerodinâmico). Os filtros empregados são específicos para uma eficiência mínima de 99% para a coleta de partículas FDO (Ftalato de Dioctil) de $0,3 \text{ }\mu\text{m}$ (ASTM-2986).

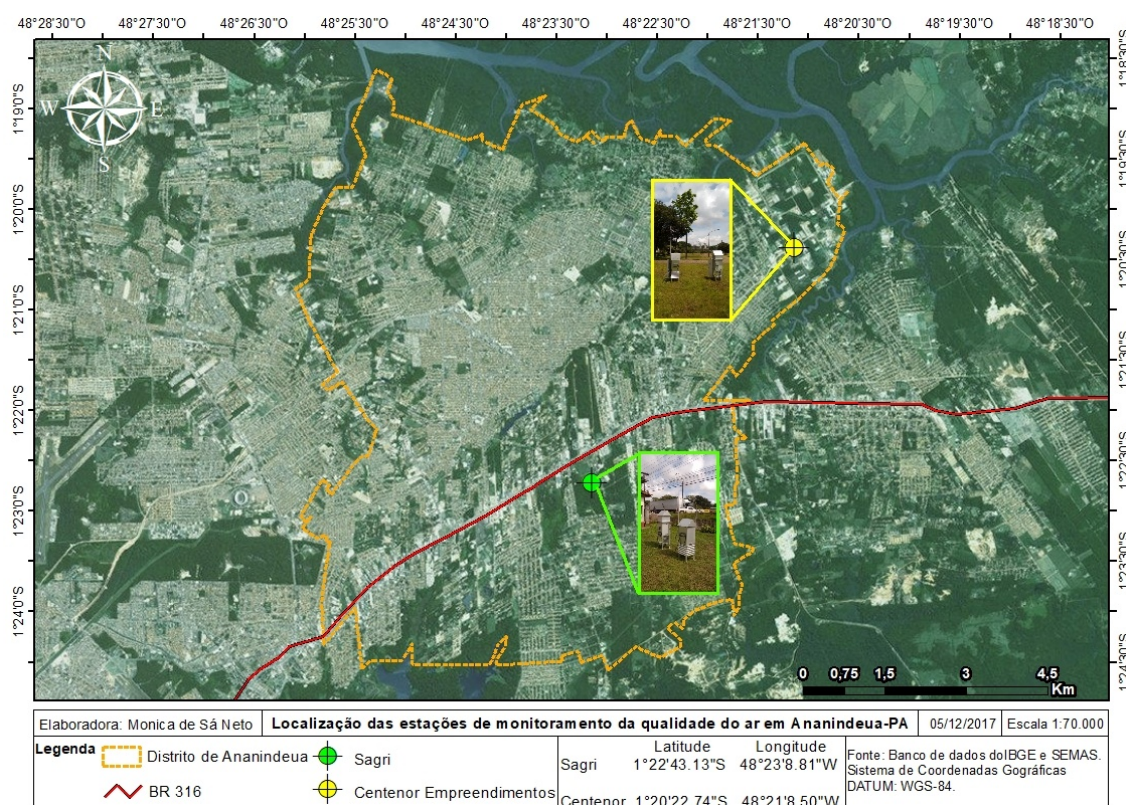


Figura 1. Localização das Estações de Monitoramento frente às áreas limítrofes do município.

Coleta e análise dos poluentes gasosos: SO_2 e NO_2

Para a amostragem e análise do poluente gasoso SO_2 , utilizou-se como parâmetro a NBR 9546:1986 (ABNT, 1986) e para a medição de NO_2 utilizou-se o USEPA EQN-1277-026, método do arsenito de sódio para determinação de dióxido de nitrogênio na atmosfera (USEPA, 1977).

Para coleta dos gases SO_2 e NO_2 , foi utilizado o equipamento TRIGÁS, de fabricação da empresa Energética, que

serve para a amostragem e coleta simultânea de até três poluentes gasosos no ar atmosférico.

O amostrador é formado por um trem de amostragem que, mediante o uso de uma bomba de vácuo, faz borbulhar o ar atmosférico em uma reagente especial e com vazão conhecida, onde fica retido o gás poluente para análise posterior no laboratório. Cada frasco contém uma solução específica conforme cada gás objeto do estudo referenciado nas normas técnicas em que foi embasada a coleta.



Figura 2. Estação CENTENOR e Estação SAGRI.

Resultados e discussão

Através dos resultados quantitativos obtidos para os dois pontos amostrais instalados em ambientes e períodos com características diferenciadas do município e após o tratamento dos dados alcançados, foi possível estabelecer um diagnóstico da situação atmosférica qualitativa em que se encontra a área de estudo. É importante ressaltar, que este é o primeiro estudo com tal objetivo realizado na região metropolitana de Belém, em conformidade plena com as normas técnicas (ABNT/NBR e USEPA) e resoluções ambientais, envolvendo a complexidade das técnicas empregadas, com todo o aparato instrumental e suporte laboratorial necessários para garantir a confiabilidade dos resultados.

Entre os poluentes monitorados todos atenderam os padrões estabelecidos pela Resolução Conama nº 003/1990 (Brasil, 1990), o que apresentou maiores concentrações relativas foi o PTS, indicando-o como o

poluente critério e o principal indicador do grau de degradação da qualidade do ar e efeitos danosos à saúde.

Levando em consideração os resultados obtidos para PTS frente aos índices do IQAr, as instalações da SAGRI em ambos os períodos (maio e setembro) obtiveram os resultados acima do estabelecido, tal fato pode ser justificado devido o empreendimento estar inserido em uma área urbana mista do município, com contribuição de grande circulação de veículos automotores, ao longo da rodovia BR-316, principal porta de entrada e saída para a capital Belém.

Se compararmos os resultados das duas amostragens ao longo do ano para a SAGRI, nota-se que em setembro o resultado foi quase 83% maior que se comparado ao mês de maio.

Fator este que pode ter contribuição dos fatores meteorológicos da região, conhecidos como “verão e inverno amazônico”. Na Figura 3 é apresentado o comparativo de desvio de precipitação mensal respectivamente.

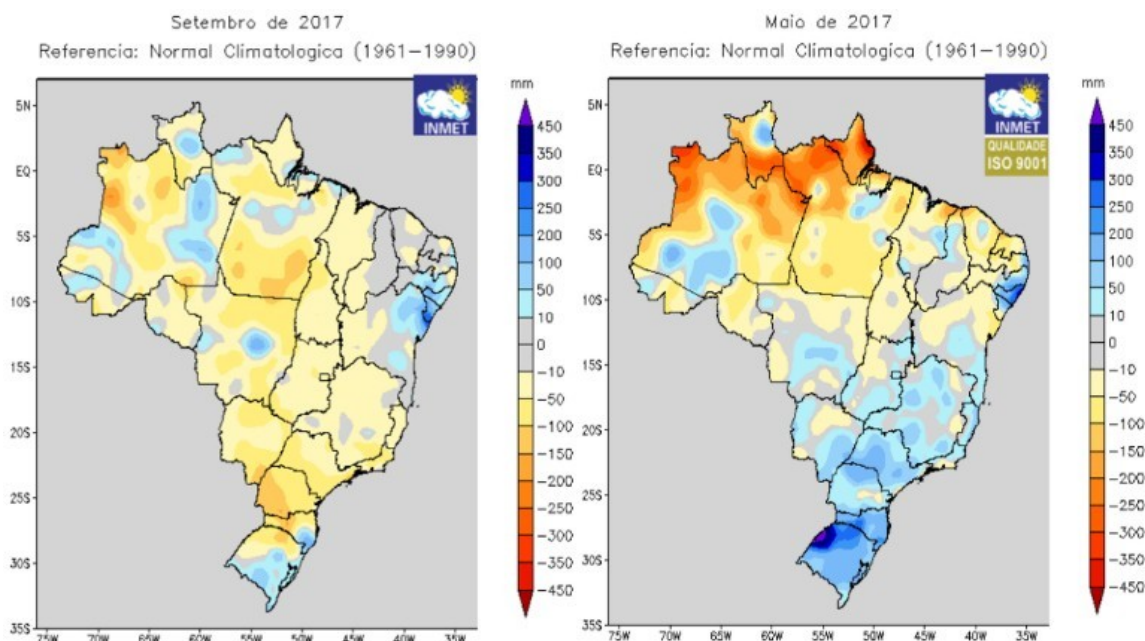


Figura 3. Desvio de precipitação mensal para os meses de setembro e maio. Fonte: INMET (2017).

Em outras regiões do Brasil, dezembro é sinônimo de verão, ao norte do país inicia-se o chamado “inverno amazônico”. O nome se refere à grande incidência de chuvas que ocorrem entre os meses de dezembro e maio na região. Vale enfatizar que o que convencionamos chamar de estações do ano se refere às diferenças em relação à incidência de energia solar em um determinado local, ao longo do ano.

A Amazônia está localizada próxima a linha imaginária que corta o globo terrestre ao meio, chamada de Linha do Equador. Na prática isso significa que a região recebe praticamente a mesma quantidade de energia solar durante todo o ano, o que faz com que não tenhamos uma definição quanto às quatro estações convencionais de verão, inverno, outono e primavera. Ao invés disso, percebemos duas delas: uma chuvosa e outra menos chuvosa ou mais seca.

Se compararmos os resultados da CENTENOR, que está localizada em uma área industrial, próxima a várias fontes fixas de emissão, observa-se que no período de estiagem que vai de junho a novembro, os valores de PTS também estão acima dos índices do IQAr, porém estão atendendo o estabelecido pela Resolução CONAMA nº 003/1990 para os padrões primários.

Em consonância com a avaliação dos resultados das Tabelas 1 e 2 a seguir, todos os resultados satisfazem o estabelecido na Resolução CONAMA nº 003/1990, porém quando os mesmos são avaliados frente ao IQAr, observou-se que 3 amostras do parâmetro PTS nas Estações da SAGRI (meses de setembro e maio) e CENTENOR (mês de setembro) se enquadraram como REGULAR, portanto abaixo dos padrões de qualidade do ar proposto.

Tabela 1. Concentração dos poluentes da CENTENOR.

Poluente	ESTAÇÃO - CENTENOR			Faixa de concentração			IQAr
	Período de coleta	Unid.	Resultado analítico	CONAMA 003 (µg/m³)		*IQAr (µg/m³)	
				Primário	Secundário		
PTS	Maio	µg/m³	44,43	240	150	0 – 50	Boa
	Setembro	µg/m³	54,37			51 a 100	Regular
NO₂	Maio	µg/m³	11,07	365	100	0 - 50	Boa
	Setembro	µg/m³	19,45			0 - 50	Boa
SO₂	Maio	µg/m³	19,6	320	190	0 - 50	Boa
	Setembro	µg/m³	11,1			0 - 50	Boa

Tabela 2. Concentração dos Poluentes da SAGRI.

Poluente	CENTENOR - Dados			Faixa de concentração			IQAr
	Período de coleta	Unid.	Resultado analítico	CONAMA 003 (µg/m³)		*IQAr (µg/m³)	
				Primário	Secundário		
PTS	Maio	µg/m³	51,84	240	150	51 a 100	Regular
	Setembro	µg/m³	94,73			51 a 100	Regular
NO₂	Maio	µg/m³	11,99	365	100	0 - 50	Boa
	Setembro	µg/m³	19,63			0 - 50	Boa
SO₂	Maio	µg/m³	19,6	320	190	0 - 50	Boa
	Setembro	µg/m³	11,1			0 - 50	Boa

Os resultados obtidos são bastante preocupantes já que o ar nessa faixa pode causar sintomas como tosse seca e cansaço, sendo um agravante devido à possibilidade de problemas respiratórios ao grupo de indivíduos mais sensíveis (crianças, idosos e pessoas com doenças respiratórias e cardíacas).

Segundo Oliveira (2008), as diferentes frações do material particulado podem possuir origens distintas em função da sua granulometria.

As PTS e as Partículas inaláveis (PI ou PM₁₀) estão mais associadas a processos naturais, como erosão eólica, ressuspensão em vias ou áreas com solo exposto ou a operações de moagem e emissões industriais, depositando-se próximo a suas fontes.

O índice de qualidade do ar (IQAr) adotado é uma ferramenta

utilizada para simplificar a divulgação dos dados relativos ao monitoramento da qualidade do ar.

Foi desenvolvido pela Agência de Proteção Ambiental (EPA) dos Estados Unidos da América, e consiste em transformar as concentrações de poluentes atmosféricos em um único valor adimensional que possibilita a comparação com os valores definidos na Legislação aplicável e facilita a compreensão do público em relação aos níveis de poluição atmosférica.

O valor do IQAr é obtido através de uma função linear segmentada, na qual os pontos de inflexão representam os padrões de qualidade do ar e os níveis de qualidade do ar definidos na Resolução CONAMA nº 003/1990.

A fórmula para o cálculo do IQAr é na Equação 1 (CETESB (2016)).

$$IQAr = \text{Índice(inicial)} + \frac{\text{Conc. (final)} - \text{Conc. (inicial)}}{\text{índice (final)} - \text{índice (inicial)}} \times (\text{conc. medida} - \text{conc. Inicial})$$

Onde:

Índice = índice da qualidade do ar desejado;

Índice (inicial) = valor do índice que corresponde à concentração inicial;

Índice (final) = valor do índice que corresponde à concentração final;

Conc. (medida) = concentração medida;

Conc. (inicial) = concentração inicial da faixa;

Conc. (final) = concentração final da faixa.

Após o cálculo do índice, a qualidade do ar pode ser classificada de acordo com as Tabelas 3, 4 e 5, onde a

qualidade do ar é classificada por cores em: Boa, Regular Inadequada, Má e Péssima.

Tabela 3. Índice da qualidade do ar para cada variável.

PTS ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	NO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	SO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	IQAr ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Qualidade do Ar	Cor
0 - 80	0 - 100	0 - 80	0 - 50	BOA	VERDE
81 - 240	100 - 320	80 - 365	51 - 100	REGULAR	AMARELO
241 - 375	320 - 1130	365 - 800	101 - 150	INADEQUADO	LARANJA
376 - 625	1130 - 2260	800 - 1600	151 - 200	MÁ	VERMELHO
626 - 875	2261 - 3000	1601 - 2100	201 - 300	PÉSSIMA	ROXO
>876	>3000	>2100	301 - 500	CRÍTICA	MARROM

Fonte: Adaptado de USEPA (2000).

O IQAr também pode ser associado aos efeitos da poluição do ar sobre a saúde humana, conforme apresentado na Tabela 4. Nos Estados Unidos, através da EPA, o *Air Quality Index* (AQI) (USEPA, 1999) é aplicado na divulgação diária da qualidade do ar, indicando níveis de poluição, associando-os com os efeitos sobre a saúde e com os cuidados que devem ser adotados.

Os resultados obtidos das concentrações dos poluentes foram avaliados frente à metodologia do Índice de Qualidade do Ar (IQAr) e os padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 003/1990, seguindo essa lógica foi

elaborada a Tabela 5, apresentada a seguir, para melhor entendimento das concentrações dos poluentes medidos seus efeitos sobre a saúde humana caso sejam ultrapassados.

Frente a todas essas avaliações, foi realizado um último comparativo dos parâmetros estudados com os de grandes centros urbanos do eixo sudeste, a região selecionada foi Cubatão, Guarulhos e Osasco, localizados no Estado de São Paulo, por compreendermos que as áreas de estudos com características industriais (CENTENOR) e urbanas mistas (SAGRI) tem forte semelhança.

Tabela 4. Interpretação qualitativa do ar.

QUALIDADE DO AR	INTERPRETAÇÃO
BOA	Qualidade do ar satisfatória, pouco ou nenhum risco à saúde.
REGULAR	Qualidade do ar aceitável, possibilidade de problemas respiratórios ao grupo de indivíduos mais sensíveis (crianças, idosos e pessoas com doenças respiratórias e cardíacas).
INADEQUADO	Insalubre ao grupo mais sensível, com riscos de problemas mais sérios à saúde. Pouco provável o efeito sobre os demais indivíduos.
MÁ	Problemas de saúde em toda a população, com riscos altos ao grupo mais sensível.
PÉSSIMA	Situação de alerta à saúde pública.
CRÍTICA	Situação de emergência.

Fonte: Adaptado pelos autores de US EPA (2000).

Tabela 5. Cruzamento dos padrões da Resolução CONAMA nº 003/1990 e IQAr.

IQAr -Qualidade do Ar	Descrição dos efeitos sobre a saúde	Padrões - Resolução CONAMA nº 003/1990
Boa (0 a 50)		Abaixo dos padrões de qualidade.
Regular (51 a 100)		Abaixo dos padrões de qualidade.
Inadequada (101 a 199)	Leve agravamento de sintomas em pessoas suscetíveis, com sintomas de irritação na população sadia.	Acima dos padrões de qualidade.
Má (200 a 299)	Decréscimo da resistência física, e significativo agravamento dos sintomas em pessoas com enfermidades cardiorrespiratórias. Sintomas gerais na população sadia.	Acima do nível de atenção.
Péssima (300 a 399)	Aparecimento prematuro de certas doenças, além de significativo agravamento dos sintomas. Decréscimo da resistência física em pessoas saudáveis.	Acima do nível de alerta.
Crítica (Maior que 400)	Morte prematura de pessoas doentes e pessoas idosas. Pessoas saudáveis podem acusar sintomas adversos que afetam sua atividade normal.	Acima do nível de emergência

Fonte: Adaptado USEPA (2000) e Resolução Conama nº 003/1990.

Em relação ao comparativo entre ambas as regiões, foi evidenciado através do Boletim diário por Poluente emitido pela CETESB (2017) que apenas o residual de NO₂ (aprox. 19 µg/m³ em Setembro) de Ananindeua, frente ao mesmo período na Região de Cubatão, no Estado de São Paulo, está nos mesmos

níveis. O que nos deixou em alerta, pois Cubatão é historicamente conhecida pelo seu grau de poluição ambiental e industrialização, no sentido macro da palavra.

Comparando o mesmo parâmetro com a Região de Guarulhos e Osasco, ambas localizadas na Região

parâmetros com os do boletim diário de poluentes (CETESB-SP) foi identificado que a variável NO₂ está nos mesmos nível da Região de Cubatão, no Estado de São Paulo. A variável SO₂ satisfaz a todos os requisitos estudados, não sendo preocupantes seus índices no tocante a saúde humana, fauna e flora.

Nesta perspectiva, o estudo nos demonstra que a dinâmica climática tem forte influencia na qualidade do ar na região amazônica. No inverno, por exemplo, a qualidade do ar para os poluentes investigados melhora, devido às precipitações arrastarem os gases e matérias particuladas de um modo geral, promovendo uma diluição dos mesmos.

Por fim, a concentração dos poluentes presentes no ar no município alvo do estudo indica que a contaminação atmosférica é um risco à saúde da população, não se sabe quais os meses de maior pico das concentrações, assim como quais os horários de maior incidência dos mesmos, muito menos quais os riscos que a população e o meio ambientes estão expostos devendo ser tratado como um problema prioritário a ser enfrentado pelos gestores ou pelos formuladores de políticas públicas.

Conflito de interesses

Os autores declaram não haver conflito de interesses.

Referências

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 9546:1986 - Dióxido de enxofre no ar ambiente - Determinação da concentração pelo Método da Pararosanilina**. Rio de Janeiro: ABNT, 1986.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 9547:1997 - Material particulado em suspensão no ar ambiente - Determinação da concentração total pelo método do amostrador de grande volume**. Rio de Janeiro: ABNT, 1997.

Barbosa, S. M. M.; Farhat, S. C. L.; Martins, L. C.; Pereira, L. A. A.; Saldiva P. H. N. Air pollution and children's health: Sick cell

disease. **Caderno de Saúde Pública**, v. 31, n. 2, p. 265-75, 2015. <https://doi.org/10.1590/0102-311X00013214>

Bernardes, A. P.; Azevedo, D. A.; Almeida, T. W. J. Sistema de Monitoramento e Qualidade do Ar com Raspberry Pi. **Revista Científica Eletrônica Uniseb**, v. 2, n. 3, p. 200-220, 2014. Disponível em: <<http://estacio.ribeirao.com.br/revistacientifica/arquivos/revista3/4-TecnologiaeInova%C3%A7%C3%A3o/15-Engenharias-ThiagoSistema%20monitoramento.pdf>>. Acesso em: 17 mar. 2018.

Brasil. **Resolução CONAMA nº 003, de 28 de junho de 1990**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res90/res00390.html>>. Acesso em: 17 mar. 2018.

Carugno, M. Consonni, D. Randi, G. Catelan, D. Grisotto, L. Bertazzi, P. A. Air pollution exposure, cause-specific deaths and hospitalizations in a highly polluted Italian region. **Environmental Research**, v. 147, p. 415-424, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2016.003.0003>

Cesce, E. A. P. **Epidemiologia e determinantes sociais das doenças crônicas não transmissíveis no Brasil**. Recife: Centro de Pesquisas Aggeu Magalhães, Fundação Oswaldo Cruz, 2007. (Tese de Doutorado).

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Boletim diário por poluente da CETESB (08/12/2017 - horário de fechamento: 11:00h)**. 2017. Disponível em: <<http://cetesb.sp.gov.br/ar/boletim-por-poluente/>>. Acesso em: 08 maio 2018.

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Qualidade do ar no Estado de São Paulo**. 2016. Disponível em: <<http://cetesb.sp.gov.br/ar/publicacoes-relatorios/>>. Acesso em: 08 maio 2018.

Dapper, S. N. Spohr, C.; Zanini, R. R. Poluição do ar como fator de risco para a saúde: uma revisão sistemática no estado de São Paulo. **Estudos Avançados**, v. 30, n. 86, p. 83-97, 2016. <https://doi.org/10.1590/S01003-40142016.00100006>

Drumm, F. C. Poluição atmosférica proveniente da queima de combustíveis derivados do petróleo em veículos automotores. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 18, n. 1, p. 66-78, 2014. Disponível em:

- <<https://periodicos.ufsm.br/reget/article/view/10537/pdf>>. Acesso em: 08 maio 2018.
- INMET - Instituto Nacional de Meteorologia. **Desvio de precipitação mensal**. 2017. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/>>. Acesso em: 08 maio 2018.
- Kim, K.; Kabir, E.; Kabir, S. A review on the human health impact of airborne particulate matter. **Environment International**, v. 74, p. 136-143, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2014.10.005>
- Mello, L. F.; Sathler, D. A demografia ambiental e a emergência dos estudos sobre população e consumo. **Revista Brasileira de Estudos de População**, v. 32, n. 2, p. 357-380, 2015. <https://doi.org/10.1590/S0102-30982015000000020>
- Miranda, G. M. D.; Mendes, A. C. G.; Silva, A. L. A. O envelhecimento populacional brasileiro: desafios e consequências sociais atuais e futuras. **Revista Brasileira de Geriatria e Gerontologia**, v. 19, n. 3, p. 507-519, 2016. <https://doi.org/10.1590/1809-98232016019.150140>
- MMA - Ministério do Meio Ambiente. **III Conferência Nacional de Meio Ambiente**: Cadernos de debate. 2008. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/secex_cnma/_arquivos/caderno_de_debate.pdf>. Acesso em: 08 maio 2018.
- Motta, R. S.; Hargrave, J.; Luedemann, G.; Gutierrez, M. B. S. **Mudança do clima no Brasil**: aspectos econômicos, sociais e regulatórios. Brasília: IPEA, 2011. Disponível em: <http://desafios2.ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/livros/livros/livro_mudancadoclima_port.pdf>. Acesso em: 08 maio 2018.
- Nicolussi, F. H. Poluição do ar e doenças respiratórias alérgicas em escolares. **Revista de Saúde Pública**, v. 48, n. 2, p. 326-30, 2014. <https://doi.org/10.1590/S00034-8910.2014.048004940>
- Oliveira, V. **A qualidade do ar na Região Metropolitana do Rio de Janeiro**: a saúde pública como elo central de articulação e suas implicações na gestão integrada saúde e ambiente. Rio de Janeiro: Fiocruz - Fundação Oswaldo Cruz, 2008. (Tese de doutorado).
- Pinheiro, S. L. L. A. Efeitos isolados e sinérgicos do MP10 e da temperatura média na mortalidade por doenças cardiovasculares e respiratórias. **Revista de Saúde Pública**, v. 48, n. 6, p. 881-888, 2014. <https://doi.org/10.1590/S00034-8910.2014048005218>
- Rosemback, R. G.; Rigotti, J. I. R.; Feitosa, F. F.; Monteiro, A. M. V. Demografia, planejamento territorial e a questão habitacional: prognóstico da situação habitacional do Litoral Norte Paulista. **Revista Brasileira de Estudos de População**, v. 34, n. 2, p. 301-320, 2017. <https://doi.org/10.20947/S0102-3098a0005>
- Santos, V. P. O papel dos poluentes atmosféricos sobre o peso ao nascer em cidade de médio porte Paulista. **Revista Paulista de Pediatria**, v. 32, n. 4, p. 306-312, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.rpped.2014.06.003>
- Silva, C. M. A. Material particulado originário de queimadas e doenças respiratórias. **Revista de Saúde Pública**, v. 47, n. 2, p. 345-352, 2013. <https://doi.org/10.1590/S00034-8910.2013047004410>
- Testa, J. F. A poluição atmosférica por veículos automotores na Região Metropolitana de São Paulo: causas e impactos. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 19, n. 2, p. 1209-1221, 2015. <https://doi.org/10.5902/2236117016944>
- USEPA - U. S. Environmental Protection Agency. **Guideline for Reporting of Daily Air Quality - Air Quality Index (AQI)**. EPA-454/R-99-010. Washington: USEPA, 1999.
- USEPA - U. S. Environmental Protection Agency. **Sodium arsenite method for the determination of nitrogen in the atmosphere**. Designated Equivalent Method No. EQN-1277-026. North Carolina: USEPA, 1977. Disponível em: <https://www.energetica.ind.br/wp/env1/wp-content/uploads/2016/01/env1_metodo-epa-no2-arsenito-sodio-eqn-277-026-rev-01.pdf>. Acesso em: 08 maio 2018.
- WHO - World Health Organization. **Polluted air**. Disponível em: <<http://www.who.int/home-page>>. Acesso em: 08 maio 2018.



Informação da Licença: Este é um artigo Open Access distribuído sob os termos da [Licença Creative Commons Attribution](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), que permite uso irrestrito, distribuição e reprodução em qualquer meio, desde que a obra original seja devidamente citada.