



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO  
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE  
INSTITUTO DE ESTUDOS EM SAÚDE COLETIVA

**LUCAS OTAVIO ROSA DE SOUZA**

ESTUDO DE CONTAMINAÇÃO QUÍMICA E AVALIAÇÃO DE RISCO À SAÚDE DE  
CRIANÇAS POR METAIS PESADOS EM SOLOS DO BAIRRO DO CAJU, RIO DE  
JANEIRO (RJ): uma análise dos impactos por atividades antrópicas

Rio de Janeiro

2021

LUCAS OTAVIO ROSA DE SOUZA

ESTUDO DE CONTAMINAÇÃO QUÍMICA E AVALIAÇÃO DE RISCO À SAÚDE DE  
CRIANÇAS POR METAIS PESADOS EM SOLOS DO BAIRRO DO CAJU, RIO DE  
JANEIRO (RJ): uma análise dos impactos por atividades antrópicas

Monografia apresentada ao Instituto de Estudos em Saúde Coletiva, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Saúde Coletiva.

Orientador: Prof. Dr. Antonio Azeredo

Coorientador: Prof. Dr. Rodrigo Ornellas Meire

Rio de Janeiro

2021

## **FOLHA DE APROVAÇÃO**

LUCAS OTAVIO ROSA DE SOUZA

ESTUDO DE CONTAMINAÇÃO QUÍMICA E AVALIAÇÃO DE RISCO À SAÚDE DE CRIANÇAS POR METAIS PESADOS EM SOLOS DO BAIRRO DO CAJU, RIO DE JANEIRO (RJ): uma análise dos impactos por atividades antrópicas

Monografia apresentada ao Instituto de Estudos em Saúde Coletiva, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Saúde Coletiva

Aprovada em: 08 de outubro de 2021.

---

Prof. Dr. Antonio Azeredo (Orientador)

Universidade Federal do Rio de Janeiro – IESC/UFRJ

---

Prof. Dr. Rodrigo Ornellas Meire (Coorientador)

Universidade Federal do Rio de Janeiro – DUQUE DE CAXIAS/UFRJ

---

Prof. Dr. Armando Meyer

Universidade Federal do Rio de Janeiro – IESC/UFRJ

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Márcia Aparecida Ribeiro de Carvalho

Universidade Federal do Rio de Janeiro – IESC/UFRJ

Dedico este trabalho à minha avó, o meu maior exemplo de resiliência, luta, caráter e alegria. A quem sempre fez questão de ocupar o primeiro lugar na fila para aplaudir as conquistas de sua família.

*In memoriam* de Rahilda de Souza Rosa

## AGRADECIMENTOS

À minha família, que sempre me apoiou mesmo durante os momentos mais difíceis da minha vida pessoal e acadêmica. Em especial, meus pais Rosana e Carlos e meu irmão Leonardo, que sempre me ofereceram suporte para conseguir passar pelos obstáculos da vida, pelo incentivo aos meus estudos, por todo amor, carinho, por serem meus exemplos de dedicação, caráter, respeito ao próximo, e por sempre estarem ao meu lado.

Aos meus professores e ao corpo social do Instituto de Estudos em Saúde Coletiva da UFRJ, que em diferentes momentos contribuíram para a minha formação pessoal e profissional. Em especial, as professoras Marcia Ribeiro, Tatiana Clarkson, Maria de Lourdes, Thatiana Fernandes, Gerusa Gibson, ao professor Gabriel Schütz, e ao bibliotecário Roberto Unger. À banca examinadora, pelo aceite, disponibilidade e contribuição neste processo final.

À meus orientadores, o Prof. Dr. Rodrigo Meire, que proporcionou a minha primeira oportunidade de contato com a ciência no campo que tanto admiro, por toda paciência, por todo auxílio acadêmico e ensinamentos. E ao Prof. Dr. Antonio Azeredo, que embarcou em todos os meus planos, me ofereceu todo suporte acadêmico necessário, pela amizade, e contribuição para o fechamento desse ciclo.

Aos integrantes do Laboratório de Radioisótopos Eduardo Penna Franca, que nesses 6 anos se tornaram grandes companheiros de pesquisa que levarei para a vida. Obrigado a todos pela oportunidade, por todo suporte, momentos e ensinamentos, principalmente, ao chefe do laboratório Prof. Dr. Olaf Malm, aos colaboradores Adan, Ricardo e Glenda, e aos companheiros de pesquisa Suélem, Eddie, Dhoone, Paulo, Thayná, Gabriel, Felipe, Adriana, Thais e Juliana.

À todos os profissionais da Vigilância em Saúde Ambiental da Secretaria Municipal de Saúde do Rio de Janeiro, em especial, Flavia Tebaldi da Coordenadoria Geral de Atenção Primária da AP 3.1, ao Rafael Pinheiro e ao Ortiz Junior da Coordenação de Vigilância em Saúde Ambiental. Obrigado pela oportunidade de atuar no campo da Vigilância em Saúde, pelo espaço de contribuição com ações para o SUS, pela preceptoria, amizade, paciência, por todo suporte e ensinamentos.

Aos amigos de longa data que sempre estiveram ao meu lado, me apoiando e torcendo pelo meu sucesso, especialmente, Natália, Paulo Maia, Romulo, Juliana, Lanay, Kathleen, Beatriz, Larissa, Pedro, Aline, Walter e Deni. Aos amigos mais recentes que a vida acadêmica me proporcionou, tornando tudo mais agradável, principalmente, Ana Clara, Wagner, Carol, Luiz Carlos e Hannah.

À universidade pública, especialmente, a Universidade Federal do Rio de Janeiro, que durante todos esses anos me subsidiou o conhecimento necessário para minha formação pessoal, acadêmica e profissional. E por fim, à todos que contribuíram diretamente ou indiretamente para que eu chegasse até aqui e concluísse mais esse ciclo. O meu muito obrigado!

*A tarefa não é tanto ver aquilo que ninguém viu, mas pensar o que ninguém ainda pensou sobre aquilo que todo mundo vê.*

**Arthur Schopenhauer**

## RESUMO

ROSA, Lucas Otavio. **Estudo de contaminação química e avaliação de risco à saúde de crianças por metais pesados em solos do bairro do Caju, Rio de Janeiro (RJ):** uma análise dos impactos por atividades antrópicas. Monografia (Graduação em Saúde Coletiva) – Instituto de Estudos em Saúde Coletiva, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2021.

As estimativas de risco associados à exposição aos metais pesados são importantes ferramentas para relacionar valores de contaminação com potenciais agravos à saúde humana. Nesse sentido, a estimativa do Quociente de Perigo, técnica elaborada pela U.S. EPA (United States Environmental Protection Agency) para efeitos adversos crônicos não carcinogênicos pode ser derivada dos estudos de contaminação química de solos. O objetivo deste trabalho foi estimar usando a técnica do Quociente de Perigo como ferramenta para avaliação dos riscos crônicos através da exposição de crianças aos metais pesados em solos do bairro do Caju, município do Rio de Janeiro, RJ. Para o desenvolvimento deste trabalho foram realizadas coletas de solo superficial no ano de 2016, ao fim da época seca, no bairro do Caju. Em laboratório, as amostras foram peneiradas com finalidade de aproveitamento da fração mais fina, posteriormente, foram secas em estufa, submetidas à digestão ácida e, por fim, injetadas para análise em espectrômetro de absorção atômica para os metais Cd, Pb, Cu, Cr, Mn e Zn. Os dados de contaminação por metais (mg/kg) obtidos no presente estudo foram usados no cálculo da dose média diária, para estimar o Quociente de Perigo através de três vias de exposição (inalação, ingestão e dérmico) e para o cálculo do Índice de Perigo. Conforme os resultados obtidos, somente o Mn foi detectado em todas as amostras de solo coletadas no bairro do Caju. Os valores das concentrações dos metais analisados em solo se mostraram compatíveis com os referidos para diferentes regiões do mundo. A estimativa do Quociente de Perigo para crianças sugere que os resultados foram sensíveis à detecção da probabilidade de efeitos adversos à saúde através da exposição via contato dérmico. Na estimativa do Quociente de Perigo Total, ambos os metais Cd e Cr apresentaram resultados superiores ao limite. Na estimativa do Índice de Perigo, também foram observados resultados que excedem o limite em diferentes pontos de coleta, representando também a probabilidade de risco crônico à saúde. Os presentes achados por este trabalho se mostraram pioneiros na análise da contaminação do solo por metais pesados no bairro do Caju e consistentes em termos de saúde pública, podendo subsidiar dados para diferentes setores da sociedade.

Palavras-chave: Avaliação de risco. Toxicologia. Solos urbanos. Metais pesados. Bairro do Caju.



## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Distribuição da população residente do bairro do Caju (município do Rio de Janeiro, RJ) por grupos de idade .....	20
Gráfico 2 - Concentrações (mg/kg) de metais pesados em solos (por ponto de coleta) do bairro do Caju.....	50
Gráfico 3 - Percentagens da distribuição dos metais pesados em solos do bairro do Caju .....	50

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Distribuição das Áreas de Planejamento do município do Rio de Janeiro .....	21
Figura 2 - Distribuição dos bairros da Área de Planejamento 1.0 do município do Rio de Janeiro.....	22
Figura 3 - Fachada da Casa de Banhos de D. João VI, atual Museu da Limpeza Urbana, no bairro do Caju .....	24
Figura 4 - Fachada de uma das casas da Vila de São Lázaro, no bairro do Caju .....	25
Figura 5 - Pinturas/escritas de autoria do Profeta Gentileza no Viaduto do Caju (Viaduto do Gasômetro) .....	26
Figura 6 - Concentração média de 24 horas de MP ao longo da campanha I .....	39
Figura 7 - Concentração média de 24 horas de MP ao longo da campanha II .....	40
Figura 8 - Concentração média de 24 horas de MP ao longo da campanha III.....	40

## **LISTA DE QUADROS**

Quadro 1 - Principais tipos de poluição do solo, suas fontes e efeitos sobre à saúde humana e ao meio ambiente.....	29
Quadro 2 - Principais poluentes atmosféricos, suas fontes de emissão e efeitos sobre à saúde humana .....	31
Quadro 3 - Principais metais pesados, suas fontes e efeitos sobre à saúde humana .....	34

## LISTA DE TABELA

Tabela 1 - Principais padrões nacionais de qualidade do ar .....	38
Tabela 2 - Lista dos Valores Orientadores de qualidade do solo (mg/kg) para algumas substâncias químicas .....	46
Tabela 3 - Equações para o cálculo da dose média diária para as três vias de exposições (não carcinogênico), do Quociente de Perigo e do Índice de Perigo.....	47
Tabela 4 - Concentrações (mg/kg) de metais pesados em solos do bairro do Caju .....	49
Tabela 5 - Comparação de múltiplas médias para Cd .....	51
Tabela 6 - Comparação de múltiplas médias para Pb.....	52
Tabela 7 - Comparação de múltiplas médias para Cu .....	53
Tabela 8 - Comparação de múltiplas médias para Cr.....	54
Tabela 9 - Comparação de múltiplas médias para Mn .....	55
Tabela 10 - Comparação de múltiplas médias para Zn .....	56
Tabela 11 - Comparação da contaminação de solo (mg/kg) por Cd .....	57
Tabela 12 - Comparação da contaminação de solo (mg/kg) por Pb.....	59
Tabela 13 - Comparação da contaminação de solo (mg/kg) por Cu .....	60
Tabela 14 - Comparação da contaminação de solo (mg/kg) por Cr .....	62
Tabela 15 - Comparação da contaminação de solo (mg/kg) por Mn.....	63
Tabela 16 - Comparação da contaminação de solo (mg/kg) por Zn.....	64
Tabela 17 - Valores de dose média diária e do Quociente de Perigo para exposição via ingestão .....	66
Tabela 18 - Valores de dose média diária e do Quociente de Perigo para exposição via inalação .....	68
Tabela 19 - Valores de dose média diária e do Quociente de Perigo para exposição via contato dérmico .....	70
Tabela 20 - Valores de Quociente de Perigo Total e do Índice do Perigo .....	72

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AB	Atenção Básica
ACS	Agente Comunitário de Saúde
AP	Área de Planejamento
Ba	Bário
CAP	Coordenadoria Geral de Atenção Primária
Cd	Cádmio
CID10	Classificação Internacional de Doenças
CIEP	Centros Integrados de Educação Pública
CMS	Centro Municipal de Saúde
Co	Cobalto
COMLURB	Companhia Municipal de Limpeza Urbana do Rio de Janeiro
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
Cr	Cromo
Cu	Cobre
ESF	Estratégia de Saúde da Família
Fe	Ferro
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDH	Índice de Desenvolvimento Humano
IDS	Índice de Desenvolvimento Social
INPH	Instituto Nacional de Pesquisas Hidroviárias
IP	Índice de Perigo
IPHAN	Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional
IPP	Instituto Pereira Passos
IRPH	Instituto Rio Patrimônio da Humanidade
Mn	Manganês
MP	Material Particulado
Ni	Níquel
OMS	Organização Mundial da Saúde
Pb	Chumbo

QP	Quociente de Perigo
RA	Região Administrativa
SMAC	Secretaria Municipal de Meio Ambiente da Cidade
SMS	Secretaria Municipal de Saúde
U.S. EPA	<i>United States Environmental Protection Agency</i>
UBS	Unidade Básica de Saúde
Vigiar	Vigilância em Saúde Ambiental de Populações Expostas à Poluição Atmosférica
Vigidesastres	Vigilância em Saúde Ambiental dos Riscos Associados aos Desastres
Vigisolo	Vigilância em Saúde de Populações Expostas a Áreas Contaminadas
VSA	Vigilância em Saúde Ambiental
Zn	Zinco

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>16</b>
1.1 O BAIRRO DO CAJU (MUNICÍPIO DO RIO DE JANEIRO), RIO DE JANEIRO, BRASIL .....	16
<b>1.1.1 Um breve histórico do bairro do Caju.....</b>	<b>16</b>
<b>1.1.2 Características territorial .....</b>	<b>19</b>
<i>1.1.2.1 População, Território e Meio Ambiente.....</i>	<i>19</i>
<i>1.1.2.2 Saúde e Territorialização da Atenção Básica .....</i>	<i>20</i>
<i>1.1.2.3 Educação .....</i>	<i>22</i>
<i>1.1.2.4 Cultura.....</i>	<i>23</i>
<i>1.1.2.5 Esporte e Lazer.....</i>	<i>26</i>
<i>1.1.2.6 Infraestrutura e Saneamento .....</i>	<i>26</i>
<i>1.1.2.7 Renda, Desenvolvimento e Assistência Social.....</i>	<i>27</i>
1.2 POLUIÇÃO DO SOLO.....	27
<b>1.2.1 Poluição do solo: fontes, tipos e consequências a saúde humana .....</b>	<b>27</b>
1.3 POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA.....	30
<b>1.3.1 Poluição do ar: fontes, tipos e consequências a saúde humana .....</b>	<b>30</b>
1.4 TOXICOLOGIA DOS METAIS PESADOS .....	33
<b>1.4.1 Principais Metais Pesados, suas fontes naturais e antropogênicas e consequências da exposição à saúde humana .....</b>	<b>33</b>
1.5 CARACTERIZANDO O PROBLEMA.....	36
<b>1.5.1 Indicadores de Saúde .....</b>	<b>36</b>
<b>1.5.2 Indicadores Ambientais .....</b>	<b>38</b>
<b>2 JUSTIFICATIVA .....</b>	<b>41</b>
<b>3 OBJETIVOS .....</b>	<b>43</b>
3.1 OBJETIVO GERAL.....	43
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	43
<b>4 METODOLOGIA.....</b>	<b>44</b>
4.1 ÁREA DE ESTUDO E COLETA .....	44
4.2 TRATAMENTO E ANÁLISE DAS AMOSTRAS .....	45
4.3 AVALIAÇÃO DE RISCO À SAÚDE: QUOCIENTE DE PERIGO .....	46
4.4 ANÁLISE DOS DADOS .....	48
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>49</b>

5.1 CONCENTRAÇÃO DOS METAIS .....	49
5.2 TESTE COMPARATIVO DE MÚLTIPLAS MÉDIAS PARA METAIS .....	51
5.3 COMPARAÇÃO COM DADOS DA LITERATURA .....	57
5.4 ESTUDO DO QUOCIENTE DE PERIGO .....	64
<b>6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>74</b>
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>75</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>82</b>
ANEXO A – RESOLUÇÃO CONAMA Nº 003, DE 28 DE JUNHO DE 1990 .....	83
ANEXO B – PONTOS DE COLETA DAS AMOSTRAS DE SOLO NO BAIRRO DO CAJU .....	88
ANEXO C – RESOLUÇÃO CONAMA Nº 420, DE 28 DE DEZEMBRO DE 2009.....	89



## **1 INTRODUÇÃO**

### **1.1 O BAIRRO DO CAJU (MUNICÍPIO DO RIO DE JANEIRO), RIO DE JANEIRO, BRASIL**

#### **1.1.1 Um breve histórico do bairro do Caju**

O bairro do Caju, anteriormente chamada Imperial Quinta do Caju, pertencia a Fazenda Real de São Cristóvão, propriedade da Companhia de Jesus no qual os membros eram conhecidos como Jesuítas. Com a expulsão dos mesmos na metade do século XVIII a região passa a ser ocupada pela Coroa Portuguesa (ALVES, 2007; SOUZA, 2017).

Localizado na ponta da Baía de Guanabara, a região encantava por suas belas praias e numerosos cajueiros. No período era considerada uma região pacata, de clima agradável, beneficiado pela proximidade com a Baía de Guanabara e uma abundosa vegetação, fazendo da região um local conveniente para descanso (ALVES, 2007).

Erguido no fim do século XVIII, o solar na Praia do Caju, posteriormente, Casa de Banhos de Dom João VI em 1817 passa a ser frequentada por Dom João VI por instruções médicas para banhos de água salgada após desenvolver feridas nas pernas causadas por mordidas de carrapatos (ANDRADE, 2004; ALVES, 2007; RAMOS, 2014; SOUZA, 2017).

Em 1996, a mesma Casa de Banhos passa a ser administrada pela Companhia Municipal de Limpeza Urbana do Rio de Janeiro (COMLURB), nascendo o Museu da Limpeza Urbana, responsável por exhibir ao público a história da limpeza, saúde e urbanismo da cidade. Entretanto, o equipamento cultural no decorrer dos anos não recebeu os incentivos necessários para conseguir se manter, onde em 2012 encerrou suas atividades e permanece até hoje sem qualquer perspectiva de reabertura (SOUZA, 2017).

Quanto as atividades funerárias, no ano de 1851 a Santa Casa de Misericórdia passa a assumir a edificação e gestão de cemitérios e dos serviços funerários, sendo comprado um grande terreno no Caju, numa área antes conhecida como Fazenda Murundu, para a construção do primeiro cemitério público do Rio de Janeiro, chamado de São Francisco Xavier, inaugurado no mesmo ano (ANDRADE, 2004; ALVES, 2007; RAMOS, 2014; SOUZA, 2017).

Ainda por atuação da Santa Casa de Misericórdia, em 1855, foi inaugurado o extinto Hospital Nossa Senhora do Socorro, o “Socorrinho”, atualmente um asilo (ALVES, 2007; RAMOS, 2014; SOUZA, 2017). O Hospital São Sebastião e o Hospital Anchieta,

completavam os três hospitais que o bairro do Caju chegou a ter, atualmente, somente o Hospital Anchieta permanece prestando atendimentos a população.

Em 1762 foi construída a Casa de Trem, também batizado de Arsenal de Guerra de Dom João VI, e que tinha como função comportar peças de artilharia e coleção que remontava o cenário imperial, se localizava numa região denominada de Ponta do Calabouço. Em 1902 as instalações são transferidas para o atual bairro do Caju, sendo renomeado posteriormente de Arsenal de Guerra do Rio, compondo ainda no terreno anexo ao arsenal, a Indústria de Material Bélico do Brasil e a Fábrica de Material de Comunicação do Exército (RAMOS, 2014; SOUZA, 2017; BASTOS JUNIOR, 2020).

O Caju vinha a se tornar uma área propícia para a pesca, por sua localização próxima a Baía de Guanabara, como em vários outros pontos no entorno. O quantitativo de pescadores locais era bastante significativo, tendo sido construído uma capela em homenagem a um santo, São Pedro, considerado padroeiro dos pescadores, em um local chamado Retiro Saudoso (ALVES, 2007).

O ano de 1919 é datado como o início das atividades da colônia de pescadores Z-12, na Quinta do Caju, e cabe ressaltar que a constituição dessas colônias eram dependentes da Marinha de Guerra. Essa ingerência se dava ao fato do Brasil no século XX ter começado suas atividades de importação de peixes, onde depois da Primeira Guerra Mundial aumentou a preocupação do Estado em proteger a costa brasileira (ALVES, 2007).

Com o impulso da indústria pesqueira dado por parte do Estado (na década de 1960) foram proporcionados diversos incentivos e isenções às atividades industriais, e com isso, as atividades pesqueiras artesanais encontram barreiras e dificuldades. No Caju, a fase coincide com a edificação de grandes estaleiros, resultando numa perda de espaço para a colônia em decorrência dos grandes aterros, que limitaram os pescadores a uma pequena faixa do mar e em águas consideradas poluídas (ALVES, 2007).

Após diversas ocorrências de desastres ambientais no decorrer dos anos, somado a toda falta de saneamento e ao fato dos excrementos serem lançados diretamente na Baía de Guanabara, na atualidade, todas as colônias de pesca estão paralisadas. O comprometimento do meio ambiente e o crescimento da pesca industrial contribuíram para um cenário de degradação, restando somente alguns pequenos barcos de transporte de alimentos, de pesca recreativa e para passeios turísticos em ilhas próximas (SOUZA, 2017).

Quanto as atividades fabris, o final do século XIX foram decisivas para grandes mudanças no perfil da Freguesia de São Cristóvão, que no período incluía a Ponta do Caju, pois passou de uma região considerada residencial com comércio local para uma região com

promissora atividade industrial (ANDRADE, 2004; ALVES, 2007). A primeira indústria de grande relevância situada no Caju foi a indústria têxtil, e posteriormente, outras fábricas iniciaram suas atividades na região (ALVES, 2007).

Partindo dessas mudanças que incluíam o grande avanço nas atividades de pequenas industriais e o aumento de moradia da comunidade operária, iniciou o conceito de residir próximo ao mar, como representação de um estilo moderno de viver, crescendo o deslocamento da classe mais rica para uma região que nos dias atuais é conhecida como zona sul da cidade (ALVES, 2007).

A região então deixava de ser um local procurado principalmente para construções de residências de veraneio para se tornar uma região de instalação da população operária. Ainda que anteriormente a população do Caju fosse predominante de imigrantes portugueses e em menor número de espanhóis, na década de 1940 ocorre uma grande migração de nordestinos atraídos por empregos na cidade do Rio de Janeiro, nas áreas da construção civil e industrial (ALVES, 2007).

O Caju passa a se separar geograficamente de São Cristóvão e do restante da cidade em meados do século XX, em virtude da construção da Avenida Brasil. Com a conclusão das obras em 1946, em um espaço do litoral onde havia previamente sido aterrado, é que o porto e a indústria naval irão se consolidar no Caju (ANDRADE, 2004; ALVES, 2007; SOUZA, 2017). Posteriormente se acentuam ainda mais as barreiras físicas no Caju com a criação da Ponte Rio – Niterói, em 1974, e em seguida a partir da conclusão da primeira fase das obras da Linha Vermelha (RJ-071 – Via Expressa Presidente João Goulart) em 1978.

Em 1973, é instituída a Companhia Docas da Guanabara, posteriormente, em 1975, Companhia Docas do Rio de Janeiro. Já na década de 1970 o Caju era considerado uma região altamente industrial, sendo os maiores estaleiros a se firmarem na região as Indústrias Reunidas Caneco e a Ishikawajima do Brasil Estaleiros, porém, ambos tiveram suas atividades encerradas na década de 1990 (ALVES, 2007).

Atualmente ainda é expressiva a presença das atividades industriais no bairro do Caju, assim como a grande quantidade de terrenos com finalidade de uso industrial como antigas fábricas, pequenos estaleiros utilizados como estoques de contêineres, a forte presença de caminhões para transportes de materiais como cimento, concreteiras, locais de uso governamental como o Arsenal de Guerra, o Parque de Eletrônica da Aeronáutica, a Rede Ferroviária, a Companhia Docas, o depósito da COMLURB, dispositivos urbanos como aterros, cemitérios e hospitais (ANDRADE, 2004; ALVES, 2007; RAMOS, 2014), indústrias

de produtos químicos, distribuidoras de bebidas, garagens de transportes coletivos (RAMOS, 2014; SOUZA, 2017).

Com a recessão da indústria naval na década de 1990 e o fim das atividades de grandes estaleiros, o Caju acaba sofrendo grandes impactos sociais. Intensificando o crescimento das favelas no bairro, passando a ser identificado como Complexo do Caju (ALVES, 2007), onde segundo dados de Habitação e Urbanismo disponibilizados pela plataforma do Instituto Pereira Passos (IPP), atualmente o complexo é composto por nove favelas (DATA RIO, 2018a).

O Porto Maravilha foi um projeto iniciado no ano de 2009 com o objetivo de modernizar a Zona Portuária da cidade do Rio de Janeiro, compreendendo os bairros da Saúde, Gamboa, Santo Cristo e um trecho do Centro. Este projeto foi estimulado também pelos megaeventos esportivos que vieram a acontecer na cidade, como a Copa do Mundo em 2014 e os Jogos Olímpicos em 2016 (OLIVEIRA, 2014). Entretanto, o bairro do Caju foi excluído do plano de investimento, ficando assim o Caju pertencente à Região Portuária, a poucos quilômetros dos demais bairros contemplados pela revitalização.

Todo o histórico de um dos bairros mais antigos e importantes para a construção da atual Rio de Janeiro amplia a discussão sobre a gravidade dos riscos ambientais, da vulnerabilidade social, dos interesses políticos adversos as necessidades da população, corroborando com a falta de assistência prestada a população moradora do Caju. No fim, transmitindo a imagem de uma grande região da zona portuária do Rio de Janeiro historicamente negligenciada por políticas públicas e abandonados à própria sorte.

## **1.1.2 Características territorial**

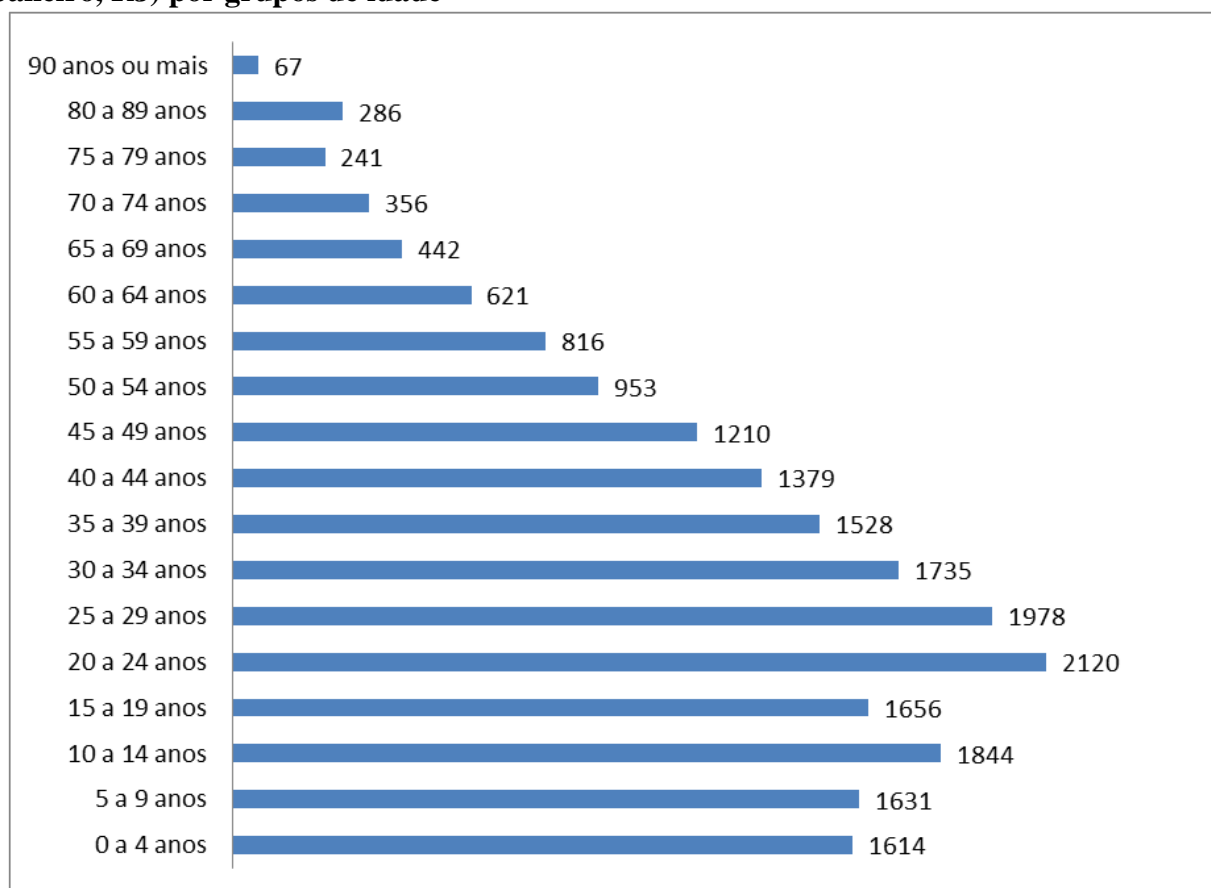
### *1.1.2.1 População, Território e Meio Ambiente*

O bairro do Caju está localizado na Zona Portuária do município do Rio de Janeiro, estado do Rio de Janeiro. De acordo com o Censo IBGE 2010 disponibilizado pelo Instituto Pereira Passos, o bairro possui uma população de cerca de 20.477 habitantes (DATA RIO, 2018a), no qual, conforme a estrutura populacional do bairro a faixa etária predominante está entre a população de 20 a 24 anos, e em seguida a população entre 25 e 29 anos, como demonstrado no Gráfico 1.

O Caju fica localizado próxima a uma grande região administrativa, comercial e de serviços, a região do centro da cidade do Rio de Janeiro e delimitado por três vias de grande fluxo veicular: a Avenida Brasil, a Avenida Presidente João Goulart (Linha Vermelha) e a

Ponte Rio-Niterói. O bairro possui uma extensão territorial de cerca de 534,75 ha, onde apesar disso, compreende uma grande ausência de áreas verdes, se restringindo a uma restrita faixa de manguezais e pequenas áreas arborizadas (DATA RIO, 2018a).

**Gráfico 1 - Distribuição da população residente do bairro do Caju (município do Rio de Janeiro, RJ) por grupos de idade**



Fonte: Elaborado pelo autor. Adaptado do Censo IBGE 2010 disponibilizado pelo Instituto Pereira Passos.

Conforme informação do Censo IBGE 2010 também disponibilizada pelo IPP, o bairro do Caju possui cerca de 6.665 domicílios, sendo 6.481 domicílios particulares (entre moradores com laços de parentesco) e 184 domicílios coletivos (instituições/estabelecimentos como: hotéis, orfanatos, asilos, presídios, postos militares, hospitais/clínicas, entre outros) e que cerca de 13,97% desses domicílios no Caju vivem abaixo da linha da pobreza, ocupando a 13ª posição entre 161 bairros da cidade do Rio de Janeiro (DATA RIO, 2018a).

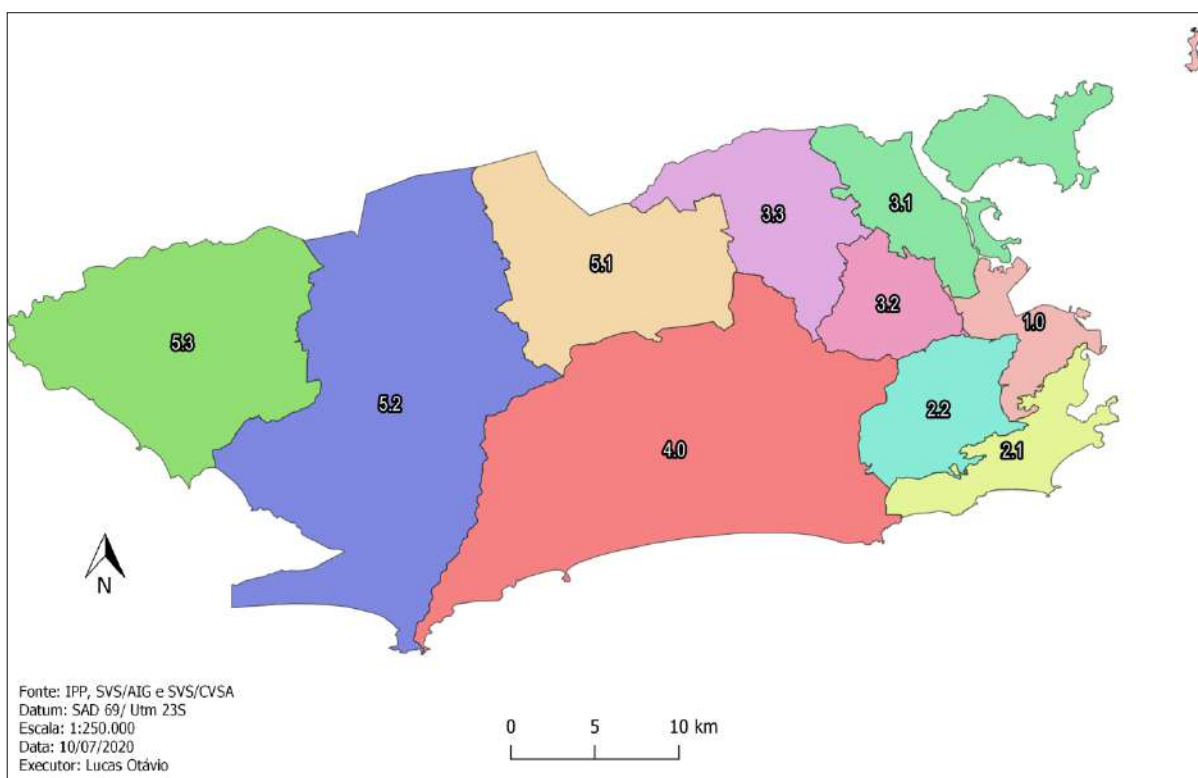
#### 1.1.2.2 Saúde e Territorialização da Atenção Básica

A cidade do Rio de Janeiro está organizada em dez Áreas de Planejamento (AP), que são equivalentes a distritos de saúde, conforme a Figura 1. O bairro do Caju corresponde a AP

1.0, compreendendo outros quinze bairros: Saúde, Gamboa, Santo Cristo, Centro, Catumbi, Rio Comprido, Cidade Nova, Estácio, São Cristóvão, Mangueira, Benfica, Vasco da Gama, Santa Teresa, Lapa e Paquetá (Figura 2). De acordo com a Secretaria Municipal de Saúde (SMS) do Rio de Janeiro, no ano de 2016 a AP 1.0 era responsável pela cobertura assistencial à saúde de cerca de 297.976 habitantes (RIO DE JANEIRO, 2016a).

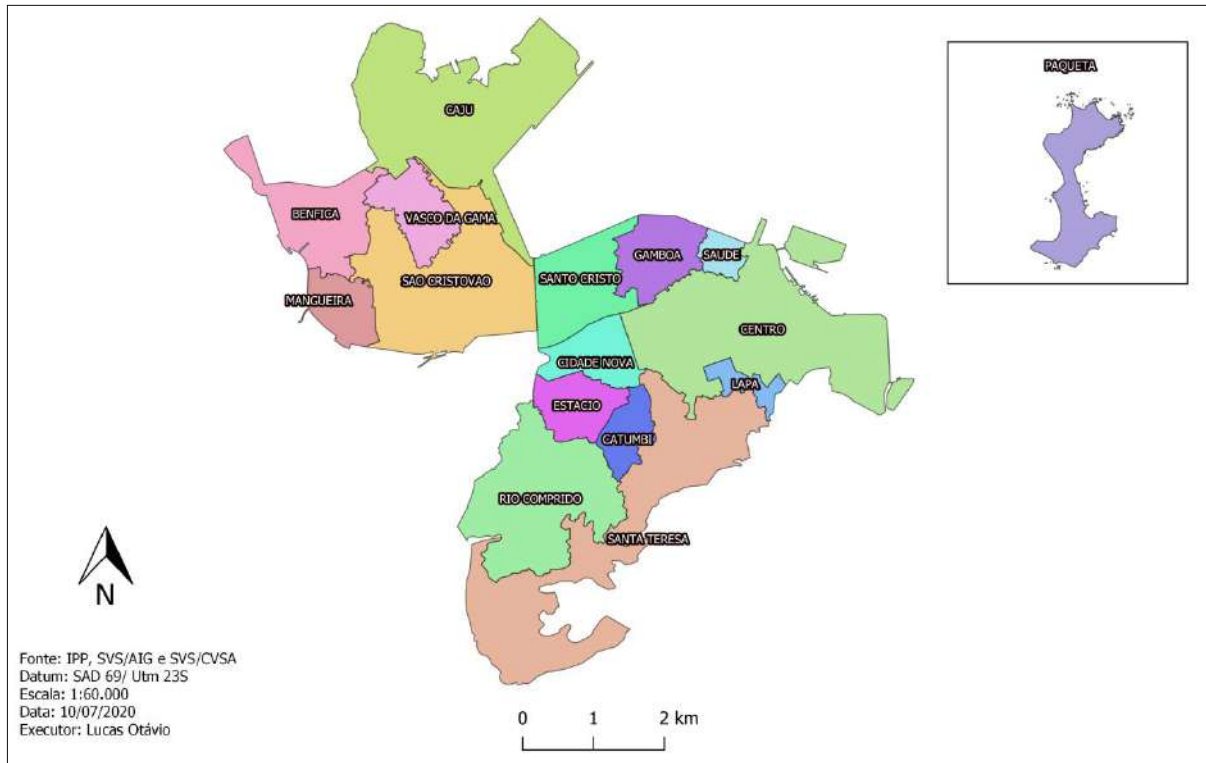
A Área de Planejamento 1.0 integra seis das trinta e três Regiões Administrativas (RA) do município do Rio de Janeiro, correspondentes a delimitação da cidade em distritos administrativos, no qual o Caju compõe a I RA denominada Portuária, junto aos bairros da Saúde, Gamboa e Santo Cristo (RIO DE JANEIRO, 2018).

**Figura 1 - Distribuição das Áreas de Planejamento do município do Rio de Janeiro**



Fonte: Elaborado pelo autor. Baseado em dados da Coordenação de Vigilância em Saúde Ambiental da Secretaria Municipal de Saúde do Rio de Janeiro.

**Figura 2 - Distribuição dos bairros da Área de Planejamento 1.0 do município do Rio de Janeiro**



Fonte: Elaborado pelo autor. Baseado em dados da Coordenação de Vigilância em Saúde Ambiental da Secretaria Municipal de Saúde do Rio de Janeiro.

Com a ampliação da Atenção Básica (AB) no município do Rio de Janeiro fundamentada na estratégia de ações de prevenção, promoção da saúde e diagnósticos precedentes a agravos foi implementada uma Unidade Básica de Saúde (UBS) no bairro do Caju, o Centro Municipal de Saúde (CMS) Fernando Antônio Braga Lopes, composto por seis equipes de Estratégia de Saúde da Família (ESF): Pérola, Esmeralda, Rubi, Diamante, Topázio e Safira. O número de usuários do CMS cadastrados pelos Agentes Comunitários de Saúde (ACS) se aproxima de 31 mil pessoas, representando uma população residente superior a apresentada pelo último Censo realizado no ano de 2010 (RAMOS, 2014).

### *1.1.2.3 Educação*

Conforme dados disponibilizados pelo Instituto Pereira Passos e baseado no Censo 2010, o Caju possui quatorze instituições públicas de educação (escolas municipais, creches, CIEPs, entre outros), entretanto, os bairros do Caju, Gamboa, Santo Cristo e Saúde que compõe a Região Portuária do Rio de Janeiro possuíam cerca de 1.819 habitantes na faixa

etária de 15 anos ou mais classificados como analfabetos, onde somente o bairro do Caju possuía 1.022 habitantes ditos como analfabetos (DATA RIO, 2018a), indicando que 56% dessa população da Região Portuária pertencia somente ao bairro do Caju, corroborando para um mau indicador da educação local.

#### *1.1.2.4 Cultura*

O Caju é considerado um bairro de grande importância quanto à concepção cultural do Rio de Janeiro desde a chegada da Família Real Portuguesa a cidade, servindo de cenários e construções históricas. Muitos desses referenciais históricos foram perdidos em virtude de ocupações territoriais desordenadas, danos causados pela população e/ou por não preservação do patrimônio por parte do poder público. Contudo, o bairro do Caju possui alguns bens tombados, considerados de extrema relevância para a estruturação histórica do bairro e da cidade.

Em 1938, a Casa de Banhos de Dom João VI foi tombada pelo Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN), nº do processo 0026-T-38, Livro Belas Artes nº 038; Vol. 1; F. 008. Livro Histórico nº 017; Vol. 1; F. 004, de 20 de abril de 1938. A propriedade conhecida por ter sido utilizada por Dom João VI para tratamento medicinal nas águas do Solar. Após anos de abandono e invasões irregulares, em 1996, a residência foi recuperada sob a administração da COMLURB, nascendo o Museu da Limpeza Urbana. Contudo, em 2012 o museu encerrou as suas atividades devido a falta de investimentos públicos (Figura 3).



**Figura 3 - Fachada da Casa de Banhos de D. João VI, atual Museu da Limpeza Urbana, no bairro do Caju**



Fonte: Fotografia por Halley Pacheco de Oliveira. Diário do Rio, 2016<sup>1</sup>.

De acordo com o Instituto Rio Patrimônio da Humanidade (IRHP), foram considerados bens tombados dois imóveis construídos em madeira, localizados numa região denominada Vila de São Lázaro (Rua da Indústria, nº 18 e Rua Mestre Camargo, nº 3), pelo decreto nº 14.464 de 20 de dezembro de 1995. Cujo estilo chegou à cidade do Rio de Janeiro através de imigrantes portugueses que se concentraram na região, representam a história da ocupação do bairro (Figura 4).

---

<sup>1</sup> Disponível em: <http://diariodorio.com/historia-da-casa-de-banho-de-dom-joao-vi-museu-da-limpeza-urbanao-atual-museu-da-limpeza-urbana-localizado-no-bairro-do-caju-ja-abrigou-algumas-historias-antes-de-ser-um-museu-da-comlurb-a-mais-fam/>. Acesso em: 09 set. 2020.

**Figura 4 - Fachada de uma das casas da Vila de São Lázaro, no bairro do Caju**



Fonte: Fotografia por Beth Santos. Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro, 2014<sup>2</sup>.

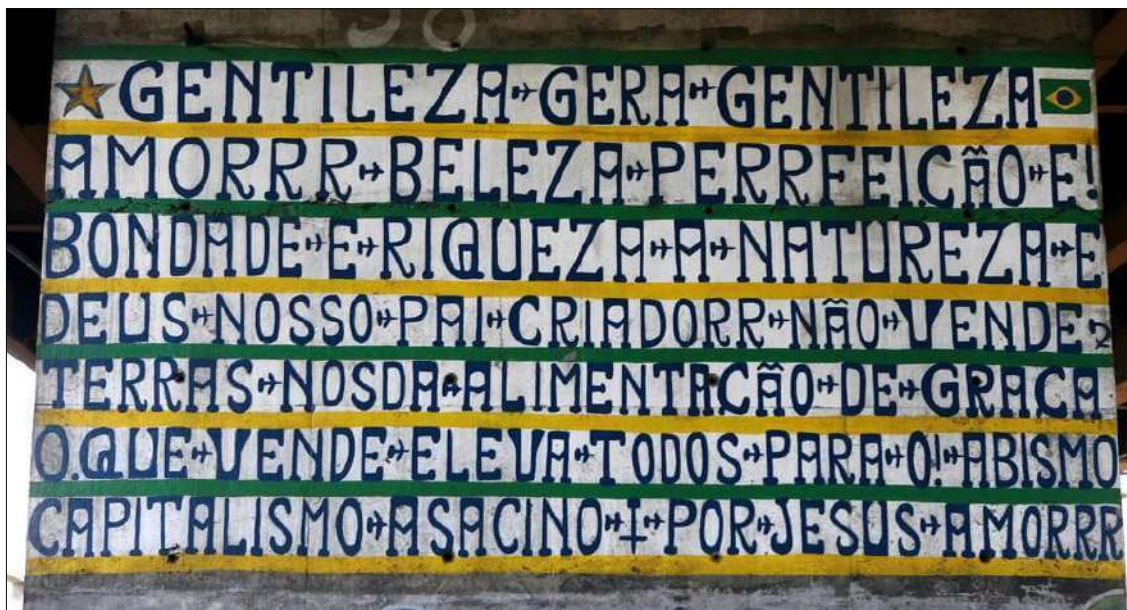
Consideradas também um bem municipal tombado pelo decreto nº 19.188 de 27 de novembro de 2000 são as cinquenta e cinco pinturas/escritas, localizadas na estrutura do Viaduto do Caju (Viaduto do Gasômetro). Estas obras são de autoria de José Datrino (1917-1996), mais conhecido como Profeta Gentileza, criador da frase “Gentileza gera gentileza” e são estimadas por um significativo valor artístico, documental e sociológico dos bens culturais (Figura 5).

---

<sup>2</sup> Disponível em: <http://www.rio.rj.gov.br/web/guest/exibeconteudo?id=4592697>. Acesso em: 27 jul. 2020.



**Figura 5 - Pinturas/escritas de autoria do Profeta Gentileza no Viaduto do Caju (Viaduto do Gasômetro)**



Fonte: Diário do Rio, 2018<sup>3</sup>.

#### *1.1.2.5 Esporte e Lazer*

Na cidade do Rio de Janeiro foram construídas algumas Vilas Olímpicas, em diferentes bairros, que correspondem a espaços públicos de esporte e lazer ofertado a população residente. No bairro do Caju foi inaugurada em 2012 as instalações da Vila Olímpica Manoel Francisco dos Santos “Mané Garrincha” que leva o nome do ídolo brasileiro do futebol Garrincha (1933-1983) (RIO DE JANEIRO, [2012?]).

#### *1.1.2.6 Infraestrutura e Saneamento*

As informações de infraestrutura e saneamento disponibilizados pelo Instituto Pereira Passos baseado no Censo IBGE 2010 são de extrema relevância para a saúde pública, desenvolvimento social e construção de políticas públicas, pois retrata alguns avanços mas ainda a difícil realidade enfrentada por milhões de brasileiros.

Dos 6.481 domicílios particulares do bairro do Caju, 6.479 domicílios do Caju dispõem de algum tipo de coleta de lixo, 6.480 domicílios de algum tipo de fornecimento de energia elétrica, no entanto, desses cerca de 804 domicílios utilizam medidor de energia elétrica

<sup>3</sup> Disponível em: <http://diariodorio.com/viaduto-do-gasometro-e-o-profeta-gentileza/>. Acesso em: 27 jul. 2020.

comum a mais de um domicílio e 322 domicílios simplesmente não possuem medidor (DATA RIO, 2018a).

Vale ressaltar que 6.479 domicílios possuem rede geral de distribuição de água, 6.309 domicílios possuem banheiro, onde 6.298 desses domicílios que possuem banheiro dispõem de uma rede geral de esgotamento. Entretanto, cerca de 172 domicílios do bairro simplesmente não possuem qualquer banheiro para uso exclusivo (DATA RIO, 2018a). O IBGE define banheiro como o cômodo que dispõe de chuveiro e sanitário.

#### *1.1.2.7 Renda, Desenvolvimento e Assistência Social*

Conforme dados do Censo 2010 e disponibilizados pelo Instituto Pereira Passos, o rendimento familiar per capita dos bairros do Caju, Gamboa, Santo Cristo e Saúde correspondiam a R\$ 505,50, um dos menores rendimentos per capita abaixo do salário mínimo, o qual no ano de 2010, correspondia a R\$ 510,00. No entanto, no mesmo período somente o bairro da Lagoa, o maior rendimento familiar per capita da cidade do Rio de Janeiro, correspondia a R\$ 7.239,50 (DATA RIO, 2018b), demonstrando historicamente a desigualdade social na cidade e onde se compreende a população mais vulnerável.

O Desenvolvimento e Assistência Social do Caju corresponde a um dos menores Índices de Desenvolvimento Social (IDS) da cidade do Rio de Janeiro. O IDS foi construído a partir do Índice de Desenvolvimento Humano (IDH), sendo esse um indicador utilizado para avaliar o desenvolvimento social de um determinado território em comparação com outros, utilizando para isso indicadores relacionados a grau de escolaridade, renda, saneamento básico e qualidade habitacional (itens de conforto). De acordo com o Instituto Pereira Passos, o IDS do bairro do Caju corresponde a 0,554, fazendo esse bairro vir a ocupar a 134ª posição entre 160 bairros avaliados na cidade do Rio de Janeiro (DATA RIO, 2018a).

## 1.2 POLUIÇÃO DO SOLO

### **1.2.1 Poluição do solo: fontes, tipos e consequências a saúde humana**

A existência da esfera humana no planeta terra é integralmente relacionada ao ciclo solo/água/ar que são propriedades completamente interativas. Toda atividade no solo pode provocar a ressuspensão de partículas de poluentes para a atmosfera, assim como a deposição

desses particulados no solo e também o carreamento para águas subterrâneas interagindo com as características do solo (FATIMA *et al.*, 2021).

O solo apresenta propriedades naturais que são essenciais para a vida como o desenvolvimento de plantas, o ciclo dos nutrientes, a moderação dos níveis do oxigênio e gás carbônico no ar (MISHRA; MOHAMMAD; ROYCHOUDHURY, 2016; FATIMA *et al.*, 2021) e ainda nos alimentamos das plantas ou dos animais que se alimentam delas, o que significa que não consumimos alimentos sem a participação, direta ou indireta, do solo. Algumas exceções são a dieta à base do mar e a utilização da técnica de hidroponia, ou seja, um tipo cultivo de plantas que não utiliza o solo (MISHRA; MOHAMMAD; ROYCHOUDHURY, 2016). Contudo, o solo sofre através das distintas atividades humanas de exploração ambiental assim como serve de local para descarte final de resíduos, sendo esses alguns dos tipos importantes de pressão feitos sobre o ambiente e conseqüentemente sobre a saúde humana (FATIMA *et al.*, 2021).

Os impactos ambientais decorrentes da poluição do solo podem estar associados a contaminantes no estado sólido, líquido ou gasoso, originados de atividades humanas, entretanto, também podem suceder de processos naturais (FATIMA *et al.*, 2021). A contaminação do solo pode acarretar também na perda de produtividade desse solo para plantio, no qual, utilização de pesticidas, fertilizantes, adubo orgânico, produtos químicos, descarte inadequado de resíduos, de roupas, plásticos, papel, latas e carcaças de veículos, representam grandes contribuições para a poluição do solo. Todos esses produtos ou a decomposição deles são capazes de acumular no solo gerando efeitos prejudiciais ao crescimento de plantas, geração e desenvolvimento de frutos, assim como, a absorção pelos animais ou pelo homem através da cadeia alimentar (MISHRA; MOHAMMAD; ROYCHOUDHURY, 2016).

As principais fontes urbanas relacionadas a poluição do solo correspondem a emissões em decorrência das atividades industriais, veículos automotores, queima de combustíveis fósseis e descarte de resíduos industriais e residenciais, resultando em uma exposição contínua dos solos (BIASIOLI; BARBERIS; AJMONE-MARSAN, 2006). Entretanto, os contaminantes mais encontrados em solos urbanos equivalem aos metais pesados, compostos radionuclídeos e os organoclorados em decorrência das variadas fontes emissoras de poluição urbana (IMPERATO *et al.*, 2003; BIASIOLI; BARBERIS; AJMONE-MARSAN, 2006).

A partir da intensa industrialização do setor da agricultura, do crescimento da indústria de produtos químicos e da produção de energia mais barata foi causada a expansão da utilização de substâncias químicas nos ambientes, de modo que o ar, a água e o solo foram

expostos a diversas substâncias tóxicas (MISHRA; MOHAMMAD; ROYCHOUDHURY, 2016). Os defensivos agrícolas que são utilizados para aumentar a produção e a qualidade do plantio podem provocar severos impactos ambientais, visto que, em sua maioria os defensivos são compostos a base de metais pesados e produtos organofosforados e clorados (BRITO *et al.*, 2004). A exposição às altas concentrações dessas substâncias tóxicas ou a exposição crônica é capaz de gerar agravos à saúde humana como toxicidade aguda, alterações genéticas, carcinogênese e malformação fetal (MISHRA; MOHAMMAD; ROYCHOUDHURY, 2016). O Quadro 1 abaixo retrata alguns dos tipos de poluição do solo, suas principais fontes e os efeitos à saúde humana e ao meio ambiente.

**Quadro 1 - Principais tipos de poluição do solo, suas fontes e efeitos sobre à saúde humana e ao meio ambiente**

Tipos de poluição do solo		
<p><b>Atividades urbanas:</b></p> <p>Drenagem incorreta e ampliação do escoamento podem acarretar na contaminação do solo ou fontes de água; descarte incorreto de lixo originam a deposição de substâncias químicas capazes de penetrar até as águas subterrâneas; surgimento de bactérias a partir da decomposição de resíduos, produção de gás metano e odor.</p>	<p><b>Resíduos industrial:</b></p> <p>Poluição por óleo provocado pelas indústrias; descarte inadequado de resíduos industriais capazes de lançar ao solo substâncias tóxicas que contaminam as plantas, os animais e as fontes de água; emissão de gases dos aterros contendo substâncias químicas que podem retornar na forma de chuva ácida e alterar as propriedades do solo.</p>	<p><b>Poluição agrícola:</b></p> <p>Algumas técnicas agrícolas são capazes de contribuir para a contaminação do solo, como a utilização de fertilizantes e pesticidas, que alteram as propriedades do solo, impactam as plantas e os animais, contaminam águas subterrâneas; o escoamento dessas substâncias são potencialmente capazes de contaminar o sistema de água local.</p>
Fontes de poluição do solo		
<p>O intensivo uso de produtos agrícolas como pesticidas e fertilizantes são constantemente associados a poluição do solo; a presença dos metais pesados em solos podem estar relacionado a utilização de água poluída, atividades industriais, queima de combustível ou produtos químicos; aterros sanitários e vazamento do sistema de esgoto podem acarretar na presença de substâncias tóxicas no solo; a emissão de gases industriais podem ocasionar chuvas ácidas que modificam as propriedades do solo; a intensiva produção de resíduos industriais a partir do ferro, aço, produtos químicos e produção de energia, são capazes de gerar impactos duradouros sobre o ambiente; vazamento de combustível, composto por produtos químicos, tóxicos e inflamáveis, que acabam sendo carregados pela chuva e entrando em contato o solo; atividades de desmatamento são capazes de provocar erosão do solo resultando na perda de características importantes.</p>		
Efeitos à saúde e ao meio ambiente		
<p>A contaminação do solo é capaz de provocar significativo dano e desequilíbrio ao ambiente, assim como, risco a saúde humana; alimentos gerados a partir de solos contaminados podem ter absorvido as substâncias tóxicas presentes no solo e provocar severos agravos a saúde dos consumidores; as substâncias poluentes podem contribuir para o aumento da salinidade, tornando o solo improdutivo e resultando na morte de organismos que dependem das propriedades naturais do solo; indivíduos residentes próximos a áreas com solos contaminados podem apresentar maior frequência de dores de cabeça, náuseas, cansaço, erupções na pele e ainda interrupção involuntária da gravidez (aborto espontâneo); dependendo do poluente existente no solo, alguns dos agravos à saúde derivados da exposição crônica compreende ao câncer, distúrbios reprodutivos, danos renais e hepáticos e incapacidade do sistema nervoso central.</p>		

Fonte: Elaborado pelo autor. Adaptado de Mishra, Mohammad e Roychoudhury (2016).

De acordo com Mishra, Mohammad e Roychoudhury (2016), alguns métodos podem ser utilizados para restaurar as condições naturais de um solo contaminado, como o transporte desse solo para um local onde os humanos não tenham possibilidade de serem expostos, a aeração do solo (remoção de gases como o CO<sub>2</sub>), mas que pode liberar uma quantidade significativa de poluentes no ar, a biorremediação (uso de microrganismos para destoxificar o solo), uso de processos eletromecânicos para a remoção das substâncias tóxicas e pavimentação, entretanto, nenhuma das técnicas correspondem a solução ideal. O cultivo orgânico de alimentos ainda representa uma boa forma de proteção do solo, da saúde humana e da utilização de substâncias contidas em defensivos agrícolas.

A temática poluição do solo vem se transformando numa grande preocupação geral em virtude dos graves relatos de presença de poluentes que vem acontecendo por todo mundo. A preocupação também se dá pela importância do solo em relação às questões envolvendo saúde pública e meio ambiente, pela importância da questão política que, quando não administrada de forma correta, pode acarretar em danos e efeitos sem precedentes às características do solo e produção de alimentos, pelo solo ser considerado um recurso natural essencial e limitado e também por sua importância econômica relacionada às *commodities*. Além disso, a presença de substâncias tóxicas pode estar constantemente concentrada, mesmo que em baixas concentrações, em áreas onde substâncias químicas foram preparadas, armazenadas ou aplicadas. As informações geradas sobre contaminação do solo são extremamente relevantes na condução de estudos e na comparação com valores orientadores para identificação de possíveis traços de degradação do solo, assim como os impactos à saúde humana (CETESB, 2021).

### 1.3 POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA

#### 1.3.1 Poluição do ar: fontes, tipos e consequências a saúde humana

É estimado que os relatos de poluição do ar em grande proporção e em distintos contextos sejam descritos a partir da Revolução Industrial e do processo de desenvolvimento das cidades. Nesse período, ocorreu um crescimento da emissão de poluentes, que anteriormente se reduzia ao uso domiciliar de combustíveis e aos gases gerados através de erupções vulcânicas (BRAGA *et al.*, 2001; MACHADO, 2005; ARBEX *et al.*, 2012; SILVA; VIEIRA, 2017).

Ao longo das últimas décadas tem existido um amplo debate quanto às condições ambientais e ao avanço de ações provocadas pelo homem, que acarretam diretamente no desenvolvimento de severos agravos a saúde humana. De acordo com Arbex *et al.*, (2012), a poluição do ar é composta em sua maioria por particulados ou gases propagados por atividades industriais, veiculares, usinas termoelétricas, queima de combustíveis e biomassas. Podendo serem categorizados como poluentes primários que são lançados diretamente ao meio ambiente ou os secundários que decorrem de ligações entre outros poluentes.

A Organização Mundial da Saúde (OMS) aponta que alguns dos principais poluentes atmosféricos monitorados são o monóxido de carbono, o material particulado, o dióxido de enxofre, o dióxido de nitrogênio e o ozônio (GOUVEIA *et al.*, 2003; WHO, 2006; VIANNA *et al.*, 2011; RADICCHI, 2012). Esses são os principais poluentes monitorados no Brasil e presentes na Resolução CONAMA nº 003/90, responsável por estabelecer os padrões de qualidade do ar. O Quadro 2 sintetiza esses principais poluentes monitorados, as suas fontes de emissão e os efeitos à saúde humana.

**Quadro 2 - Principais poluentes atmosféricos, suas fontes de emissão e efeitos sobre à saúde humana**

Poluentes	Fontes de Emissão	Efeitos à Saúde
Monóxido de Carbono (CO)	Combustão de materiais derivados de petróleo e carvão.	Provoca agravos respiratórios, nocivo para quem tem problemas cardíacos e pulmonares, prejuízo ao desenvolvimento fetal, baixo peso ao nascer.
Dióxido de Enxofre (SO <sub>2</sub> )	Queima de combustíveis como o óleo combustível, carvão e diesel.	Irritação das vias respiratórias, agravamento de asma brônquica, agravamento de doenças pulmonares e cardiovasculares.
Óxidos de Nitrogênio (NO <sub>2</sub> e NO)	Queima de combustíveis em elevadas temperaturas em veículos, incineradores e atividades industriais.	Agravos no sistema respiratório, irritações e em caso de exposição a concentrações agudas podem desenvolver edema pulmonar.
Material Particulado (MP <sub>10</sub> e MP <sub>2,5</sub> )	Combustão de motores veiculares, processos industriais, queimadas e poeira.	Acomete o sistema respiratório, desenvolve crises de asma, infecções respiratórias e doenças pulmonares.



Ozônio (O <sub>3</sub> )	Poluente (secundário) originado através da ligação entre compostos voláteis e óxidos de nitrogênio.	Capacidade de irritação nos olhos e vias respiratórias, exacerbação de doenças respiratórias preexistentes, diminuição das funções pulmonares..
-----------------------------	---	---

Fonte: Elaborado pelo autor. Adaptado do INEA (2008) e Arbex *et al.*, (2004).

O Material Particulado (MP) corresponde a um dos poluentes atmosféricos mais estudados por conta das suas características química, podendo conter a presença de carbono, compostos orgânicos ou inorgânicos, metais, sais solúveis, material biológico, sendo capazes de provocar graves impactos à saúde humana. O conjunto dos agravos causados por esse poluente pode se concentrar, principalmente, em problemas respiratórios e cardiovasculares. O MP é caracterizado também de acordo com a sua granulometria, o MP10 (tamanho entre 2,5 e 10 µm) correspondem as partículas grossas mas inaláveis, capazes de acumular nas vias orais superiores como nariz, boca, faringe e traqueia; o MP2,5 (menores que 2,5 µm) consideradas partículas finas geralmente acumulam na traqueia, brônquios e bronquíolos; e o MP0,1 (menores que 0,1 µm) consideradas partículas ultrafinas, no geral são capazes de acumular nos pequenos bronquíolos, alvéolos e podem chegar ao sistema circulatório (SLAUGHTER *et al.*, 2005; WHO, 2006; VERAS *et al.*, 2010; VIANNA *et al.*, 2011; PEREIRA; OLMO, 2011).

A quantificação de poluentes atmosféricos pode ser realizada a partir das estações automáticas de monitoramento da qualidade do ar, entretanto, tais instrumentos apresentam elevado custo, exigindo um alto investimento para o seu funcionamento. Outras ferramentas mais acessíveis e eficientes como cascas de árvores, espécies de briófitas, líquens e bromélias representam excelentes alternativas para o monitoramento de poluentes atmosféricos, como o material particulado (VIANNA *et al.*, 2011).

É estimado que os grupos mais vulneráveis à exposição dos poluentes do ar são as crianças, até mesmo ainda durante a gestação, os idosos e os portadores de doenças crônicas (GOUVEIA *et al.*, 2003; BRAGA *et al.*, 2007; RADICCHI, 2012; RODRIGUES *et al.*, 2015). De acordo com Radicchi (2012), para tentar desassociar os efeitos do tabagismo e do ambiente laboral na saúde, as crianças correspondem ao grupo mais adequado para a realização de estudos quanto a exposição aos poluentes atmosféricos.

Os efeitos da exposição à poluição atmosférica em gestantes podem acarretar em elevados níveis desses poluentes no sangue, capazes de entrar em contato com o feto através da placenta e pelo sangue no cordão umbilical. Recém-nascidos de mães que sofreram exposição crônica a elevados níveis de poluição atmosférica podem apresentar menor

desenvolvimento intrauterino, prematuridade, baixo peso ao nascer e desenvolvimento de agravos à saúde (SALVI, 2007; VERAS *et al.*, 2010). As crianças, em especial as menores de 5 anos, são vulneráveis à exposição aos poluentes atmosféricos, pois seus pulmões ainda estão em desenvolvimento, não sendo capazes de defesa contra os efeitos dos poluentes, sendo predispostas ao desenvolvimento de doenças respiratórias (SALVI, 2007).

A população de adultos idosos pode ser acometida pela exposição aos poluentes atmosféricos em razão do envelhecimento das suas funções pulmonares, onde a força muscular respiratória diminui com idade assim como resposta ventilatória, podendo haver comprometimento dessas funções e conseqüentemente uma maior exposição aos poluentes (SHARMA; GOODWIN, 2006). Os doentes crônicos representam o grupo com o sistema imunológico mais vulnerável e passível ao desenvolvimento de outras doenças ou agravamento do seu quadro de saúde a partir da exposição aos poluentes do ar, visto que já são portadores de doenças preexistentes, como doenças do aparelho respiratório e cardiovascular (BROOK *et al.*, 2010; ARBEX *et al.*, 2012).

Como relatado, desde a gestação a exposição aos poluentes atmosféricos podem representar risco à saúde humana, no qual cabe também aos profissionais da saúde reconhecer tais efeitos da exposição na população em geral, assim como adotar ações de orientação quanto a medidas preventivas para redução dos agravos à saúde. Os efeitos dos poluentes atmosféricos também contribuem para a discussão entre a sociedade, gestores e empresários quanto a novas alternativas de mobilidade urbana, transporte de materiais, indústrias, assim como legislação, monitoramento e controle da poluição.

## 1.4 TOXICOLOGIA DOS METAIS PESADOS

### **1.4.1 Principais Metais Pesados, suas fontes naturais e antropogênicas e conseqüências da exposição à saúde humana**

Os metais pesados são emitidos ao meio ambiente por fontes como erosão, atividades vulcânicas, industriais, mineração, queima de combustíveis fósseis, aditivos lubrificantes, fundição de metais, fertilizantes agrícolas, e também por resíduos eletrônicos (BILOS *et al.*, 2001; VIANNA *et al.*, 2011; NORDBERG; FOWLER; NORDBERG, 2015). Como citado anteriormente, muitos metais estão frequentemente associados a atividades produtivas e são potencialmente danosos à saúde humana (PEIXOTO; ASMUS, 2020), à atmosfera, ao solo e

aos ecossistemas aquáticos, muitas vezes ultrapassando os limites das emissões naturais (BILOS *et al.*, 2001).

De acordo com Goyer e Clarkson (1996), estima-se que a utilização do chumbo tenha iniciado anteriormente a 2000 a.C através de minérios resultantes da fundição de outro metal, a Prata. Em 370 a.C, menciona-se Hipócrates como o primeiro relato de algia abdominal em um homem causado pela exposição a atividade de extração de metais. O arsênio e o mercúrio são descritos por Teofrasto (370–287 a.C) e Plínio (23–79 d.C). Os primeiros relatos quanto a obtenção do arsênio são descritos a partir da fusão de outros metais, e para decoração de tumbas egípcias. Entretanto, outros metais só foram ser descobertos mais recentemente, como o cádmio, relatado em 1817 através de minérios contendo um composto de zinco.

O período de tempo que um organismo leva para eliminar parte de substâncias, chamada meia vida, pode variar conforme o metal, o órgão ou tecido atingido. Sangue, urina e cabelo correspondem as principais matrizes biológicas capazes de estimar exposição aos metais. O sangue e a urina caracterizam os efeitos agudos relativos à exposição. O cabelo pode ser utilizado na avaliação temporal do teor de metais, como o mercúrio, de forma que dê para comparar o crescimento mais recente com as exposições mais antigas (GOYER; CLARKSON, 1996).

Condutas de estilo de vida podem ser consideradas como ações indiretas na exposição aos metais, como indivíduos fumantes e/ou que ingerem bebidas alcoólicas. Além de agravos ao sistema respiratório, a fumaça do cigarro pode conter metais, como o cádmio, e as bebidas alcoólicas influenciam na dieta, reduzindo o consumo de minerais (GOYER; CLARKSON, 1996). O Quadro 3 abaixo sintetiza os metais que serão objeto desse trabalho, as suas principais fontes e os efeitos à saúde humana.

**Quadro 3 - Principais metais pesados, suas fontes e efeitos sobre à saúde humana**

Metais	Fontes	Efeitos à Saúde
Cádmio (Cd)	Anticorrosivo de metais, pigmentação de tintas e plásticos, fertilizantes agrícolas, alimentos contaminados por Cd (solo ou água), material para baterias, subproduto da mineração, fundição de metais, produção de ferro, queima de combustível, produção cimento, tabagismo.	Doenças pulmonares como enfisema, doenças renais crônicas, decorrências nos sistemas cardiovascular e esquelético.

Chumbo (Pb)	Tintas à base de Pb, poeira, alimentos e água contaminada ou com alta concentração de Pb, tabagismo, queima de combustível fóssil, atividades industriais, baterias, munição, soldagem, cerâmicas.	Efeitos severos em crianças, bebês e durante a gestação envolvendo o sistema nervoso. Em adultos, os efeitos ocorrem no sistema nervoso, sistema renal, hipertensão, e acometer os sistemas gastrointestinal, reprodutivo e esquelético.
Cobre (Cu)	Alimentos e água contaminada, atividade de mineração, vapores de fundição de metais, soldagem.	Ingestão de água contaminada por cobre pode acarretar em problemas gastrointestinais, o acúmulo de cobre no organismo pode decorrer em efeitos nos sistemas nervoso, hepático, renal e nas córneas, e ingestões de elevados teores de cobre podem provocar necrose hepática e morte.
Cromo (Cr)	Minério de cromita, utilizado para pigmentação, preservantes e anticorrosivos, atividades industriais, água contaminada por Cr, produção de ligas metálicas, refino de minério, fabricação de cimento e produtos químicos, queima de combustíveis fósseis.	Dano ao sistema renal, ulceração, perfuração do septo nasal, reações alérgicas na superfície da pele, asma (exposição ocupacional) e potencial carcinogênico (cromo hexavalente).
Manganês (Mn)	Alimentos, no uso do aditivo do combustível, uso industrial para ferroliga e componentes de ligas na soldagem, inalação de gases de mineração, siderúrgicas e algumas indústrias de produtos químicos.	Irritações gastrointestinais, pneumonite, doenças respiratórias, pode acometer o sistema nervoso central, causar necrose epitelial, cirrose hepática, Manganismo (similar ao Mal de Parkinson).
Zinco (Zn)	Alimentos, água, atividades industriais, mineração, fundição de metais, galvanização, queima de combustível fóssil, componentes de fertilizantes e agrotóxicos.	Desconforto gastrointestinal e diarreia, a inalação de vapores de óxidos de zinco podem causar calafrios, febre, suor e fraqueza.

Fonte: Elaborado pelo autor. Adaptado de Goyer e Clarkson (1996).

A relação entre a poluição atmosférica e o solo podem ocorrer mutuamente, visto que a atmosfera pode transferir partículas de metais em suspensão para outros ambientes, e as partículas de solo podem favorecer a presença de metais na atmosfera através do fenômeno de ressuspensão (CHEN *et al.*, 2005). A presença de poeira e solo em estradas urbanas são sinalizadores de contaminação por metais através da deposição atmosférica (LI; POON; LIU, 2001), com isso, a composição e a concentração desses elementos presentes na poeira e depositados nas estradas podem demonstrar características locais de curto e longo prazo (SUTHERLAND; TOLOSA, 2000; BANERJEE, 2003; LEUNG *et al.*, 2008).

A presença dos metais pesados em solos urbanos e poeiras podem representar potencial risco a desenvolvimento de agravos à saúde a partir da exposição a esses elementos químicos, que são capazes de se acumular no organismo através da ingestão, inalação ou absorção dérmica (FERREIRA-BAPTISTA; DE MIGUEL, 2005; QU *et al.*, 2012; HU *et al.*, 2016; CHONOKHUU *et al.*, 2019; KARIMI *et al.*, 2020), e gerar toxicidade aguda, impactos aos sistemas nervoso, respiratório, hepático e renal, integrar ao sangue, e em casos crônicos, até a morte (LEUNG *et al.*, 2008).

Portanto, a exposição aos metais, principalmente entre crianças pode ser considerado um relevante problema de saúde pública, onde a análise dos níveis de metais em matrizes biológicas e a avaliação de risco à saúde humana devem ser incorporadas como medidas indicativas de impactos em determinadas regiões, e assim indicar aos Órgãos de Saúde a necessidade de construção de ações de mitigação e reestruturação da saúde (PEIXOTO; ASMUS, 2020).

## 1.5 CARACTERIZANDO O PROBLEMA

### 1.5.1 Indicadores de Saúde

A Vigilância em Saúde Ambiental (VSA) compreende a um conjunto de atuações que propiciam o conhecimento e a detecção de alterações nos determinantes e condicionantes do meio ambiente que afetem a saúde humana, tendo como objetivo intervir com medidas de prevenção e controle dos fatores ambientais relacionados a riscos associados a doenças ou agravos à saúde (FUNASA, 2002).

No município do Rio de Janeiro a Vigilância em Saúde Ambiental está estruturada em duas áreas: a Vigilância em Saúde Ambiental dos Fatores de Risco Biológicos responsável por desempenhar ações de vigilância entomológica, ações de controle associadas a vigilância epidemiológica e a laboratórios de saúde pública, e a Vigilância em Saúde Ambiental dos Fatores de Risco Não Biológicos é responsável pela prevenção e controle dos riscos associados aos contaminantes ambientais e aos desastres visando medidas de proteção à saúde pública (RIO DE JANEIRO, [2019?a]).

A Vigilância em Saúde Ambiental dos Fatores de Risco Não Biológicos do município do Rio de Janeiro atualmente é composta por três programas de atuação: a Vigilância em Saúde Ambiental de Populações Expostas à Poluição Atmosférica (Vigiar), a Vigilância em Saúde Ambiental dos Riscos Associados aos Desastres (Vigidesastres) e a Vigilância em

Saúde de Populações Expostas a Áreas Contaminadas (Vigisolo) (RIO DE JANEIRO, [2019?a]).

Como o estopim para o desenvolvimento deste estudo, cabe apresentar que compete a Vigilância em Saúde Ambiental de Populações Expostas à Poluição Atmosférica mapear e cadastrar áreas de risco quanto à poluição do ar, detectar a utilidade do monitoramento da qualidade do ar, devendo ser prioritários componentes de comprovado ou suspeito agravo à saúde da população. O programa Vigiar também é responsável pela gestão de informações de vigilância e controle da qualidade do ar, assim como o acompanhamento e avaliação das intervenções e metas estabelecidas (FUNASA, 2002).

Baseado numa importante ferramenta elaborada e utilizada pela Vigilância em Saúde Ambiental da Secretaria Municipal de Saúde do Rio de Janeiro, e para a construção deste trabalho, cabe destacar o desenvolvimento de um método piloto do programa Vigilância em Saúde Ambiental de Populações Expostas à Poluição Atmosférica (Vigiar):

Para o acompanhamento dos agravos à saúde na população decorrentes da qualidade do ar, a Vigilância em Saúde Ambiental dos Fatores de Risco Não Biológico solicitou as UBS dos territórios o quantitativo diário de atendimentos de saúde de crianças de 0 à 5 anos incompletos (4 anos, 11 meses e 29 dias) relativo a alguns dos capítulos da Classificação Internacional de Doenças (CID 10), no período de 5 anos de acordo com a viabilidade de cada unidade, seguido da construção de materiais com os dados de atendimentos diários obtidos e com o consolidado mensal para cada capítulo (RIO DE JANEIRO, 2019b).

O desenvolvimento do método de acompanhamento da população teve como objetivo compreender o cenário de saúde nos territórios em decorrência de impactos na qualidade do ar, a incidência dos agravos decorrentes das causas de interesse, em particular para doenças do aparelho respiratório que podem ser reflexos da exposição a poluição atmosférica (RIO DE JANEIRO, 2019b). A partir dos resultados obtidos através dos dados de acompanhamento dos usuários assistidos pela UBS do bairro do Caju foi possível identificar um crescimento no quantitativo de atendimentos da população na faixa etária de 0 a 5 anos incompletos para doenças do aparelho respiratório entre os anos de 2012 a 2016. Tal crescimento confronta ao período do início de obras para grandes eventos que vieram a acontecer na cidade do Rio de Janeiro como a Copa do Mundo de futebol em 2014 e os Jogos Olímpicos em 2016.

### 1.5.2 Indicadores Ambientais

Foram elaboradas e conduzidas três campanhas de monitoramento da qualidade do ar no bairro do Caju pela Gerência de Monitoramento do Ar da Secretaria Municipal de Meio Ambiente da Cidade (SMAC) do Rio de Janeiro a partir de uma demanda da Vigilância em Saúde Ambiental da Secretaria Municipal de Saúde do Rio de Janeiro. Os profissionais da saúde atuantes no território através da UBS acreditavam existir impactos ambientais que poderiam refletir na qualidade do ar e conseqüentemente na saúde da população residente, justificando a necessidade do monitoramento para corroborar tais indícios (RIO DE JANEIRO, 2016b).

Todo o referencial descrito nessa seção está baseado em acordo ao Relatório da Resolução SMAC “P” Nº 78 de 21 de julho de 2016, responsável pela proposta das ações de curto e médio prazos que contribuam para mitigação das emissões de poluentes no bairro do Caju. Para o desenvolvimento da resolução foi utilizado a definição do padrão nacional de qualidade do ar proposta pelo Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) nº 003 de 1990 (ANEXO A), conforme a Tabela 1.

**Tabela 1 - Principais padrões nacionais de qualidade do ar**

<b>Poluentes</b>	<b>Amostragem</b>	<b>Padrão Primário</b> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )		<b>Padrão Secundário</b> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	
<b>Monóxido de Carbono (CO)</b>	1 hora	40.000	(35 ppm)	40.000	(35 ppm)
	8 horas	10.000	(9 ppm)	10.000	(9 ppm)
<b>Dióxido de Enxofre (SO<sub>2</sub>)</b>	24 horas	365		100	
	MAA	80		40	
<b>Dióxido de Nitrogênio (NO<sub>2</sub>)</b>	1 hora	320		190	
	MAA	100		100	
<b>Partículas Inaláveis (MP<sub>10</sub> e MP<sub>2,5</sub>)</b>	24 horas	150		150	
	MAA	50		50	
<b>Ozônio (O<sub>3</sub>)</b>	1 hora	160		160	

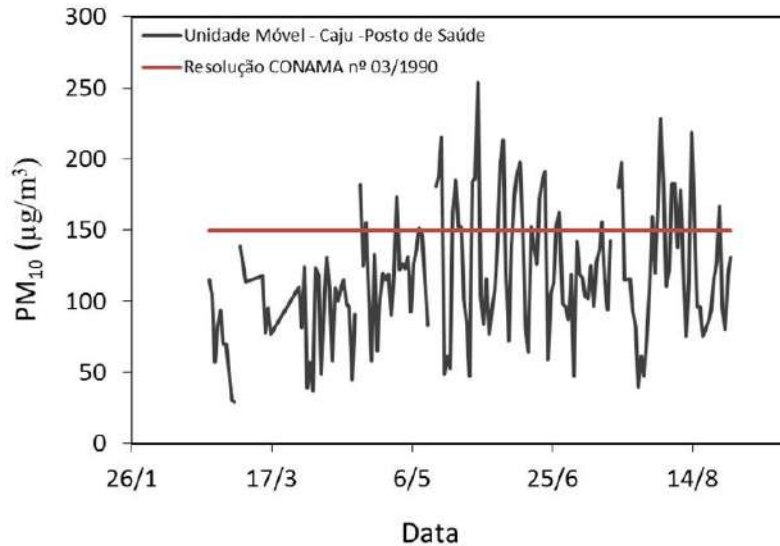
MAA – Média Aritmética Anual.

Fonte: Elaborado pelo autor. Adaptado da Resolução CONAMA nº 003/90.

A primeira campanha de monitoramento foi realizada de fevereiro a agosto de 2013, onde foi utilizado as instalações do CMS Fernando Antonio Braga Lopes. Durante o período

de monitoramento foram registradas 36 violações qualidade do ar para material particulado, como demonstra a Figura 6. Para outros poluentes não houve registros de violações, sugerindo que a origem do MP no bairro é derivada de práticas internas (RIO DE JANEIRO, 2016b).

**Figura 6 - Concentração média de 24 horas de MP ao longo da campanha I**

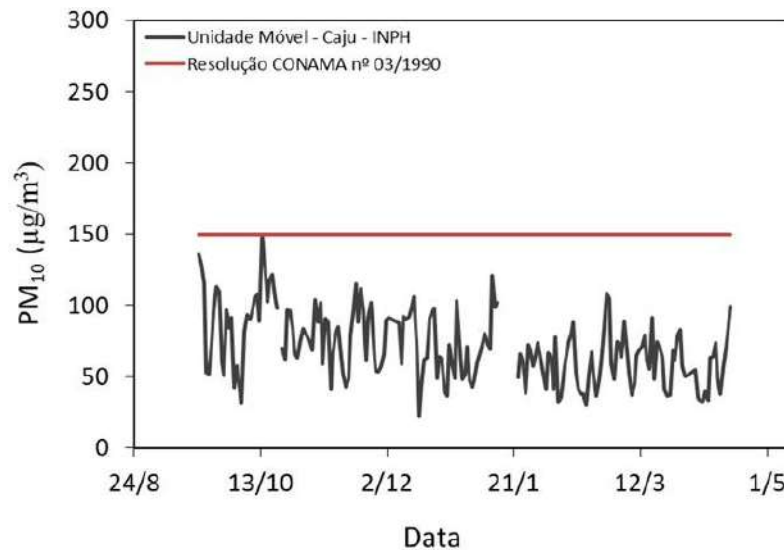


Fonte: Elaborado pela Gerência de Monitoramento do Ar da Secretaria Municipal de Meio Ambiente da Cidade do Rio de Janeiro.

O segundo monitoramento realizado de setembro de 2014 a abril de 2015 utilizando como locação o Instituto Nacional de Pesquisas Hidroviárias (INPH) registrou as mais baixas concentrações de MP e nenhuma violação da qualidade do ar, como demonstra a Figura 7. O período do monitoramento apresentou o maior concentrado de chuva entre as campanhas, o que pode ter colaborado para a extração dos poluentes em suspensão. No mesmo período foram registradas violações para ozônio, que tende a possuir ligação com emissões de fontes veiculares das vias de intenso fluxo próximas ao bairro (RIO DE JANEIRO, 2016b).



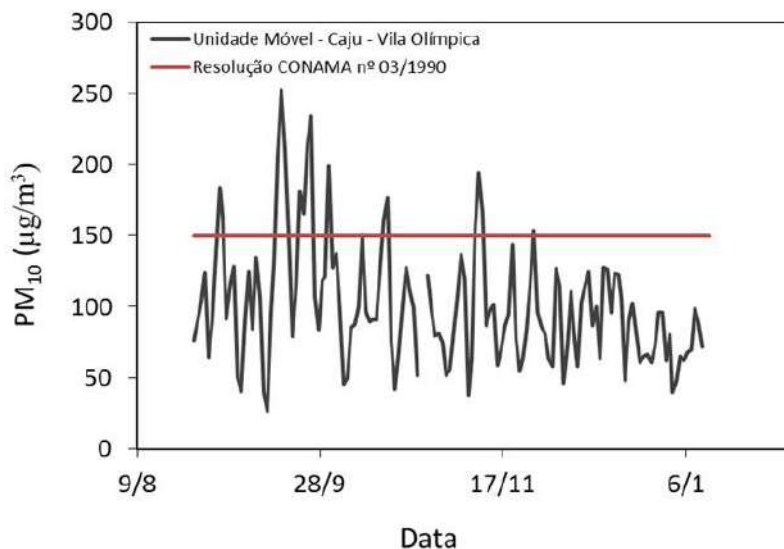
**Figura 7 - Concentração média de 24 horas de MP ao longo da campanha II**



Fonte: Elaborado pela Gerência de Monitoramento do Ar da Secretaria Municipal de Meio Ambiente da Cidade do Rio de Janeiro.

O terceiro monitoramento foi realizado de agosto de 2015 a janeiro de 2016 utilizando as instalações da Vila Olímpica do bairro, sendo alocada estrategicamente como no primeiro monitoramento, próximo a atividade veicular e industrial. Durante o período da última campanha foram registrados 17 dias de violações da qualidade do ar para MP, conforme a Figura 8. Também foram registradas violações da qualidade do ar para o ozônio. Ainda é retratado que a Rua Carlos Seidl representa um relevante impacto local, em virtude do intenso tráfego de carga e ressuspensão de particulado (RIO DE JANEIRO, 2016b).

**Figura 8 - Concentração média de 24 horas de MP ao longo da campanha III**



Fonte: Elaborado pela Gerência de Monitoramento do Ar da Secretaria Municipal de Meio Ambiente da Cidade do Rio de Janeiro.

## 2 JUSTIFICATIVA

Direito ao ar puro é uma condição necessária para qualidade de vida e o bem-estar humano, entretanto, hoje a poluição do ar caracteriza uma grande ameaça à saúde da população mundial, atribuindo milhões de mortes por ano em virtude dos efeitos a exposição da poluição atmosférica, onde a maior parcela dos casos acomete a população de países considerados em desenvolvimento (WHO, 2006).

O desordenado processo de urbanização e industrialização dos grandes centros tem contribuído para a incidência de morbidades relacionadas a poluição do ar nas populações das áreas urbanas. O intenso fluxo veicular, condições geográficas e meteorológicas são fatores que contribuem para a suspensão das partículas de poluentes na atmosfera, desencadeando diversos agravos a saúde da população residente (ALVES; ALVES; SILVA, 2009).

Regiões portuárias possuem um intenso fluxo de veículos abastecidos a diesel responsáveis pelo transporte de cargas, emitindo poluentes na queima de combustível, dispersando partículas do pó transportado e ressuspensão de material particulado no solo. Altas concentrações de material particulado correspondem a risco de agravos a saúde, intensificando a incidência de casos de doenças do aparelho respiratório principalmente nos grupos mais vulneráveis como crianças e idosos (SANTANA; MOREIRA; ARMANI, 2020).

No caso do Caju, o bairro não veio a se estabelecer somente como uma região administrativa, mas também territorial e cultural desde a fundação da cidade do Rio de Janeiro, entretanto, a região foi impulsionada pelas necessidades e interesses da capital, passando por diversos usos, reproduzindo o cenário da classe menos favorecida e de uma área para “usos sujos” atendendo as demandas da cidade (ALVES, 2007).

A partir desse cenário, a Unidade Básica de Saúde responsável pela cobertura assistencial à saúde da população do bairro do Caju identificou um crescente quantitativo de atendimentos para doenças do aparelho respiratório entre usuários do serviço de 0 a 5 anos incompletos (crianças), que corresponde a um dos grupos mais vulneráveis a exposição de poluentes do ar, entre os anos de 2012 a 2016, que compreende ao período de grandes obras na cidade do Rio de Janeiro. Em consequência dessa demanda de saúde, a Secretaria Municipal de Meio Ambiente desenvolveu campanhas de monitoramento da qualidade do ar no Caju capazes de confrontar com os indícios de uma possível degradação da qualidade do ar no bairro.

O presente trabalho é resultado de atividades teórico-práticas desenvolvidas na Vigilância em Saúde Ambiental da Coordenadoria Geral de Atenção Primária (CAP) 1.0 da

Secretaria Municipal de Saúde do Rio de Janeiro. Tal experiência teve como objetivo geral a vivência dos discentes nas divisões de vigilância, ações e programas em saúde e área de informação, controle e avaliação das Áreas de Planejamento.

Através das práticas na Vigilância em Saúde Ambiental foi possível acompanhar o desenvolvimento de atividades no bairro do Caju em virtude da crescente incidência dos casos de doenças respiratórias na população residente ao longo dos anos. Tais indicadores contribuíram para o início de uma atuação intersetorial, projetando a união entre o serviço e a academia visando ações de avaliação de risco e mitigação dos efeitos à saúde decorrente da exposição crônica a poluição do ar.

Também cabe destacar que não foram encontrados na literatura outros trabalhos referentes a quantificação de metais pesados do solo no bairro do Caju, qualificando o presente estudo como pioneiro da análise na região, na qual, os resultados do estudo poderão subsidiar os setores da saúde e do meio ambiente com dados de contaminação por metais em diferentes solos da região e seus efeitos a saúde da população residente do Caju.

### 3 OBJETIVOS

#### 3.1 OBJETIVO GERAL

Estimar o Quociente de Perigo (QP) como ferramenta para avaliação dos riscos crônicos através da exposição humana aos metais pesados em solos do bairro do Caju, Rio de Janeiro, RJ.

#### 3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Estudar a contaminação das amostras de solo urbano de uma área potencialmente contaminada;
- Comparar os dados de contaminação do solo com a legislação vigente (Resolução CONAMA nº 420/2009);
- Comparar os dados de contaminação com dados internacionais obtidos na literatura, em diferentes situações de condições ambientais;
- Fazer avaliação de risco para crianças expostas aos solos do Caju pelas vias inalatória, digestiva e dérmica;
- Identificar locais críticos do ponto de vista da contaminação química por metais tóxicos;
- Subsidiar os órgãos de saúde e meio ambiente com valores de contaminação de metais em solos do bairro do Caju, Rio de Janeiro.

## 4 METODOLOGIA

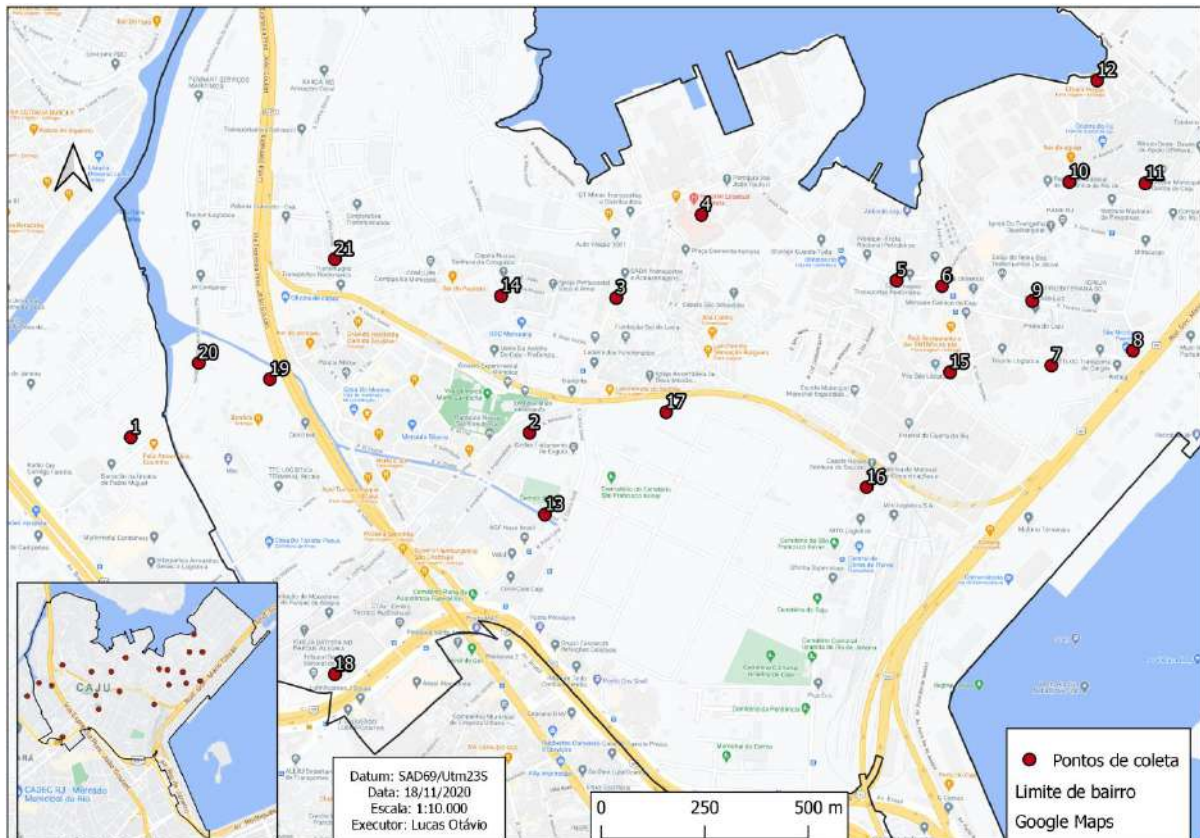
### 4.1 ÁREA DE ESTUDO E COLETA

O trabalho foi realizado no bairro do Caju, município do Rio de Janeiro, estado do Rio de Janeiro. O bairro tem sua ocupação conhecida ainda em tempos coloniais, com localização próxima a Baía de Guanabara, no qual a partir do século XIX a região caracteriza por uma crescente industrialização, onde no decorrer da década de 1980 o bairro sofre uma grande retração com a crise da indústria naval, empregos diminuem, dando início a ocupações desordenadas e ao crescimento da favelização no bairro (ALVES, 2007).

De acordo com o Instituto Pereira Passos, o bairro do Caju possui 534,57 hectares de extensão e compõe um dos os quatro bairros pertencentes à Zona Portuária do município do Rio de Janeiro, entretanto, diferentemente dos demais bairros, o Caju possui característica de uma região com forte presença das indústrias e serviços (DATA RIO, 2018a). Além da sua proximidade com a região Central do município Rio de Janeiro, característica por sua região administrativa, comercial e de serviços, o Caju conta com a presença de três vias de grande fluxo veicular no seu entorno, que correspondem a potenciais geradores da poluição do ar, e consequentemente, em agravos à saúde da população exposta.

Para o desenvolvimento deste trabalho foram realizadas coletas de solo superficial (n=21) no ano de 2016 ao final da época seca (mês de setembro) no bairro do Caju, como é mostrado na Figura 9. O objetivo de fazer a coleta ao final da época seca é dado por esse constituir o pior cenário de contaminação ambiental. A coleta das amostras de solo foram realizadas com auxílio de uma pá de plástico, armazenadas em sacos e posteriormente em caixas de isopor. Durante a coleta foram consideradas localidades com possíveis traços de degradação ambiental, atividades industriais e serviços e/ou com intensa presença da população residente, em especial, as crianças. Estas condições estão apresentadas por parâmetros como: endereço, referência, latitude e longitude (ANEXO B).

**Figura 9 - Pontos de coleta das amostras de solo no bairro do Caju**



Fonte: Elaborado pelo autor. Baseado em dados da Coordenação de Vigilância em Saúde Ambiental da Secretaria Municipal de Saúde do Rio de Janeiro.

#### 4.2 TRATAMENTO E ANÁLISE DAS AMOSTRAS

Toda vidraria utilizada para o tratamento e análise das amostras passaram pelo processo de descontaminação realizada nas seguintes etapas: a limpeza com detergente comum e água, posteriormente, deixando por 24 horas as vidrarias totalmente submersas no Extran 5% e completando o processo de descontaminação com mais 24 horas em solução de  $\text{HNO}_3$  (ácido nítrico) a 5%.

O processo de tratamento e análise das amostras foi adotado com base na técnica desenvolvida por Fizman, Pfeiffer e Lacerda (1984), com modificações. As amostras foram peneiradas em três diferentes malhas: 1 mm, 0,212 mm e 0,075mm, com a finalidade de aproveitamento da fração mais fina ( $<0,075$  mm) das amostras. Para a eliminação de umidade, as amostras foram secas na estufa (temperatura de 110 °C por 24 horas). Foram pesadas aproximadamente 2 gramas de solo de cada amostra e adicionados em béqueres de vidro, sempre em duplicata, ensaios em branco e avolumadas para 20ml de uma solução de HCl (ácido clorídrico) 0,1M. A digestão foi feita por 16 horas, posteriormente, as amostras foram filtradas em papel de filtro *Whatman 42* para eliminação de interferentes, transferidas para

tubos de plástico e injetadas em Espectrômetro de Absorção Atômica Varian, modelo AA240FS.

Foram realizados ensaios da remobilização dos metais pesados presentes nas amostras de solo com a determinação da porção disponível para a biota, denominada fração biodisponível, para os seguintes metais: cádmio (Cd), cromo (Cr), chumbo (Pb), cobre (Cu), manganês (Mn) e zinco (Zn) utilizando a Espectrometria de Absorção Atômica como ferramenta. Foi aplicado o limite de quantificação nas amostras de acordo com Mello *et al.* (2018), para determinar a menor quantidade do analito nas amostras de solo aceitáveis para o método, sendo eles: Cd – 0,17mg/kg; Pb – 1,51mg/kg; Cu – 0,07mg/kg; Cr – 0,63mg/kg; Mn – 0,12mg/kg; Zn – 0,36mg/kg. Foram adotados os valores orientadores apresentados na Resolução CONANA nº 420/2009 (ANEXO C) como limites norteadores para a interpretação dos níveis de contaminação por substâncias químicas nas amostras de solo do presente estudo, conforme a Tabela 2.

**Tabela 2 - Lista dos Valores Orientadores de qualidade do solo (mg/kg) para algumas substâncias químicas**

Substâncias	Prevenção (VP)	Investigação (VI)		
		Agrícola APMax	Residencial	Industrial
<b>Cádmio (Cd)</b>	1,3	3	8	20
<b>Chumbo (Pb)</b>	72	180	300	900
<b>Cobre (Cu)</b>	60	200	400	600
<b>Cromo (Cr)</b>	75	150	300	400
<b>Manganês (Mn)</b>	-	-	-	-
<b>Zinco (Zn)</b>	300	450	1000	2000

VP – Valor de Prevenção; VI – Valor de Investigação.

Fonte: Elaborado pelo autor. Adaptado da Resolução CONAMA nº 420/2009.

#### 4.3 AVALIAÇÃO DE RISCO À SAÚDE: QUOCIENTE DE PERIGO

O conhecimento relativo à avaliação de risco à exposição aos metais em solos é necessário quanto a tomada de decisões rápidas para mitigação da contaminação, redução da exposição humana e preservação as populações do risco (HU *et al.*, 2016). A avaliação do risco derivada da exposição aos metais em solos urbanos pode ser representada pela dose média diária crônica (mg/kg/dia) através de três vias: (i) ingestão oral do solo, (ii) inalação do

solo e (iii) contato dérmico com o solo (FERREIRA-BAPTISTA; DE MIGUEL, 2005; QU *et al.*, 2012; HU *et al.*, 2016; CHONOKHUU *et al.*, 2019; KARIMI *et al.*, 2020).

No presente estudo, a metodologia de avaliação de risco à saúde humana foi elaborada pela U.S. EPA (*United States Environmental Protection Agency*), conforme Karimi *et al.* (2020), para determinar o risco não carcinogênico de exposição a metais pesados para crianças. Para o cálculo da dose média diária para as três vias de exposição (ingestão, inalação e dérmica), do Quociente de Perigo (QP) e do Índice de Perigo (IP) foi utilizado como referência o trabalho de Karimi *et al.* (2020), onde valores de  $QP \leq 1$  sugere efeitos adversos a saúde improváveis e  $QP > 1$  aponta para a probabilidade de ocorrer efeitos adversos a saúde. Para o cálculo dos impactos não carcinogênicos totais de exposição aos metais em diferentes vias foi realizada a soma dos valores dos QPs, caracterizado como Índice de Perigo, onde valores de  $IP \leq 1$  corresponde ao padrão aceito, no qual não representa risco para saúde, aumentando a probabilidade de risco crônico à saúde quando  $IP > 1$ . Todos os cálculos foram realizados de acordo com as equações na Tabela 3.

**Tabela 3 - Equações para o cálculo da dose média diária para as três vias de exposições (não carcinogênico), do Quociente de Perigo e do Índice de Perigo**

**Ingestão:**

$$ADI_{ing} = C_{soil} \times \frac{IngR \times EF \times ED}{BW \times AT} \times 10^{-6}$$

**Onde:**

$ADI_{ing}$  = dose média diária de metal do solo via ingestão (mg/kg dia);

$C_{soil}$  = quantidade de metal pesado no solo (mg/kg);

$IngR$  = taxa de ingestão (200 mg/dia);

$EF$  = frequência de exposição (365 dias/ano);

$ED$  = duração da exposição (6 anos);

$BW$  = peso corporal (15 kg);

$AT$  = tempo médio (365 x ED dias).

**Inalação:**

$$ADI_{inh} = C_{soil} \times \frac{InhR \times EF \times ED}{PEF \times BW \times AT}$$

**Onde:**

$ADI_{inh}$  = dose média diária de metal do solo via inalação (mg/kg dia);

$C_{soil}$  = quantidade de metal pesado no solo (mg/kg);

$InhR$  = taxa de inalação (7.6 m<sup>3</sup>/dia);

$EF$  = frequência de exposição (365 dias/ano);

$ED$  = duração da exposição (6 anos);

$PEF$  = fator de emissão de partículas (1.36 x 10<sup>9</sup>)



---

	m <sup>3</sup> /kg);
	BW = peso corporal (15 kg);
	AT = tempo médio (365 x ED dias).

---

<b>Dérmico:</b>	<b>Onde:</b>
$ADI_{\text{derm}} = C_{\text{soil}} \times \frac{SA \times AF \times ABS \times EF \times ED}{BW \times AT} \times 10^{-6}$	ADI <sub>derm</sub> = dose média diária de metal do solo via contato dérmico (mg/kg dia);
	C <sub>soil</sub> = quantidade de metal pesado no solo (mg/kg);
	SA = área exposta na pele (2800 cm <sup>2</sup> );
	AF = fator de aderência do solo (0.2 mg/cm <sup>2</sup> );
	ABS = área de superfície corporal exposta (0.001);
	EF = frequência de exposição (365 dias/ano);
	ED = duração da exposição (6 anos);
	BW = peso corporal (15 kg);
	AT = tempo médio (365 x ED dias).

---

<b>Quociente de Perigo:</b>	<b>Onde:</b>
$HQ = \frac{ADI}{Rfd}$	HQ = quociente de perigo;
	ADI = quantidade de metal ingerido do solo para a via de exposição (mg/kg dia);
	Rfd = dose de referência (mg/kg dia).

---

<b>Índice de Perigo:</b>	<b>Onde:</b>
$HI = \sum_{k=1}^7 HQ = HQ_{Cr} + HQ_{Mn} + HQ_{Zn} + HQ_{Fe} + HQ_{Cu} + HQ_{Cd} + HQ_{Pb}$	HI = índice de perigo;
	HQ = quociente de perigo.

Fonte: Elaborado pelo autor. Adaptado de Karimi *et al.*, (2020).

#### 4.4 ANÁLISE DOS DADOS

A análise estatística das concentrações foram realizadas no editor de planilha do pacote *Office*, o Excel, sendo expressas como médias, desvio padrão, menor e maior valor, e as diferenças entre médias foram realizadas no programa *SPSS Statistics 21.0*, considerando o nível de significância de 0,05 com base na análise de variância (ANOVA) e teste “post-hoc” de Duncan.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 CONCENTRAÇÃO DOS METAIS

Entre os metais analisados somente o Mn foi detectado em todas as amostras de solo coletadas. Os valores de contaminação variam nas n-plicatas com os maiores valores de média correspondendo a 55,87 e 388,79mg/kg para os metais Pb e Mn, respectivamente. Outros resultados estatísticos descritivos como média, desvio padrão, menor e maior valor de média estão expressos na Tabela 4 para os metais Cd, Pb, Cu, Cr, Mn e Zn.

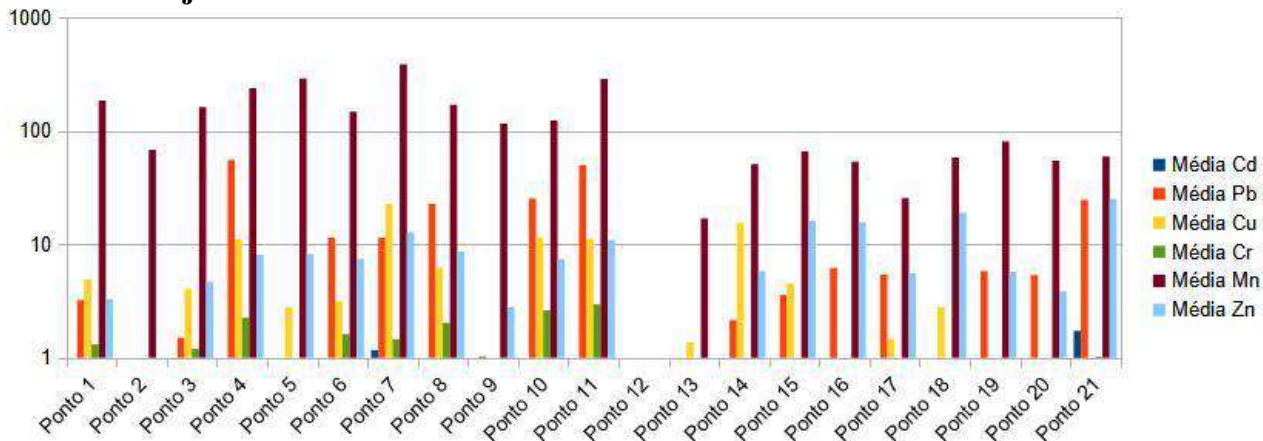
**Tabela 4 - Concentrações (mg/kg) de metais pesados em solos do bairro do Caju**

Metais	Média ± SD	Menor	Maior
<b>Cd</b>	0,33 ± 0,07	0,00	1,73
<b>Pb</b>	11,85 ± 1,94	0,00	55,87
<b>Cu</b>	5,21 ± 1,43	0,00	22,83
<b>Cr</b>	0,95 ± 0,35	0,00	2,96
<b>Mn</b>	132,51 ± 3,21	16,96	388,79
<b>Zn</b>	8,62 ± 1,12	0,00	25,11

Fonte: Elaborado pelo autor.

Os resultados de contaminação dos solos por metais obtidos no presente estudo foram comparados aos valores encontrados na Resolução CONAMA nº 420/2009 e todos os níveis de metais revelados pelas análises ficaram abaixo dos Valores Orientadores, exceto para manganês (Mn) que não possui valor orientador para solos descrito nessa resolução. Todas as médias de concentração para os metais estudados são expressas no Gráfico 2 de acordo com os pontos de coleta dos solos.

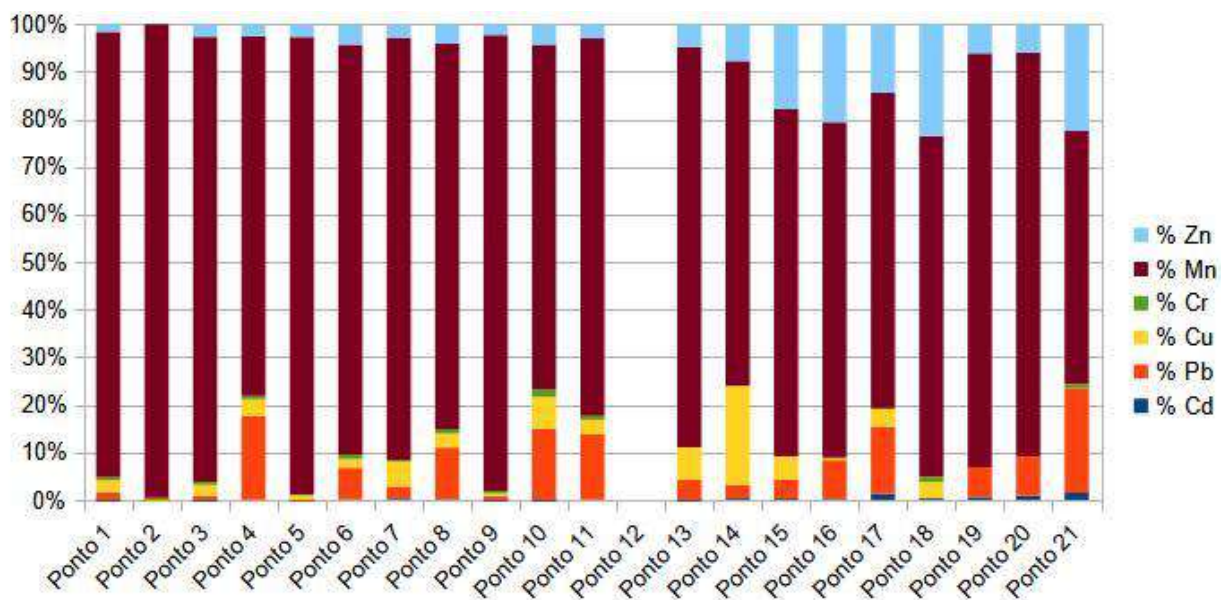
**Gráfico 2 - Concentrações (mg/kg) de metais pesados em solos (por ponto de coleta) do bairro do Caju**



Fonte: Elaborado pelo autor.

Considerando a percentagem de distribuição dos metais analisados no presente estudo observou-se uma maior frequência do manganês (Mn), chumbo (Pb), zinco (Zn) e cobre (Cu). As demais percentagens para os metais analisados em relação ao total dos metais estudados por ponto de coleta são mostrados no Gráfico 3.

**Gráfico 3 - Percentagens da distribuição dos metais pesados em solos do bairro do Caju**



Fonte: Elaborado pelo autor.

## 5.2 TESTE COMPARATIVO DE MÚLTIPLAS MÉDIAS PARA METAIS

O teste comparativo foi realizado para identificar diferenças nas concentrações de cada metal para os distintos pontos de coleta. Nas tabelas, as médias com letras iguais são aquelas que não apresentam diferença significativa e aquelas que apresentam diferença significativa são mostradas com letras diferentes.

De acordo com a comparação de múltiplas médias para cádmio (Cd), a maior concentração (média) encontrada no presente estudo corresponde a: 1,73mg/kg referente ao ponto 21. Concentração superior ao valor de prevenção (1,3mg/kg) e abaixo do valor de investigação (8mg/kg) para área residencial. Conforme descrito na Resolução CONAMA nº 420/2009, o Valor de Prevenção indica a concentração limite de determinada substância no solo e o Valor de Investigação indica a concentração de determinada substância no solo acima do qual existem riscos potenciais à saúde. Todas as comparações de médias para cádmio por pontos de coleta são mostradas na Tabela 5.

**Tabela 5 - Comparação de múltiplas médias para Cd**

Pontos	Cádmio (Cd)					
	a	b	c	d	e	f
1	0,00					
2	0,00					
3	0,00					
5	0,00					
9	0,00					
10	0,00					
12	NA					
13	0,00					
16	0,17	0,17				
4	0,18	0,18				
11	0,22	0,22				
6	0,23	0,23				
14	0,25	0,25				
18	0,28	0,28	0,28			
15		0,30	0,30			
8		0,44	0,44	0,44		
17			0,52	0,52		
20			0,53	0,53		
19				0,56		
7					1,17	
21						1,73

NA – Não analisado.

Fonte: Elaborado pelo autor.

A partir da comparação de múltiplas médias para chumbo (Pb), as maiores concentrações (médias) encontradas no presente estudo correspondem a: 50,02 e 55,87mg/kg referentes aos pontos 11 e 4, respectivamente. Os valores das concentrações ficaram abaixo do

estabelecido pela Resolução CONAMA nº 420/2009 para valores de prevenção (72mg/kg) e de investigação (300mg/kg) para área residencial. As demais comparações de médias para chumbo por pontos de coleta são mostradas na Tabela 6.

**Tabela 6 - Comparação de múltiplas médias para Pb**

Pontos	Chumbo (Pb)			
	a	b	c	d
2	0,00			
5	0,00			
12	NA			
18	0,00			
13	0,86			
9	1,03			
3	1,50			
14	2,15			
1	3,23			
15	3,58			
20	5,37	5,37		
17	5,43	5,43		
19	5,82	5,82		
16	6,20	6,20		
6		11,45		
7		11,47		
8			22,81	
21			24,66	
10			25,45	
11				50,02
4				55,87

NA – Não analisado.

Fonte: Elaborado pelo autor.

A maior concentração (média) encontrada no presente estudo após a comparação de múltiplas médias para cobre (Cu) corresponde a: 22,84mg/kg referente ao ponto 7. Valor de concentração consideravelmente abaixo dos valores de prevenção (60mg/kg) e de investigação (400mg/kg) para área residencial, de acordo com a Resolução CONAMA nº 420/2009. As demais comparações de médias para cobre por pontos de coleta são mostradas na Tabela 7.

**Tabela 7 - Comparação de múltiplas médias para Cu**

Pontos	Cobre (Cu)				
	a	b	c	d	e
2	0,00				
12	NA				
19	0,00				
20	0,00				
21	0,00				
16	0,42				
9	0,60				
13	1,37				
17	1,47				
5	2,79				
18	2,81				
6	3,16				
3	4,05	4,05			
15	4,50	4,50	4,50		
1	4,94	4,94	4,94		
8	6,23	6,23	6,23		
4		11,06	11,06	11,06	
11		11,12	11,12	11,12	
10			11,43	11,43	
14				15,51	
7					22,84

NA – Não analisado.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Conforme a comparação de múltiplas médias para cromo (Cr), as maiores concentrações (médias) encontradas no presente estudo correspondem a: 2,02 mg/kg, 2,27mg/kg, 2,62mg/kg e 2,96mg/kg referentes aos pontos 8, 4, 10 e 11, respectivamente. Os valores de concentrações se mostraram inferiores aos valores de prevenção (75mg/kg) e de investigação (300mg/kg) para área residencial estabelecidos como Valores Orientadores na Resolução CONAMA nº 420/2009. As demais comparações de médias para cromo por pontos de coleta são mostradas na Tabela 8.

**Tabela 8 - Comparação de múltiplas médias para Cr**

Pontos	Cromo (Cr)						
	a	b	c	d	e	f	g
12	NA						
13	0,00						
14	0,00						
15	0,00						
16	0,00						
17	0,00						
19	0,00						
20	0,00						
2	0,33	0,33					
5	0,59	0,59	0,59				
9	0,71	0,71	0,71				
18	0,93	0,93	0,93	0,93			
21	1,02	1,02	1,02	1,02			
3		1,20	1,20	1,20	1,20		
1		1,32	1,32	1,32	1,32		
7			1,46	1,46	1,46		
6			1,62	1,62	1,62	1,62	
8				2,02	2,02	2,02	2,02
4					2,27	2,27	2,27
10						2,62	2,62
11							2,96

NA – Não analisado.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Com base na comparação de múltiplas médias para manganês (Mn), a maior concentração (média) encontrada no presente estudo corresponde a: 388,80mg/kg referente ao ponto 7. No entanto, o manganês equivale ao único metal analisado no estudo que não possui valor orientador para solo na Resolução CONAMA nº 420/2009. As demais comparações de médias para o manganês por pontos de coleta são mostradas na Tabela 9.

Tabela 9 - Comparação de múltiplas médias para Mn

Pontos	Manganês (Mn)														
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	l	m	n	o	
12	NA														
13		16,96													
17			25,56												
14				51,08											
16				53,73											
20				54,72											
18				58,27	58,27										
21				59,78	59,78	59,78									
15					66,44	66,44									
2						68,44									
19							80,80								
9								116,29							
10								123,36							
6									148,41						
3										163,15					
8										171,12					
1											185,26				
4												239,51			
11													289,00		
5														289,64	
7															388,80

NA – Não analisado.

Fonte: Elaborado pelo autor.



Em concordância com a comparação de múltiplas médias para zinco (Zn), a maior concentração (média) encontrada no presente estudo corresponde a: 25,11mg/kg referente ao ponto 21. Entretanto, o valor de concentração também se mostrou consideravelmente abaixo dos valores de prevenção (300mg/kg) e de investigação (1000mg/kg) para área residencial, de acordo com a Resolução CONAMA nº 420/2009. As demais comparações de médias para zinco por pontos de coletas são mostradas na Tabela 10.

Embora todos os valores de média retratados no presente estudo para os metais analisados estejam abaixo dos Valores Orientadores para solos, descritos pela Resolução CONAMA nº 420/2009, alguns pontos de coleta apresentaram suas maiores concentrações (médias) para diferentes metais, sendo eles: Ponto 4 para Pb e Cr, ponto 7 para Cu e Mn, pontos 8 e 10 para Cr, ponto 11 para Pb e Cr, e o ponto 21 para Cd e Zn.

**Tabela 10 - Comparação de múltiplas médias para Zn**

Pontos	Zinco (Zn)										
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	l
2	0,00										
12	NA										
13	0,96	0,96									
9	2,81	2,81	2,81								
1	3,28	3,28	3,28	3,28							
20	3,87	3,87	3,87	3,87	3,87						
3		4,66	4,66	4,66	4,66	4,66					
17			5,55	5,55	5,55	5,55					
19			5,74	5,74	5,74	5,74					
14			5,81	5,81	5,81	5,81					
10				7,43	7,43	7,43	7,43				
6				7,44	7,44	7,44	7,44				
4					8,12	8,12	8,12				
5						8,25	8,25				
8						8,63	8,63				
11							10,95	10,95			
7								12,78	12,78		
16									15,73	15,73	
15									16,16	16,16	
18										19,16	
21											25,11

NA – Não analisado.

Fonte: Elaborado pelo autor.

### 5.3 COMPARAÇÃO COM DADOS DA LITERATURA

Com o objetivo de comparação da contaminação de solo por cádmio (Cd) entre estudos os valores médios expressos em Média (Faixa) se mostraram muito próximos. O valor médio encontrado nas amostras de solo para o bairro do Caju (Rio de Janeiro) corresponde a: 0,33mg/kg (0,00 – 1,73mg/kg), caracterizando como o metal de menor concentração no solo entre os demais metais analisados. Contudo, o valor médio de contaminação por Cd encontrado na cidade de Hong Kong representa a pior condição na comparação entre todos os estudos: 2,18mg/kg (0,02 – 5,89mg/kg). Os resultados para os demais estudos são mostrados na Tabela 11.

De acordo com Li, Poon e Liu (2001), o estudo realizado na cidade de Hong Kong teve como objetivo avaliar os níveis de contaminação por metais em solos de parques urbanos e estradas, em diferentes usos do solo, como áreas residenciais, comerciais e industriais. A cidade de Hong Kong na China é considerada uma das metrópoles mais povoadas do mundo e com um acelerado processo de urbanização demandando uma grande pressão sobre o ambiente. Em virtude da falta de espaço na cidade, muitos parques urbanos são estruturados próximos a regiões industriais que correspondem a potenciais fontes de poluição.

Conforme o estudo, os níveis de contaminação por metais pesados presentes nos solos urbanos da cidade de Hong Kong são consideráveis, principalmente para Cd e Pb, onde é presumido que para Cd seja devido ao frequente uso de fertilizantes no solo dos parques urbanos (LI; POON; LIU, 2001).

**Tabela 11 - Comparação da contaminação de solo (mg/kg) por Cd**

<b>Cádmio (Cd)</b>	<b>Média ± SD</b>	<b>Faixa de médias</b>	<b>Descrição da situação ambiental</b>	<b>Referência</b>
<b>A</b>	0,33 ± 0,07	0,00 – 1,73	Caju, Rio de Janeiro, Brasil (vias públicas)	Presente estudo
<b>B</b>	0,37 ± 0,34	0,06 – 0,99	Estocolmo, Suécia (beira de estrada)	Linde; Bengtsson; Öborn. (2001)

<b>C</b>	$0,29 \pm 0,24$	0,00 – 0,85	Bagdá, Iraque (beira de estrada/uso residencial)	Al Obaidy; Al Mashhadi. (2013)
<b>D</b>	$2,18 \pm 1,02$	0,02 – 5,89	Hong Kong, China (parques urbanos)	Li; Poon; Liu. (2001)
<b>E</b>	$0,30 \pm 0,38$	0,04 – 2,96	Berehove, Ucrânia (solos urbanos)	Vince <i>et al.</i> (2014)

Fonte: Elaborado pelo autor.

A diferença dos valores expressos em Média (Faixa) entre os estudos escolhidos para a comparação da contaminação de solos por chumbo (Pb) com o presente estudo se mostraram relevantes. Os valores médios de contaminação do solo por Pb encontrados para a melhor e pior cenário corresponde a: 11,85mg/kg (0,00 – 55,87mg/kg) e 100mg/kg (4,6 – 424mg/kg) para o bairro do Caju (Rio de Janeiro) e a cidade de Estocolmo, respectivamente. Os demais resultados são mostrados na Tabela 12.

O bairro do Caju refere-se ao presente estudo, se destacando como uma região na cidade do Rio de Janeiro com possíveis traços de degradação ambiental, ocupação desordenada, vulnerabilidade social, com forte influência de atividade industrial e naval e intenso tráfego local. O chumbo encontrado no Caju pode estar relacionado também com atividades militares. No bairro funcionou o Arsenal de Guerra do Rio, onde no período se produziu projéteis e munições compostas de chumbo. Entretanto, quando comparado o valor médio (faixa) encontrado no bairro do Caju, os demais estudos apresentaram valores de contaminação consideravelmente superiores, exceto no estudo realizado por Rizo *et al.* (2011), na cidade de Havana, que apresenta valores próximos aos encontrados no presente estudo.

De acordo com Linde, Bengtsson e Öborn (2011), o estudo na cidade de Estocolmo na Suécia foi realizado como teste para a avaliação das consequências da presença de metais em relação a distância do centro da cidade e diferentes usos do solo, mesmo Estocolmo não possuindo indústrias de relevante emissão de metais pesados. Conforme o estudo, a concentração de Pb em solos superficiais em beira de estradas fora do centro da cidade não diferiu de outros ambientes, entretanto, as concentrações variaram de 5 a 424mg/kg (média 100mg/kg) e que tal conjuntura pode ser devido a combinação de vias públicas antigas e mais recentes, assim como a intensidade do tráfego local.

**Tabela 12 - Comparação da contaminação de solo (mg/kg) por Pb**

Chumbo (Pb)	Média ± SD	Faixa de médias	Descrição da situação ambiental	Referência
A	11,85 ± 1,94	0,00 – 55,87	Caju, Rio de Janeiro, Brasil (vias públicas)	Presente estudo
B	100 ± 150	4,6 – 424	Estocolmo, Suécia (beira de estrada)	Linde; Bengtsson; Öborn. (2001)
C	87,06 ± 84,79	25,34 – 400,60	Bagdá, Iraque (beira de estrada/uso residencial)	Al Obaidy; Al Mashhadi. (2013)
D	93,4 ± 37,3	5,27 – 404	Hong Kong, China (parques urbanos)	Li; Poon; Liu. (2001)
E	49 ± 18	32 – 66	Havana, Cuba (parques urbanos)	Rizo <i>et al.</i> (2011)

Fonte: Elaborado pelo autor.

A partir dos estudos escolhidos para a comparação da contaminação de solo por cobre (Cu), os valores expressos em Média (Faixa) encontrados nos estudos se demonstraram distintos, onde apenas o estudo realizado na cidade de Bagdá: 20,02mg/kg (7,30 – 26,16mg/kg) se mostrou semelhante ao presente estudo, desenvolvido no bairro do Caju: 5,21mg/kg (0,00 – 22,83mg/kg). Conforme os valores expressos nos trabalhos selecionados, duas cidades apresentaram valores máximos para contaminação por cobre: 87mg/kg (36 – 169mg/kg) e 24,8mg/kg (5,12 – 190mg/kg) para as cidades de Havana e Hong Kong, respectivamente. Todos os resultados para estudos selecionados são expressos na Tabela 13.

Conforme Rizo *et al.*, (2011), o estudo realizado na cidade de Havana em Cuba apresenta a existência de uma população crescente, desenvolvimento econômico e relata poucos estudos realizados quanto a presença de metais em solos, objetivando investigar a qualidade do solo e a relação com a saúde humana. De acordo com o estudo, as mais altas concentrações de metais em solo foram encontradas nas regiões industriais, no qual, segundo a Classificação Holandesa utilizada para o estudo, o solo da cidade de Havana pode ser classificado como “ligeiramente contaminado” por Co, Ni, Cu, Zn e Pb. Elementos como Cu e Zn possuem associação com aerossóis antrópicos, onde essas partículas são capazes de se

depositarem e alterarem concentrações observadas nos solos superficiais, além da presença de atividades de mineração.

Segundo Li, Poon e Liu (2001), na cidade de Hong Kong na China foram encontradas maiores concentrações de contaminação por metais em solos urbanos nas regiões comerciais e em menores concentrações nas regiões residenciais, o que retrata o tipo de uso do solo da cidade, no qual parte dessas regiões comerciais anteriormente constituíam distritos urbanos. Para os autores, as concentrações de metais pesados em solos de parques urbanos de Hong Kong podem retratar elevados níveis de contaminação a longo prazo, e que as concentrações de Cu, Pb e Zn encontradas nos parques urbanos podem estar associados ao tempo de operação do parque, no qual os recém construídos foram menos expostos à contaminação por metais através de fontes urbanas.

**Tabela 13 - Comparação da contaminação de solo (mg/kg) por Cu**

<b>Cobre (Cu)</b>	<b>Média ± SD</b>	<b>Faixa de médias</b>	<b>Descrição da situação ambiental</b>	<b>Referência</b>
<b>A</b>	5,21 ± 1,43	0,00 – 22,83	Caju, Rio de Janeiro, Brasil (vias públicas)	Presente estudo
<b>B</b>	27 ± 16	10 – 53	Estocolmo, Suécia (beira de estrada)	Linde; Bengtsson; Öborn. (2001)
<b>C</b>	20,02 ± 5,07	7,30 – 26,16	Bagdá, Iraque (beira de estrada/uso residencial)	Al Obaidy; Al Mashhadi. (2013)
<b>D</b>	24,8 ± 12,0	5,12 – 190	Hong Kong, China (parques urbanos)	Li; Poon; Liu. (2001)
<b>E</b>	87 ± 57	36 – 169	Havana, Cuba (parques urbanos)	Rizo <i>et al.</i> (2011)

Fonte: Elaborado pelo autor.

Todos os estudos selecionados para a comparação da contaminação de solo por cromo (Cr) apresentaram valores médios expressos em Média (Faixa) consideravelmente superiores ao encontrado no bairro do Caju: 0,95mg/kg (0,00 – 2,96mg/kg). Os maiores valores de contaminação por Cr encontrados nas amostras de solo entre os estudos correspondem: 21mg/kg (8,2 – 46,4mg/kg) e 11mg/kg (1,7 – 73mg/kg) para as cidades de Berehove e Nápoles, respectivamente. Todos os valores para os demais estudos são mostrados na Tabela 14.

De acordo com Vince *et al.*, (2014), o estudo realizado na cidade de Berehove na Ucrânia teve a intenção de escolher de uma pequena cidade para que fosse possível fomentar informações sobre regiões a princípio considerada como pouco impactada pelo tipo de uso do solo, influência de metais pesados e o risco de possível contaminação. Para o estudo as concentrações de Cr, Fe e Ni encontradas nos solos superficiais coletados são menores e tendem a ser maiores com o aumento da profundidade, levando a considerar que a origem desses metais podem ser por fontes litogênicas, ou seja, de origem geológica. Os autores relatam que conforme todos os metais analisados (Ba, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb e Zn) no estudo, a cidade de Berehove pode ser classificada como “moderadamente contaminada” e que pessoas que vivem em pequenas cidades também podem estar expostas a diferentes fontes emissoras de metais pesados como atividades industriais, veículos automotores e sistemas de aquecimento.

Conforme Imperato *et al.*, (2003), a cidade de Nápoles na Itália apresenta uma densa população, uma urbanização não controlada, perda considerável de áreas verdes urbanas, intenso tráfego rodoviário e a existência de muitas atividades industriais. O teor de Cr nas amostras de solo em Nápoles variou de 1,7 a 73mg/kg onde de acordo com o estudo o limite regulatório correspondeu a 120mg/kg, ou seja, o limite não foi excedido. É retratado no estudo, que em uma ordem de grandeza o solo superficial da área urbana de Nápoles parece estar poluído na seguinte ordem: Pb>Zn>Cu>Cr, onde o Cr representa a menor concentração encontrada nestes solos. Para os autores, o solo da cidade de Nápoles foi afetado principalmente por Cu, Pb e Zn através de atividades antropogênicas como atividades industriais e intensidade do tráfego, e que Cu e Cr podem estar associado a matéria orgânica após mineralização.

Tabela 14 - Comparação da contaminação de solo (mg/kg) por Cr

Cromo (Cr)	Média ± SD	Faixa de médias	Descrição da situação ambiental	Referência
A	0,95 ± 0,35	0,00 – 2,96	Caju, Rio de Janeiro, Brasil (vias públicas)	Presente estudo
B	23,09 ± 7,20	8,58 – 37,26	Bagdá, Iraque (beira de estrada/uso residencial)	Al Obaidy; Al Mashhadi. (2013)
C	25 ± 5,8	16 – 31	Estocolmo, Suécia (beira de estrada)	Linde; Bengtsson; Öborn. (2001)
D	11 ± 9	1,7 – 73	Nápoles, Itália (solos urbanos)	Imperato <i>et al.</i> (2003)
E	21 ± 6	8,2 – 46,4	Berehove, Ucrânia (solos urbanos)	Vince <i>et al.</i> (2014)

Fonte: Elaborado pelo autor.

Os valores de contaminação de solo por manganês (Mn) no bairro do Caju se mostraram os mais altos encontrados entre todos os metais analisados: 132,51mg/kg (16,96 – 388,79mg/kg). A contaminação do solo por metais no presente estudo corresponde a: Mn>Pb>Zn>Cu>Cr>Cd. Contudo, o maior valor médio expresso em Média (Faixa) encontrado entre os estudos para a pior condição foi: 559,3mg/kg (173,3 – 1144,8mg/kg) para a cidade de Berehove. Os demais resultados são mostrados na Tabela 15.

Segundo Vince *et al.*, (2014), a cidade de Berehove fica localizada na parte ocidental da Ucrânia, considerada uma região rica em minérios e com presença de antigas pedreiras de minérios (chumbo, zinco, cobre, barita) que tiveram suas atividades suspensas, entretanto, essa exploração pode ter afetado o teor destes solos urbanos. Conforme os autores, na atualidade a cidade de Berehove não possui indústrias geradoras de metais pesados de forma considerável, exceto, a presença de siderúrgicas, e que o tráfego pode ser uma importante fonte de poluição local, no qual, as maiores concentrações de Mn foram encontradas em solos coletados em pátios da cidade, juntamente a outros metais como o Ba, Pb e Zn.

Tabela 15 - Comparação da contaminação de solo (mg/kg) por Mn

Manganês (Mn)	Média ± SD	Faixa de médias	Descrição da situação ambiental	Referência
A	132,51 ± 3,21	16,96 – 388,79	Caju, Rio de Janeiro, Brasil (vias públicas)	Presente estudo
B	342,15 ± 119,44	79,00 – 581,32	Bagdá, Iraque (beira de estrada/uso residencial)	Al Obaidy; Al Mashhadi. (2013)
C	559,3 ± 187	173,3 – 1144,8	Berehove, Ucrânia (solos urbanos)	Vince <i>et al.</i> (2014)
D	152,04 ± 158,86	0,86 – 550	Hassi Messaoud, Argélia (beira de estrada)	Benhaddya <i>et al.</i> (2016)
E	227,72 ± 107,59	100,54 – 454,81	Guangzhou, China (beira de estrada)	Lu <i>et al.</i> (2007)

Fonte: Elaborado pelo autor.

Conforme a comparação da contaminação de solo por zinco (Zn), a concentração de Zn encontrada no bairro do Caju apresentou valores consideravelmente inferiores ao encontrado nos demais estudos, onde os valores médios expressos em Média (Faixa) de contaminação por Zn para a melhor e pior condição correspondem a: 8,62mg/kg (0,00 – 25,11mg/kg) e 168mg/kg (38,7 – 435mg/kg) para o bairro do Caju (Rio de Janeiro) e a cidade de Hong Kong, respectivamente. Os resultados para todos os estudos são mostrados na Tabela 16.

Para Li, Poon e Liu (2001), o estudo realizado na cidade de Hong Kong na China retrata que o solo dos parques urbanos apresentam elevadas concentrações de diferentes metais como o Cd, Cu, Pb e Zn. Conforme os autores, quando comparado a estudos anteriores, as concentrações de metais em poeira de estradas de Hong Kong se mostraram mais baixas, o que pode ser reflexo de políticas de produção de gasolina sem chumbo e da diminuição das atividades indústrias locais. Apesar disso, foram encontradas altas concentrações de Zn em



poeira de estradas de Hong Kong, onde de acordo com o estudo, podem ser originárias da intensidade do tráfego, particularmente dos pneus dos veículos.

**Tabela 16 - Comparação da contaminação de solo (mg/kg) por Zn**

Zinco (Zn)	Média ± SD	Faixa de médias	Descrição da situação ambiental	Referência
<b>A</b>	8,62 ± 1,12	0,00 – 25,11	Caju, Rio de Janeiro, Brasil (vias públicas)	Presente estudo
<b>B</b>	126 ± 89	32 – 249	Estocolmo, Suécia (beira de estrada)	Linde; Bengtsson; Öborn. (2001)
<b>C</b>	51,24 ± 30,19	13,70 – 149,74	Bagdá, Iraque (beira de estrada/uso residencial)	Al Obaidy; Al Mashhadi. (2013)
<b>D</b>	168 ± 74,8	38,7 – 435	Hong Kong, China (parques urbanos)	Li; Poon; Liu. (2001)
<b>E</b>	161 ± 59	111 – 242	Havana, Cuba (parques urbanos)	Rizo <i>et al.</i> (2011)

Fonte: Elaborado pelo autor.

#### 5.4 ESTUDO DO QUOCIENTE DE PERIGO

A ingestão de solo pode representar uma importante fonte de exposição humana a substâncias tóxicas. As crianças acabam sendo mais expostas aos contaminantes do que adultos em virtude de suas questões comportamentais como levar a boca objetos, alimentos ou as mãos que antes tiveram contato com a superfície (U.S. EPA, 1997, 2008, 2011). A exposição de pessoas adultas a ingestão dos tóxicos no solo podem ocorrer através da ingestão de poeira presente nos alimentos a serem ingeridos, em cigarros e até mesmo nas mãos (U.S. EPA, 1997, 2011).

Alguns estudos foram conduzidos para avaliar ingestão de solo por crianças como quantificar a ingestão a partir do acúmulo de sujeira existente nas mãos e comparando com os

hábitos dessas crianças (U.S. EPA, 1997). A estimativa de oligoelementos excretados pela urina e nas fezes das crianças, elementos que se considera não serem totalmente absorvidos pelo intestino, que possibilitam suposições quanto ao processo desses elementos no trato gastrointestinal e a avaliação da quantidade de solo ingerido (U.S. EPA, 1997, 2008, 2011). A utilização de processo biocinético de exposição e absorção de chumbo, a partir de biomarcadores capazes de conferir os níveis de chumbo presentes no sangue das crianças, viabilizam suposições sobre a quantidade de solo e poeira ingeridos. A estimativa de isótopos de chumbo no sangue ou excretados na urina das crianças, nos alimentos, na água e na poeira domiciliar, possibilitam confrontar com a proporção de diferentes isótopos chumbo e relacionar as possíveis fontes de exposição a substância química, dentre elas, a ingestão de solo e poeira. A metodologia de análise das respostas dadas pelas crianças ou seus cuidadores a partir da aplicação de perguntas relacionadas a prática de ingestão de solo, frequência e, em alguns casos, a quantidade, que propiciam suposições quanto a ingestão de solo pelas crianças (U.S. EPA, 2008, 2011). Os trabalhos de estimativa da ingestão de solo por crianças são considerados adequados por sua viabilidade para estudos de exposição a substâncias tóxicas (U.S. EPA, 1997).

Os valores da estimativa do Quociente de Perigo para exposição de crianças via ingestão apresentaram valores  $<1$ , o que sugere que efeitos adversos à saúde através da exposição aos metais presentes nas amostras de solo são improváveis. Todos os valores de dose média diária e do Quociente de Perigo para exposição via ingestão são expressas na Tabela 17.

**Tabela 17 - Valores de dose média diária e do Quociente de Perigo para exposição via ingestão**

Dose Média Diária						
Pontos	Cd	Pb	Cu	Cr	Mn	Zn
1	0,00E+00	1,44E-04	2,20E-04	5,85E-05	8,26E-03	1,46E-04
2	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,47E-05	3,05E-03	0,00E+00
3	0,00E+00	6,69E-05	1,80E-04	5,32E-05	7,27E-03	2,08E-04
4	7,80E-06	2,49E-03	4,93E-04	1,01E-04	1,07E-02	3,62E-04
5	0,00E+00	0,00E+00	1,24E-04	2,62E-05	1,29E-02	3,68E-04
6	9,98E-06	5,10E-04	1,41E-04	7,20E-05	6,61E-03	3,31E-04
7	5,20E-05	5,11E-04	1,02E-03	6,49E-05	1,73E-02	5,69E-04
8	1,96E-05	1,02E-03	2,77E-04	9,01E-05	7,63E-03	3,85E-04
9	0,00E+00	4,58E-05	2,65E-05	3,16E-05	5,18E-03	1,25E-04
10	0,00E+00	1,13E-03	5,09E-04	1,17E-04	5,50E-03	3,31E-04
11	9,49E-06	2,23E-03	4,95E-04	1,32E-04	1,29E-02	4,88E-04
12	NA	NA	NA	NA	NA	NA
13	0,00E+00	3,83E-05	6,07E-05	0,00E+00	7,56E-04	4,27E-05
14	1,09E-05	9,58E-05	6,91E-04	0,00E+00	2,28E-03	2,59E-04
15	1,31E-05	1,60E-04	2,00E-04	0,00E+00	2,96E-03	7,20E-04
16	7,54E-06	2,76E-04	1,85E-05	0,00E+00	2,39E-03	7,01E-04
17	2,31E-05	2,42E-04	6,51E-05	0,00E+00	1,14E-03	2,47E-04
18	1,23E-05	0,00E+00	1,25E-04	4,14E-05	2,60E-03	8,54E-04
19	2,50E-05	2,59E-04	0,00E+00	0,00E+00	3,60E-03	2,56E-04
20	2,36E-05	2,39E-04	0,00E+00	0,00E+00	2,44E-03	1,72E-04
21	7,69E-05	1,10E-03	0,00E+00	4,55E-05	2,66E-03	1,12E-03
Quociente de Perigo						
Pontos	Cd	Pb	Cu	Cr	Mn	Zn
1	0,00000000	0,04107429	0,00549794	0,01950418	0,17566257	0,00048674
2	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00490228	0,06489125	0,00000000
3	0,00000000	0,01912103	0,00450443	0,01772671	0,15469485	0,00069212
4	0,00779909	0,71144512	0,01232508	0,03365081	0,22710768	0,00120622
5	0,00000000	0,00000000	0,00310411	0,00872108	0,27464334	0,00122539
6	0,00998327	0,14579391	0,00351389	0,02399148	0,1407199	0,00110498
7	0,05200278	0,14600602	0,02543896	0,02163124	0,3686616	0,00189815
8	0,01956146	0,29043063	0,00693373	0,03002011	0,16225683	0,00128181
9	0,00000000	0,01307275	0,00066292	0,01054734	0,11026818	0,00041669
10	0,00000000	0,32407634	0,01272747	0,03886769	0,1169704	0,00110314
11	0,00948687	0,63689075	0,01238657	0,04392263	0,2740359	0,0016272
12	NA	NA	NA	NA	NA	NA
13	0,00000000	0,01095055	0,00151715	0,00000000	0,0160791	0,00014242
14	0,01089101	0,02735865	0,01727829	0,00000000	0,04843477	0,00086215
15	0,01310712	0,04558487	0,00500944	0,00000000	0,06299793	0,00240086
16	0,00753856	0,07892274	0,00046134	0,00000000	0,05094422	0,00233683
17	0,02311678	0,06910075	0,00162771	0,00000000	0,02423518	0,00082422
18	0,01225571	0,00000000	0,00311963	0,01381553	0,05524788	0,00284555
19	0,02495708	0,07404357	0,00000000	0,00000000	0,07661121	0,00085196
20	0,02362009	0,06831363	0,00000000	0,00000000	0,05188645	0,00057416
21	0,07691773	0,31405241	0,00000000	0,01518281	0,05668282	0,00372996

NA – Não analisado.

Fonte: Elaborado pelo autor.

O ar ambiente tende a ser uma relevante fonte de exposição a substâncias tóxicas para as crianças (U.S. EPA, 2008) e adultos (U.S. EPA, 2011). Crianças podem ser expostas a variadas substâncias presentes no ar poluído de ambientes externos (*outdoor*) assim como através da inalação de substâncias químicas utilizadas ou geradas em ambientes internos (*indoor*) (U.S. EPA, 2008, 2011). No Brasil, por este ser um país tropical os ambientes *indoor* e *outdoor* são mais parecidos por usarmos janelas abertas em quase todo o ano.

Conforme Cohen Hubal *et al.*, (2000), a exposição é classificada como a interação de substâncias poluentes com os limites externos do corpo humano por um determinado espaço de tempo. É referido que os poluentes em suspensão inspirados (dose potencial), e a concentração que de fato incorpora ao organismo a partir do pulmão (dose interna), é inferior que a medida nos limites externos do corpo. Isso ocorre devido a características anatômicas e fisiológicas do sistema respiratório humano (U.S. EPA, 1997, 2008, 2011).

As funções pulmonares assim como a granulometria do material inalado, a estrutura química do poluente sólido ou gasoso e o mecanismo de respiração são capazes de induzir o local da deposição dessas partículas. Os efeitos adversos à saúde derivados da exposição aos poluentes atmosféricos procedem da dose final (dose biologicamente efetiva) da substância poluente em contato com um órgão (ex. pulmões), após todo processo metabólico, que corresponde a dose potencial (inspirado pela boca ou nariz), a dose aplicada ao órgão e a dose interna (absorvida pelo órgão) (U.S. EPA, 1997).

Os valores da estimativa do Quociente de Perigo para exposição de crianças via inalação apresentaram valores  $<1$ , o que indica que efeitos adversos à saúde através da exposição aos metais presentes nas amostras de solo são improváveis. Os valores de dose média diária e do Quociente de Perigo para exposição via inalação são expressas na Tabela 18.

**Tabela 18 - Valores de dose média diária e do Quociente de Perigo para exposição via inalação**

Pontos	Dose Média Diária					
	Cd	Pb	Cu	Cr	Mn	Zn
1	4,14E-11	6,33E-11	1,68E-11	2,38E-09	4,20E-11	0,00E+00
2	0,00E+00	0,00E+00	4,23E-12	8,78E-10	0,00E+00	0,00E+00
3	1,93E-11	5,19E-11	1,53E-11	2,09E-09	5,98E-11	0,00E+00
4	7,17E-10	1,42E-10	2,91E-11	3,07E-09	1,04E-10	1,00E-16
5	0,00E+00	3,57E-11	7,53E-12	3,72E-09	1,06E-10	0,00E+00
6	1,47E-10	4,05E-11	2,07E-11	1,90E-09	9,54E-11	1,28E-16
7	1,47E-10	2,93E-10	1,87E-11	4,99E-09	1,64E-10	6,67E-16
8	2,93E-10	7,98E-11	2,59E-11	2,20E-09	1,11E-10	2,51E-16
9	1,32E-11	7,63E-12	9,11E-12	1,49E-09	3,60E-11	0,00E+00
10	3,27E-10	1,47E-10	3,36E-11	1,58E-09	9,53E-11	0,00E+00
11	6,42E-10	1,43E-10	3,79E-11	3,71E-09	1,41E-10	1,22E-16
12	NA	NA	NA	NA	NA	NA
13	1,10E-11	1,75E-11	0,00E+00	2,18E-10	1,23E-11	0,00E+00
14	2,76E-11	1,99E-10	0,00E+00	6,55E-10	7,45E-11	1,40E-16
15	4,59E-11	5,77E-11	0,00E+00	8,52E-10	2,07E-10	1,68E-16
16	7,95E-11	5,31E-12	0,00E+00	6,89E-10	2,02E-10	9,67E-17
17	6,96E-11	1,87E-11	0,00E+00	3,28E-10	7,12E-11	2,97E-16
18	0,00E+00	3,59E-11	1,19E-11	7,48E-10	2,46E-10	1,57E-16
19	7,46E-11	0,00E+00	0,00E+00	1,04E-09	7,36E-11	3,20E-16
20	6,88E-11	0,00E+00	0,00E+00	7,02E-10	4,96E-11	3,03E-16
21	3,16E-10	0,00E+00	1,31E-11	7,67E-10	3,22E-10	9,87E-16

Pontos	Quociente de Perigo					
	Cd	Pb	Cu	Cr	Mn	Zn
1	4,14E-08	1,80E-09	4,19E-10	8,31E-05	2,94E-06	0,00000
2	0,00E+00	0,00E+00	1,05E-10	3,07E-05	0,00E+00	0,00000
3	1,93E-08	1,47E-09	3,81E-10	7,32E-05	4,18E-06	0,00000
4	7,17E-07	4,03E-09	7,23E-10	1,07E-04	7,28E-06	0,00000
5	0,00E+00	1,02E-09	1,87E-10	1,30E-04	7,40E-06	0,00000
6	1,47E-07	1,15E-09	5,15E-10	6,66E-05	6,67E-06	0,00000
7	1,47E-07	8,32E-09	4,65E-10	1,74E-04	1,15E-05	0,00000
8	2,93E-07	2,27E-09	6,45E-10	7,68E-05	7,74E-06	0,00000
9	1,32E-08	2,17E-10	2,27E-10	5,22E-05	2,52E-06	0,00000
10	3,27E-07	4,16E-09	8,35E-10	5,53E-05	6,66E-06	0,00000
11	6,42E-07	4,05E-09	9,44E-10	1,30E-04	9,83E-06	0,00000
12	NA	NA	NA	NA	NA	NA
13	1,10E-08	4,96E-10	0,00E+00	7,61E-06	8,60E-07	0,00000
14	2,76E-08	5,65E-09	0,00E+00	2,29E-05	5,21E-06	0,00000
15	4,59E-08	1,64E-09	0,00E+00	2,98E-05	1,45E-05	0,00000
16	7,95E-08	1,51E-10	0,00E+00	2,41E-05	1,41E-05	0,00000
17	6,96E-08	5,32E-10	0,00E+00	1,15E-05	4,98E-06	0,00000
18	0,00E+00	1,02E-09	2,97E-10	2,61E-05	1,72E-05	0,00000
19	7,46E-08	0,00E+00	0,00E+00	3,62E-05	5,15E-06	0,00000
20	6,88E-08	0,00E+00	0,00E+00	2,45E-05	3,47E-06	0,00000
21	3,16E-07	0,00E+00	3,26E-10	2,68E-05	2,25E-05	0,00000

NA – Não analisado.

Fonte: Elaborado pelo autor.

A exposição humana a substâncias tóxicas através do contato dérmico pode decorrer de variadas atividades ou ambientes (U.S. EPA, 1992, 2011), como no contato com a água durante o banho ou atividade recreativa de natação, com o solo durante a recreação, jardinagem ou obras, com sedimento durante a pesca ou práticas de travessia de rios, com líquidos e vapores de usos comerciais, com poeira através do contato com a superfície (U.S. EPA, 1992).

Algumas condições como características da pele (úmida, seca, idade), a textura e composição da superfície (macia, dura, pelosa, porosa), a estrutura do contaminante (particulado ou líquido), a dinâmica do contato (duração da exposição, reexposição, pressão) e condições meteorológicas e ambientais (calor, frio, umidade, gases) são fatores fundamentais na relação de carga e retenção dos contaminantes na pele (RILEY; MCKONE; COHEN HUBAL, 2004).

As crianças tendem a estarem mais expostas aos contaminantes via contato dérmico do que os adultos. Isso ocorre pelas suas diferenças fisiológicas, por questões comportamentais e por estarem em maior contato e interação do corpo com a superfície em diferentes ambientes, possibilitando maior exposição aos produtos químicos presentes na superfície e em objetos, e com isso a probabilidade de desenvolvimento de efeitos adversos (COHEN HUBAL *et al.*, 2000).

Para relacionar os efeitos da exposição via contato dérmico é indispensável considerar algumas condições como a concentração da substância química na pele (dose potencial), o tamanho da área exposta pela substância química, o tempo da exposição, a absorção da substância pela pele (dose interna), e a concentração final da substância química aplicada a um órgão (dose biologicamente efetiva) (U.S. EPA, 1997, 2011).

Algumas técnicas como revestimento, triangulação e integração são comumente utilizadas para a medição direta da área total e parcial da superfície do corpo, sendo consideradas características individuais como a faixa de idade, o sexo biológico e a cor/raça. A técnica de revestimento equivale em recobrir parcialmente ou totalmente o corpo com uma substância em áreas experimentadas ou medidas. A técnica de triangulação equivale a demarcar partes do corpo com figuras geométricas para que seja possível calcular a área de exposição a partir da dimensão das figuras. A técnica de integração é executada a partir do uso do planímetro que corresponde a um instrumento utilizado para medir áreas (U.S. EPA, 1997, 2008).

A partir da estimativa do Quociente de Perigo para exposição de crianças via contato dérmico foram detectados valores  $>1$ , o que sugere probabilidade de ocorrer efeitos adversos à

saúde através da exposição aos metais presentes nas amostras de solo. Os valores observados como  $>1$  correspondem a: 1,7832941 e 1,99204632, referentes ao Cd nos pontos 11 e 4, respectivamente. Também foram detectados valores  $>1$  para Cr, sendo eles: 1,01680949, 1,10081879, 1,4232081, 1,71729165, 1,72109825 e 2,31027937, referentes aos pontos 8, 1, 4, 11, 5 e 7, respectivamente. Todos os demais valores de dose média diária e do Quociente de Perigo para exposição via contato dérmico são expressas na Tabela 19.

**Tabela 19 - Valores de dose média diária e do Quociente de Perigo para exposição via contato dérmico**

Pontos	Dose Média Diária					
	Cd	Pb	Cu	Cr	Mn	Zn
1	1,15E-06	1,76E-06	4,68E-07	6,60E-05	1,17E-06	0,00E+00
2	0,00E+00	0,00E+00	1,18E-07	2,44E-05	0,00E+00	0,00E+00
3	5,35E-07	1,44E-06	4,25E-07	5,82E-05	1,66E-06	0,00E+00
4	1,99E-05	3,94E-06	8,08E-07	8,54E-05	2,89E-06	2,78E-12
5	0,00E+00	9,93E-07	2,09E-07	1,03E-04	2,94E-06	0,00E+00
6	4,08E-06	1,12E-06	5,76E-07	5,29E-05	2,65E-06	3,56E-12
7	4,09E-06	8,14E-06	5,19E-07	1,39E-04	4,56E-06	1,85E-11
8	8,13E-06	2,22E-06	7,20E-07	6,10E-05	3,08E-06	6,97E-12
9	3,66E-07	2,12E-07	2,53E-07	4,15E-05	1,00E-06	0,00E+00
10	9,07E-06	4,07E-06	9,33E-07	4,40E-05	2,65E-06	0,00E+00
11	1,78E-05	3,96E-06	1,05E-06	1,03E-04	3,91E-06	3,38E-12
12	NA	NA	NA	NA	NA	NA
13	3,07E-07	4,85E-07	0,00E+00	6,05E-06	3,42E-07	0,00E+00
14	7,66E-07	5,53E-06	0,00E+00	1,82E-05	2,07E-06	3,88E-12
15	1,28E-06	1,60E-06	0,00E+00	2,37E-05	5,76E-06	4,67E-12
16	2,21E-06	1,48E-07	0,00E+00	1,92E-05	5,61E-06	2,69E-12
17	1,93E-06	5,21E-07	0,00E+00	9,11E-06	1,98E-06	8,24E-12
18	0,00E+00	9,98E-07	3,32E-07	2,08E-05	6,83E-06	4,37E-12
19	2,07E-06	0,00E+00	0,00E+00	2,88E-05	2,04E-06	8,90E-12
20	1,91E-06	0,00E+00	0,00E+00	1,95E-05	1,38E-06	8,42E-12
21	8,79E-06	0,00E+00	3,64E-07	2,13E-05	8,95E-06	2,74E-11
Pontos	Quociente de Perigo					
	Cd	Pb	Cu	Cr	Mn	Zn
1	0,11500802	0,00335113	3,9008E-05	1,10081879	0,00063835	0,00000000
2	0,00000000	0,00000000	9,8046E-06	0,40665181	0,00000000	0,00000000
3	0,05353887	0,00274556	3,5453E-05	0,96942105	0,0009077	0,00000000
4	1,99204632	0,00751243	6,7302E-05	1,4232081	0,00158193	4,6343E-11
5	0,00000000	0,00189203	1,7442E-05	1,72109825	0,00160706	0,00000000
6	0,40822295	0,0021418	4,7983E-05	0,88184469	0,00144916	5,9322E-11
7	0,40881686	0,01550565	4,3262E-05	2,31027937	0,00248938	3,0901E-10
8	0,81320577	0,00422627	6,004E-05	1,01680949	0,00168106	1,1624E-10
9	0,03660371	0,00040407	2,1095E-05	0,69101394	0,00054648	0,00000000
10	0,90741375	0,0077577	7,7735E-05	0,73301453	0,00144675	0,00000000
11	1,7832941	0,00754991	8,7845E-05	1,71729165	0,00213403	5,6372E-11

	NA	NA	NA	NA	NA	NA
<b>12</b>						
<b>13</b>	0,03066155	0,00092474	0,00000000	0,10076235	0,00018678	0,00000000
<b>14</b>	0,07660422	0,01053153	0,00000000	0,30352457	0,00113068	6,4716E-11
<b>15</b>	0,12763763	0,00305338	0,00000000	0,39478700	0,00314867	7,7885E-11
<b>16</b>	0,22098366	0,00028119	0,00000000	0,31925045	0,00306469	4,4795E-11
<b>17</b>	0,19348209	0,00099213	0,00000000	0,15187381	0,00108094	1,3736E-10
<b>18</b>	0,00000000	0,00190149	2,7631E-05	0,34622003	0,00373187	7,2825E-11
<b>19</b>	0,20732201	0,00000000	0,00000000	0,48009693	0,00111732	1,483E-10
<b>20</b>	0,19127817	0,00000000	0,00000000	0,32515507	0,00075300	1,4035E-10
<b>21</b>	0,87934675	0,00000000	3,0366E-05	0,35521235	0,00489175	4,5706E-10

NA – Não analisado.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Com base na estimativa do Quociente de Perigo Total, que compreende a soma das três vias de exposição (ingestão, inalação e dérmico) para cada elemento químico, foram detectados valores  $>1$ , o que sinaliza probabilidade de ocorrer efeitos adversos à saúde através da exposição aos metais presentes nas amostras de solo quando associando as três vias. Os valores verificados como  $>1$  compreendem: 1,79278 e 1,99985, referentes ao Cd nos pontos 11 e 4, respectivamente. Do mesmo modo, foram detectados valores  $>1$  para Cr, sendo eles: 1,04691, 1,12041, 1,45697, 1,72995, 1,76134 e 2,33209, referentes aos pontos 8, 1, 4, 5, 11 e 7, respectivamente.

Identicamente, os pontos do estudo detectados como  $QP > 1$  para exposição via contato dérmico se repetiram aos encontrados na estimativa do Quociente de Perigo Total para os mesmos elementos químicos. Dessa maneira, compete ressaltar que a exposição crônica ao Cd pode provocar severos agravos a saúde como alterações no sistema renal, no sistema hepático, no trato gastrointestinal, efeitos nos sistemas cardiovascular e esquelético, nos testículos, no pâncreas e desenvolvimento de doenças pulmonares como enfisema. A exposição crônica ao Cr também pode provocar efeitos no sistema renal, no sistema hepático, alterações genéticas, irritação do trato respiratório, ulcerações, hemorragias, e o cromo hexavalente e seus compostos podem ser carcinógeno, bem como, comprometer o desenvolvimento, os movimentos e a capacidade de reprodução (SEGANTINI, 1996).

Considerando os resultados obtidos a partir do Índice de Perigo, que compreende a soma de cada QP total associado a todos os metais estudados, foram detectados valores  $>1$ , o que aponta probabilidade de risco crônico à saúde através da exposição aos metais quando associados ao somatório do Quociente de Perigo Total. Os valores observados como  $>1$  correspondem a: 1,2235, 1,4622, 1,6189, 1,7061, 2,0124, 2,1435, 2,3466, 3,3530, 4,4181 e 4,4888, referentes aos pontos 3, 1, 6, 21, 5, 10, 8, 7, 4 e 11, respectivamente. Todos os demais valores do Quociente de Perigo Total e Índice de Perigo são expressos na Tabela 20.



Estudos relacionados a exposição humana a múltiplos metais pesados são considerados relevantes, embora as informações referentes a toxicidade ainda sejam escassas. Os seres humanos estão constantemente expostos simultaneamente a diversos compostos estranhos ao organismo através de diferentes vias e que são prejudiciais a saúde. Entretanto, muitos estudos são feitos utilizando exposição individual aos metais, desconsiderando os efeitos da exposição múltipla, principalmente em baixas concentrações (WU *et al.*, 2016).

**Tabela 20 - Valores de Quociente de Perigo Total e do Índice do Perigo**

Pontos	Quociente de Perigo Total						Índice de Perigo
	Cd	Pb	Cu	Cr	Mn	Zn	IP
1	0,11501	0,04443	0,00554	1,12041	0,17630	0,00049	1,4622
2	0,00000	0,00000	0,00001	0,41158	0,06489	0,00000	0,4765
3	0,05354	0,02187	0,00454	0,98722	0,15561	0,00069	1,2235
4	1,99985	0,71896	0,01239	1,45697	0,22870	0,00121	4,4181
5	0,00000	0,00189	0,00312	1,72995	0,27626	0,00123	2,0124
6	0,41821	0,14794	0,00356	0,90590	0,14218	0,00110	1,6189
7	0,46082	0,16151	0,02548	2,33209	0,37116	0,00190	3,3530
8	0,83277	0,29466	0,00699	1,04691	0,16395	0,00128	2,3466
9	0,03660	0,01348	0,00068	0,70161	0,11082	0,00042	0,8636
10	0,90741	0,33183	0,01281	0,77194	0,11842	0,00110	2,1435
11	1,79278	0,64444	0,01247	1,76134	0,27618	0,00163	4,4888
12	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
13	0,03066	0,01188	0,00152	0,10077	0,01627	0,00014	0,1612
14	0,08750	0,03789	0,01728	0,30355	0,04957	0,00086	0,4966
15	0,14074	0,04864	0,00501	0,39482	0,06616	0,00240	0,6578
16	0,22852	0,07920	0,00046	0,31927	0,05402	0,00234	0,6838
17	0,21660	0,07009	0,00163	0,15189	0,02532	0,00082	0,4664
18	0,01226	0,00190	0,00315	0,36006	0,05900	0,00285	0,4392
19	0,23228	0,07404	0,00000	0,48013	0,07773	0,00085	0,8650
20	0,21490	0,06831	0,00000	0,32518	0,05264	0,00057	0,6616
21	0,95626	0,31405	0,00003	0,37042	0,06160	0,00373	1,7061

NA – Não analisado.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Com base nos resultados obtidos cabe destacar quais vias públicas apresentaram valores de  $IP > 1$ , e desse modo, maiores probabilidades de risco crônico a saúde de crianças: a Avenida Prefeito Júlio de Moraes Coutinho (ponto 1), a Rua Carlos Seidl (pontos 3, 4, 5 e 6), no qual, inclui as dependências da UBS do território (ponto 4), a Praia do Caju (pontos 7 e 8), a Rua Circular da Quinta do Caju (pontos 10 e 11) e a Rua Carlos Seixas (ponto 21).

A partir da observação desses locais foi notado características ambientais semelhantes como: longas faixas de poeira nas calçadas, intenso fluxo veicular principalmente de

caminhões, atividades industriais, presença de contêineres, proximidade com rodovias de intenso fluxo (Av. Brasil, Linha Vermelha e Ponte Rio-Niterói), usinas de concreto e asfalto, depósitos de produtos gerais, garagens de transportes rodoviários, postos de combustível, crematórios e cemitérios, proximidade ao prédio do Arsenal de Guerra, estaleiros e atividades do Porto.

Concomitantemente, essas características ambientais semelhantes observadas nos locais em questão, estão localizados próximos a ambientes com intensa presença de pessoas, sendo eles: as instituições de educação (creches e escolas), as residências, as casas de repouso e hospedagem de idosos, as instituições religiosas (igrejas), os equipamentos de cultura e de esporte (museu e vila olímpica), e a Unidade Básica de Saúde (correspondente ao ponto 4).

Considerando os resultados obtidos para  $IP > 1$  e as características ambientais encontradas entre os locais estudados, foi observada a probabilidade de risco crônico à saúde de crianças em decorrência da pressão feita sobre esses ambientes. E os metais pesados constituem uma classe muito heterogênea de elementos químicos considerando suas propriedades químicas e suas funções biológicas (KARIMI *et al.*, 2020).

Dessa forma, não se torna aplicável o conceito de justiça ambiental para o bairro do Caju, pois de acordo com Ramos (2014), o conceito retrata a construção de um espaço de participação coletiva e de discussão destinado a exploração ambiental natural envolvendo o capital, assim como as consequências de tais práticas, sem haver prejuízo aos grupos mais vulneráveis em prol do ganho dos poderosos. Complementarmente Acselrad (2010), relata que em casos de riscos ambientais, os grupos possuem capacidades diferenciadas e desiguais de se esquivar dos impactos desses riscos. Isso corrobora o fato de historicamente o Caju estar relacionado ao intenso processo de industrialização, e posteriormente, na crescente desvalorização da região e degradação ambiental, e conseqüentemente, na vulnerabilidade social.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos no presente estudo para a quantificação de metais em solos do bairro do Caju podem ser complementares aos dados de acompanhamento de saúde dos usuários cobertos pela UBS do território, gerados pela Secretaria Municipal de Saúde do Rio de Janeiro, assim como os dados ambientais da qualidade do ar, gerados pela Secretaria Municipal de Meio Ambiente da Cidade do Rio de Janeiro. Esta articulação possibilitou uma integração entre o serviço e a academia, a partir dos seus específicos métodos de avaliação, objetivando a proteção à saúde da população.

A partir das análises dos metais estudados, o Mn foi detectado em todas as amostras de solo coletadas no bairro do Caju. Os valores encontrados se mostraram compatíveis aos reportados para regiões da Suécia, Iraque, China, Ucrânia, Cuba, Itália e Argélia para a maioria dos metais estudados. Os valores obtidos no presente estudo se revelaram abaixo dos Valores Orientadores para solo, determinados pela Resolução CONAMA nº 420/2009. Sugere-se incluir algumas variáveis tais como sazonalidade e níveis de outros metais em trabalhos futuros, assim como o ponto 12, que apresentaria características ambientais consideráveis. Entretanto, a amostra apresentou uma fração grossa, superior a adequada para o estudo, não sobrando material necessário para ser analisado.

A estimativa do Quociente de Perigo se mostrou apropriada para avaliar o risco não carcinogênico de exposição de crianças aos metais presentes no solo do bairro do Caju. As avaliações foram sensíveis para detectar a probabilidade de ocorrer efeitos adversos à saúde relacionados à exposição via contato dérmico e também quando realizado a estimativa para Quociente de Perigo Total e Índice de Perigo nos diferentes pontos de coleta. Sugere-se em trabalhos futuros conduzir a identificação de outros tipos de poluentes nos locais de coleta assim como a variação sazonal dos valores de QP.

Os resultados gerados pelo presente estudo se mostraram precursores na análise da contaminação do solo por metais pesados no bairro do Caju. Desta forma, o estudo apresentou consistência em termos de saúde pública, para identificação de áreas impactadas, de potenciais efeitos na saúde humana a partir de diferentes vias de exposição, no planejamento e gestão de ações intersetoriais, e no subsídio de dados para diferentes setores como os da saúde e do meio ambiente.

**REFERENCIAS**

ACSELRAD, Henri. Ambientalização das lutas sociais: o caso do movimento por justiça ambiental. **Estudos Avançados**, v. 24, n. 68, p. 103-119, 2010.

AL OBAIDY, Abdul Hameed M. J; AL MASHHADI, Athmar A. M. Heavy metal contaminations in urban soil within Baghdad City, Iraq. **Journal of Environmental Protection**, v. 4, p. 72-82, 2013.

ALVES, Eliane Baptista. **O bairro do Caju: a construção de uma periferia empobrecida**. 2007. 142 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geociências, Universidade do Estado do Rio Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.

ALVES, Karina Messias da Silva; ALVES, Adriano Eduardo Lívio; SILVA, Fernando Moreira. Poluição do ar e saúde nos principais centros comerciais da cidade de Natal/RN. **Holos**, v. 4, p. 81-95, 2009.

ANDRADE, Maria Isabel de Toledo. **Direitos de propriedade e renda pessoal: um estudo de caso das comunidades do Caju**. 2004. 131 f. Dissertação (Mestrado em Economia) – Instituto de Economia, Universidade Federal de Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2004.

ARBEX, Marcos Abdo *et al.* Air pollution and the respiratory system. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**, v. 38, n. 5, p. 643-655, 2012.

ARBEX, Marcos Abdo *et al.* Queima de biomassa e efeitos sobre a saúde. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**, v. 30, n. 2, p. 158-175, 2004.

BANERJEE, Anju DK. Heavy metal levels and solid phase speciation in street dusts of Delhi, India. **Environmental Pollution**, v. 123, n. 1, p. 95-105, 2003.

BASTOS JUNIOR, Paulo Roberto. Museu do Arsenal de Guerra do Rio, o mais antigo museu militar do país. **Tecnologia & Defesa**, 2020. Disponível em: <https://tecnodefesa.com.br/museu-do-arsenal-de-guerra-do-rio-o-mais-antigo-museu-militar-do-pais/>. Acesso em: 09 jul. 2020.

BENHADDYA, Mohammed Lamine *et al.* Human health risks associated with metals from urban soil and road dust in an oilfield area of Southeastern Algeria. **Archives of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 70, n. 3, p. 556-571, 2016.

BIASIOLI, Mattia; BARBERIS, Renzo; AJMONE-MARSAN, Franco. The influence of a large city on some soil properties and metals content. **Science of the Total Environment**, v. 356, n. 1-3, p. 154-164, 2006.

BILOS, C. *et al.* Sources, distribution and variability of airborne trace metals in La Plata City area, Argentina. **Environmental Pollution**, v. 111, n. 1, p. 149-158, 2001.

BRAGA, Alfesio *et al.* Poluição atmosférica e saúde humana. **Revista USP**, n. 51, p. 58-71, 2001.

BRAGA, Alfésio Luís Ferreira *et al.* Associação entre poluição atmosférica e doenças respiratórias e cardiovasculares na cidade de Itabira, Minas Gerais, Brasil. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 23, p. S570-S578, 2007.

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. **Vigilância ambiental em saúde**. Fundação Nacional de Saúde. Brasília: FUNASA, 2002.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Resolução CONAMA n.º 003 de 28 de junho de 1990. Dispõe sobre padrões de qualidade do ar, previstos no PRONAR. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, 22 ago. 1990, p. 15.937-15.939. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/res/res90/res0390.html>. Acesso em: 15 set. 2020.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA n.º 420 de 28 dezembro de 2009**. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, 30 dez. 2009, n. 249, p. 81-84. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=620>. Acesso em: 25 jun. 2021.

BRITO, Luiza Teixeira de Lima *et al.* Metais pesados nos solos e nos sedimentos depositados nas fontes hídricas da bacia hidrográfica do rio Salitre. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA-CONBEA, 33., 2004, São Pedro, SP. **Anais [...]**. Campinas: UNICAMP, 2004.

BROOK, Robert D. *et al.* Particulate matter air pollution and cardiovascular disease: an update to the scientific statement from the American Heart Association. **Circulation**, v. 121, n. 21, p. 2331-2378, 2010.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO - CETESB. Qualidade do Solo. Poluição. **CETESB**, 2021. Disponível em: <http://cetesb.sp.gov.br/solo/poluicao/>. Acesso em: 10 ago. 2021.

CHEN, Tong-Bin *et al.* Assessment of heavy metal pollution in surface soils of urban parks in Beijing, China. **Chemosphere**, v. 60, n. 4, p. 542-551, 2005.

CHONOKHUU, Sonomdagva *et al.* Contamination and health risk assessment of heavy metals in the soil of major cities in Mongolia. **International journal of environmental research and public health**, v. 16, n. 14, p. 2552, 2019.

COHEN HUBAL, Elaine A. *et al.* Children's exposure assessment: a review of factors influencing Children's exposure, and the data available to characterize and assess that exposure. **Environmental Health Perspectives**, v. 108, n. 6, p. 475-486, 2000.

DATA RIO. Instituto Municipal de Urbanismo Pereira Passos. Bairros Cariocas (Caju). **Data Rio**, 2018a. Disponível em: <http://www.data.rio/app/bairros-cariocas>. Acesso em: 11 jul. 2020.

DATA RIO. Instituto Municipal de Urbanismo Pereira Passos. Rendimento nominal familiar per capita, segundo Bairros ou grupos de Bairros, no Município do Rio de Janeiro em 2000/2010. **Data Rio**, 2018b. Disponível em: <http://www.data.rio/datasets/0d39554baf804dbdb1581f018781ccd0>. Acesso em: 20 out. 2020.

DAVID, Flavia. Guia dos Bens Tombados da Cidade é reeditado nas versões impressa e digital. **Prefeitura Rio**, 13 fev. 2014. Disponível em: <http://www.rio.rj.gov.br/web/guest/exibeconteudo?id=4592697>). Acesso em: 27 jul. 2020.

FATIMA, Reynaldo Teodoro de *et al.* Poluição do solo: perspectiva bibliométrica avaliativa e relacional da produção científica especializada. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 12, n. 2, p. 1-10, 2021.

FERREIRA-BAPTISTA, L.; DE MIGUEL, E. Geochemistry and risk assessment of street dust in Luanda, Angola: a tropical urban environment. **Atmospheric Environment**, v. 39, n. 25, p. 4501-4512, 2005.

FISZMAN, M.; PFEIFFER, W. C.; LACERDA, L. D. Comparison of methods used for extraction and geochemical distribution of heavy metals in bottom sediments from Sepetiba Bay, RJ. **Environmental Technology Letters**, v. 5, n. 12, p. 567-575, 1984.

GOUVEIA, Nelson *et al.* Poluição do ar e efeitos na saúde nas populações de duas grandes metrópoles brasileiras. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, v. 12, n. 1, p. 29-40, 2003.

GOYER, Robert A.; CLARKSON, Thomas W. Toxic effects of metals. **Casarett and Doull's Toxicology: The Basic Science of Poisons**, v. 5, p. 813-858, 1996.

HU, Wenyong *et al.* Assessment of potential health risk of heavy metals in soils from a rapidly developing region of China. **Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal**, v. 22, n. 1, p. 211-225, 2016.

IMPERATO, M. *et al.* Spatial distribution of heavy metals in urban soils of Naples city (Italy). **Environmental Pollution**, v. 124, n. 2, p. 247-256, 2003.

INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE RJ - INEA. Relatório Anual de Qualidade do AR – 2008. **INEA**, 2008. Disponível em: [http://www.inea.rj.gov.br/wp-content/uploads/2019/01/RQAr\\_2008.pdf](http://www.inea.rj.gov.br/wp-content/uploads/2019/01/RQAr_2008.pdf). Acesso em: 31 out. 2020.

INSTITUTO DO PATRIMÔNIO HISTÓRICO E ARTÍSTICO NACIONAL - IPHAN. **Bens Culturais Inscritos nos Livros do Tombo (1938-2012)**. Casa de Banhos de D. João VI. Disponível em: <http://portal.iphan.gov.br/uploads/ckfinder/arquivos/guia%20de%20bens%20tombados%20atualizado%20em%202012.pdf>. Acesso em: 27 jul. 2020.

INSTITUTO RIO PATRIMÔNIO DA HUMANIDADE - IRHP. **Decreto nº 14.464 de 20 dezembro de 1995**. Disponível em: <http://www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/4722991/4121913/115DECRETO14464BensCaju.pdf>. Acesso em: 27 jul. 2020.

INSTITUTO RIO PATRIMÔNIO DA HUMANIDADE - IRHP. **Decreto nº 19.188 de 27 de novembro de 2000**. Disponível em: <http://www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/4722991/4121994/181DECRETO19188PinturasdoProfetaGentileza.pdf>. Acesso em: 27 jul. 2020.

KARIMI, Azam *et al.* Assessment of human health risks and pollution index for heavy metals in farmlands irrigated by effluents of stabilization ponds. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 27, p. 10317-10327, 2020.

LEUNG, Anna OW *et al.* Heavy metals concentrations of surface dust from e-waste recycling and its human health implications in southeast China. **Environmental Science & Technology**, v. 42, n. 7, p. 2674-2680, 2008.

LI, Xiangdong; POON, Chi-sun; LIU, Pui Sum. Heavy metal contamination of urban soils and street dusts in Hong Kong. **Applied Geochemistry**, v. 16, n. 11-12, p. 1361-1368, 2001.

LINDE, Mats; BENGTSSON, Helena; ÖBORN, Ingrid. Concentrations and pools of heavy metals in urban soils in Stockholm, Sweden. **Water, Air and Soil Pollution: Focus**, v. 1, n. 3, p. 83-101, 2001.

LU, Ying *et al.* Chemical fractionation of heavy metals in urban soils of Guangzhou, China. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 134, n. 1, p. 429-439, 2007.

LUCENA, Felipe. Viaduto do Gasômetro e o Profeta Gentileza. **Diário do Rio**, 18 nov. 2018. Disponível em: <http://diariodorio.com/viaduto-do-gasometro-e-o-profeta-gentileza/>. Acesso em: 27 jul. 2020.

LUCENA, Felipe. História da Casa de Banho de Dom João VI – Museu da Limpeza Urbana. **Diário do Rio**, 8 set. 2016. Disponível em: <http://diariodorio.com/historia-da-casa-de-banho-de-dom-joao-vi-museu-da-limpeza-urbana-actual-museu-da-limpeza-urbana-localizado-no-bairro-do-caju-ja-abrigou-algumas-historias-antes-de-ser-um-museu-da-comlurb-a-mais-fam/>. Acesso em: 09 set. 2020.

MACHADO, Pedro LO de A. Carbono do solo e a mitigação da mudança climática global. **Química Nova**, v. 28, n. 2, p. 329-334, 2005.

MELLO, Flávia Vasconcelos de *et al.* Current State of Contamination by Persistent Organic Pollutants and Trace Elements on Piabanha River Basin - Rio de Janeiro, Brazil. **Orbital: The Electronic Journal of Chemistry**, v. 10, n. 4, p. 327-336, 2018.

MISHRA, Rajesh Kumar; MOHAMMAD, Naseer; ROYCHOUDHURY, Nilanjan. Soil pollution: Causes, effects and control. **Van Sangyan**, v. 3, n. 1, p. 1-14, 2016.

NORDBERG, Gunnar F.; FOWLER, Bruce A.; NORDBERG, Monica. Toxicology of metals: overview, definitions, concepts, and trends. **Handbook on the Toxicology of Metals (Fourth Edition)**, v. 1, p. 1-12, 2015.

OLIVEIRA, Flávio da Silva. **Estudo sobre as Possíveis Incompatibilidades entre as Operações Urbanas “Porto Maravilha / Porto do Rio Século XXI e as Operações do Porto do Rio de Janeiro**. 2014. Projeto de Graduação (Curso de Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.

PEIXOTO, Sérgio Viana; ASMUS, Carmen Ildes Rodrigues Fróes. O desastre de Brumadinho e os possíveis impactos na saúde. **Ciência e Cultura**, v. 72, n. 2, p. 43-46, 2020.

PEREIRA, Luiz Alberto Amador; OLMO, Neide Regina Simões. Poluição atmosférica e exposição humana: a epidemiologia influenciando as políticas públicas. **InterfaceHS-Revista de Saúde, Meio Ambiente e Sustentabilidade**, v. 6, n. 2, 2011.

QU, Chang-Sheng *et al.* Human exposure pathways of heavy metals in a lead-zinc mining area, Jiangsu Province, China. **PloS ONE**, v. 7, n. 11, p. e46793, 2012.

RADICCHI, Antônio Leite Alves. A poluição na bacia aérea da região metropolitana de Belo Horizonte e sua repercussão na saúde da população. **Revista Brasileira de Estudos de População**, v. 29, n. 1, p. 195-198, 2012.

RAMOS, Felipe Pitaro. **Injustiça ambiental**: um estudo de caso do bairro do Caju, Zona Portuária do Rio de Janeiro. 2014. 144 f. Dissertação (Mestrado em História) – Centro de Pesquisa e Documentação de História Contemporânea do Brasil, Programa de Pós-Graduação em História, Política e Bens Culturais, Fundação Getúlio Vargas, Rio de Janeiro, 2014.

RILEY, W. J.; MCKONE, T. E.; COHEN HUBAL, E. A. Estimating contaminant dose for intermittent dermal contact: Model development, testing, and application. **Risk Analysis: An International Journal**, v. 24, n. 1, p. 73-85, 2004.

RIO DE JANEIRO (Município). Secretaria Municipal de Educação. Vila Olímpica Manoel Francisco dos Santos – Mané Garrincha. **Prefeitura Rio**, [2012?]. Disponível em: <http://www.rio.rj.gov.br/web/sme/exibeconteudo?id=6755364>. Acesso em: 20 set. 2021.

RIO DE JANEIRO (Município). Secretaria Municipal de Governo e Integridade Pública. Regiões Administrativas do Rio de Janeiro. **Prefeitura Rio**, 2018. Disponível em: <http://www.rio.rj.gov.br/web/cvl/ra>. Acesso em: 20 set. 2021.

RIO DE JANEIRO (Município). Secretaria Municipal de Saúde do Rio de Janeiro. Subsecretaria de Promoção, Atenção Primária e Vigilância em Saúde. Coordenadoria Geral de Atenção Primária da AP1. **Relatório de Gestão 2016 (CAP 1.0)**. Rio de Janeiro: Secretaria Municipal de Saúde, 2016a. Disponível em: <http://www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/6594964/4177811/RGCAP1.0.pdf>. Acesso em: 11 jul. 2020.

RIO DE JANEIRO (Município). Secretaria Municipal de Meio Ambiente da Cidade do Rio de Janeiro. Resolução SMAC “P” Nº 78 de 21 de julho de 2016. **Diário Oficial do Município do Rio de Janeiro**: ano 30, n. 87, p. 53, 21 jul. 2016b. Disponível em: <http://doweb.rio.rj.gov.br/portal/visualizacoes/pdf/3169/#/p:53/e:3169>. Acesso em: 15 set. 2020.

RIO DE JANEIRO (Município). Secretaria Municipal de Saúde do Rio de Janeiro. Subsecretaria de Promoção, Atenção Primária e Vigilância em Saúde. Superintendência de Vigilância em Saúde. Coordenação de Vigilância em Saúde Ambiental. **Vigilância Ambiental**, [2019?a]. Disponível em: <http://www.rio.rj.gov.br/web/sms/vigilancia-ambiental>. Acesso em: 12 jul. 2020.

RIO DE JANEIRO (Município). Secretaria Municipal de Saúde do Rio de Janeiro. Subsecretaria de Promoção, Atenção Primária e Vigilância em Saúde. Superintendência de Vigilância em Saúde. Coordenação de Vigilância em Saúde Ambiental. **Ações dos Fatores de Risco Não Biológicos**, 2019b. Rio de Janeiro: Secretaria Municipal de Saúde do Rio de Janeiro, 2019.

RIZO, O. Díaz *et al.* Assessment of heavy metal pollution in urban soils of Havana city, Cuba. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 87, n. 4, p. 414, 2011.



RODRIGUES, Cristina Guimarães *et al.* Projeção da mortalidade e internações hospitalares na rede pública de saúde atribuíveis à poluição atmosférica no Estado de São Paulo entre 2012 e 2030. **Revista Brasileira de Estudos de População**, v. 32, n. 3, p. 489-509, 2015.

SALVI, Sundeep. Health effects of ambient air pollution in children. **Paediatric respiratory reviews**, v. 8, n. 4, p. 275-280, 2007.

SANTANA, Gabriela Pereira; MOREIRA, Virnei Silva; ARMANI, Fernando Augusto Silveira. Poluição atmosférica e doenças respiratórias: um estudo de caso em Paranaguá, Paraná. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 11, n. 5, p. 352-361, 2020.

SEGANTINI, Elisabete. Aspectos toxicológicos da contaminação por metais pesados no ser humano. **Boletim de Tecnologia e Desenvolvimento de Embalagens**, v. 8, n. 5, p. 1-5, 1996.

SHARMA, Gulshan; GOODWIN, James. Effect of aging on respiratory system physiology and immunology. **Clinical Interventions in Aging**, v. 1, n. 3, p. 253, 2006.

SILVA, Alexandre Fernando; VIEIRA, Carlos Alexandre. Aspectos da poluição atmosférica: uma reflexão sobre a qualidade do ar nas cidades brasileiras. **Ciência e Sustentabilidade**, v. 3, n. 1, p. 166-189, 2017.

SLAUGHTER, James C. *et al.* Association between particulate matter and emergency room visits, hospital admissions and mortality in Spokane, Washington. **Journal of Exposure Science & Environmental Epidemiology**, v. 15, n. 2, p. 153-159, 2005.

SOUZA, Ricardo Costa. **Existe vida no Caju: Reflexões e ações em torno de um bairro degradado**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Sociais) – Coordenação de Ciências Sociais, Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro, 2017.

SUTHERLAND, Ross A.; TOLOSA, C. A. Multi-element analysis of road-deposited sediment in an urban drainage basin, Honolulu, Hawaii. **Environmental Pollution**, v. 110, n. 3, p. 483-495, 2000.

U.S. EPA. **Child-Specific Exposure Factors Handbook (2008, Final Report)**. U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC, EPA/600/R-06/096F, 2008.

U.S. EPA. **Dermal Exposure Assessment: Principles and Applications**. U.S. Environmental Protection Agency, Office of Health and Environmental Assessment, Washington, DC, EPA/600/8-91/011B, 1992.

U.S. EPA. **Exposure Factors Handbook (1997, Final Report)**. U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC, EPA/600/P-95/002F a-c, 1997.

U.S. EPA. **Exposure Factors Handbook 2011 Edition (Final Report)**. U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC, EPA/600/R-09/052F, 2011.

VERAS, Mariana Matera *et al.* Air pollution and effects on reproductive-system functions globally with particular emphasis on the Brazilian population. **Journal of Toxicology and Environmental Health, Part B**, v. 13, n. 1, p. 1-15, 2010.

VIANNA, Nelzair A. *et al.* Assessment of heavy metals in the particulate matter of two Brazilian metropolitan areas by using *Tillandsia usneoides* as atmospheric biomonitor. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 18, n. 3, p. 416-427, 2011.

VINCE, Tímea *et al.* The spatial distribution pattern of heavy metal concentrations in urban soils—a study of anthropogenic effects in Berehove, Ukraine. **Open Geosciences**, v. 6, n. 3, p. 330-343, 2014.

WORLD HEALTH ORGANIZATION - WHO. **Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide**: global update 2005: summary of risk assessment. [S. l.]: WHO, 2006.

WU, Xiangyang *et al.* A review of toxicity and mechanisms of individual and mixtures of heavy metals in the environment. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 23, n. 9, p. 8244-8259, 2016.

**ANEXOS**

## ANEXO A – RESOLUÇÃO CONAMA Nº 003, DE 28 DE JUNHO DE 1990

**RESOLUÇÃO CONAMA nº 3, de 28 de junho de 1990**  
**Publicada no DOU, de 22 de agosto de 1990, Seção 1, páginas 15937-15939**

**Correlações:**

- Complementa a Resolução nº 5/89

*Dispõe sobre padrões de qualidade do ar, previstos no PRONAR.*

O CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA, no uso das atribuições que lhe confere o inciso II, do Art. 6º, da Lei nº 7.804, de 18 de julho de 1989, e tendo em vista o disposto na Lei nº 8.028, de 12 de abril de 1990, Decreto nº 99.274, de 6 de junho de 1990 e,

Considerando a necessidade de ampliar o número de poluentes atmosféricos passíveis de monitoramento e controle no País;

Considerando que a Portaria GM 0231, de 27 de abril de 1976, previa o estabelecimento de novos padrões de qualidade do ar quando houvesse informação científica a respeito;

Considerando o previsto na Resolução CONAMA nº 5, de 15 de junho de 1989, que instituiu o Programa Nacional de Controle da Qualidade do Ar "PRONAR", resolve:

Art. 1º São padrões de qualidade do ar as concentrações de poluentes atmosféricos que, ultrapassadas, poderão afetar a saúde, a segurança e o bem-estar da população, bem como ocasionar danos à flora e à fauna, aos materiais e ao meio ambiente em geral.

Parágrafo único. Entende-se como poluente atmosférico qualquer forma de matéria ou energia com intensidade e em quantidade, concentração, tempo ou características em desacordo com os níveis estabelecidos, e que tornem ou possam tornar o ar:

- I - impróprio, nocivo ou ofensivo à saúde;
- II - inconveniente ao bem-estar público;
- III - danoso aos materiais, à fauna e flora.
- IV - prejudicial à segurança, ao uso e gozo da propriedade e às atividades normais da comunidade.

Art. 2º Para os efeitos desta Resolução ficam estabelecidos os seguintes conceitos:

I - Padrões Primários de Qualidade do Ar são as concentrações de poluentes que, ultrapassadas, poderão afetar a saúde da população.

II - Padrões Secundários de Qualidade do Ar são as concentrações de poluentes abaixo das quais se prevê o mínimo efeito adverso sobre o bem-estar da população, assim como o mínimo dano à fauna, à flora, aos materiais e ao meio ambiente em geral.

Parágrafo único. Os padrões de qualidade do ar serão o objetivo a ser atingido mediante a estratégia de controle fixada pelos padrões de emissão e deverão orientar a elaboração de Planos Regionais de Controle de Poluição do Ar.

Art. 3º Ficam estabelecidos os seguintes Padrões de Qualidade do Ar:

- I - Partículas Totais em Suspensão
  - a) Padrão Primário
    - 1 - concentração média geométrica anual de 80 (oitenta) microgramas por metro cúbico de ar.
    - 2 - concentração média de 24 (vinte e quatro) horas de 240 (duzentos e quarenta) microgramas por metro cúbico de ar, que não deve ser excedida mais de uma vez por ano.
  - b) Padrão Secundário
    - 1 - concentração média geométrica anual de 60 (sessenta) micro gramas por metro cúbico de ar.
    - 2 - concentração média de 24 (vinte e quatro) horas, de 150 (cento e cinquenta) micro-



gramas por metro cúbico de ar, que não deve ser excedida mais de uma vez por ano.

II - Fumaça

a) Padrão Primário

1 - concentração média aritmética anual de 60 (sessenta) microgramas por metro cúbico de ar.

2 - concentração média de 24 (vinte e quatro) horas, de 150 (cento e cinquenta) microgramas por metro cúbico de ar, que não deve ser excedida mais de uma vez por ano.

b) Padrão Secundário

1 - concentração média aritmética anual de 40 (quarenta) microgramas por metro cúbico de ar.

2 - concentração média de 24 (vinte e quatro) horas, de 100 (cem) microgramas por metro cúbico de ar, que não deve ser excedida uma de uma vez por ano.

III - Partículas Inaláveis

a) Padrão Primário e Secundário

1 - concentração média aritmética anual de 50 (cinquenta) microgramas por metro cúbico de ar.

2 - concentração média de 24 (vinte e quatro) horas de 150 (cento e cinquenta) microgramas por metro cúbico de ar, que não deve ser excedida mais de uma vez por ano.

IV - Dióxido de Enxofre

a) Padrão Primário

1 - concentração média aritmética anual de 80 (oitenta) microgramas por metro cúbico de ar.

2 - concentração média de 24 (vinte e quatro) horas, de 365 (trezentos e sessenta e cinco) microgramas por metro cúbico de ar, que não deve ser excedida mais de uma vez por ano.

b) Padrão Secundário

1 - concentração média aritmética anual de 40 (quarenta) microgramas por metro cúbico de ar.

2 - concentração média de 24 (vinte e quatro) horas, de 100 (cem) microgramas por metro cúbico de ar, que não deve ser excedida mais de uma vez por ano.

V - Monóxido de Carbono

a) Padrão Primário e Secundário

1 - concentração média de 8 (oito) horas, de 10.000 (dez mil) microgramas por metro cúbico de ar (9 ppm), que não deve ser excedida mais de uma vez por ano.

2 - concentração média de 1 (uma) hora, de 40.000 (quarenta mil) microgramas por metro cúbico de ar (35 ppm), que não deve ser excedida mais de uma vez por ano.

VI - Ozônio

a) Padrão Primário e Secundário

1 - concentração média de 1 (uma) hora, de 160 (cento e sessenta) microgramas por metro cúbico do ar, que não deve ser excedida mais de uma vez por ano.

VII - Dióxido de Nitrogênio

a) Padrão Primário

1 - concentração média aritmética anual de 100 (cem) microgramas por metro cúbico de ar.

2 - concentração média de 1 (uma) hora de 320 (trezentos e vinte) microgramas por metro cúbico de ar.

b) Padrão Secundário

1 - concentração média aritmética anual de 100 (cem) microgramas por metro cúbico de ar.

2 - concentração média de 1 (uma) hora de 190 (cento e noventa) microgramas por metro cúbico de ar.

Art. 4º Ficam estabelecidos os seguintes métodos de amostragem e análise dos poluentes atmosféricos a serem definidos nas respectivas Instruções Normativas:

a) Partículas Totais em Suspensão - Método de Amostrador de Grandes Volumes ou



Método Equivalente.

- b) Fumaça - Método da Refletância ou Método Equivalente.
- c) Partículas Inaláveis - Método de Separação Inercial/Filtração ou Método Equivalente.
- d) Dióxido de Enxofre - Método de Pararasilina ou Método Equivalente.
- e) Monóxido de Carbono - Método do Infra-Vermelho não Dispersivo ou Método Equivalente.
- f) Ozônio - Método da Quimioluminescência ou Método Equivalente.
- g) Dióxido de Nitrogênio - Método da Quimioluminescência ou Método Equivalente.

§ 1<sup>a</sup> Constitui-se Método de Referência, os métodos aprovados pelo Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial - INMETRO e, na ausência deles, os recomendados pelo IBAMA como os mais adequados e que deva ser utilizado preferencialmente.

§ 2<sup>a</sup> Poderão ser adotados métodos equivalentes aos métodos de referência, desde que aprovados pelo IBAMA.

§ 3<sup>a</sup> Ficam definidas como condições de referência a temperatura de 25°C e a pressão de 760 milímetros de coluna de mercúrio (1.013,2 milibares).

Art. 5<sup>o</sup> O monitoramento da qualidade do ar é atribuição dos estados.

Art. 6<sup>o</sup> Ficam estabelecidos os Níveis de Qualidade do Ar para elaboração do Plano de Emergência para Episódios Críticos de Poluição do Ar, visando providências dos governos de estado e dos municípios, assim como de entidades privadas e comunidade geral, com o objetivo de prevenir grave e iminente risco à saúde da população.

§ 1<sup>a</sup> Considera-se Episódio Crítico de Poluição do Ar a presença de altas concentrações de poluentes na atmosfera em curto período de tempo, resultante da ocorrência de condições meteorológicas desfavoráveis à dispersão dos mesmos.

§ 2<sup>a</sup> Ficam estabelecidos os Níveis de Atenção, Alerta e Emergência, para a execução do Plano.

§ 3<sup>a</sup> Na definição de qualquer dos níveis enumerados poderão ser consideradas concentrações de dióxido de enxofre, partículas totais em suspensão, produto entre partículas totais em suspensão e dióxido de enxofre, monóxido de carbono, ozônio, partículas inaláveis, fumaça, dióxido de nitrogênio, bem como a previsão meteorológica e os fatos e fatores intervenientes previstos e esperados.

§ 4<sup>a</sup> As providências a serem tomadas a partir da ocorrência dos Níveis de Atenção e de Alerta têm por objetivo evitar o atingimento do Nível de Emergência.

§ 5<sup>a</sup> O Nível de Atenção será declarado quando, prevendo-se a manutenção das emissões, bem como condições meteorológicas desfavoráveis à dispersão dos poluentes nas 24 (vinte e quatro) horas subseqüentes, for atingida uma ou mais das condições a seguir enumeradas:

- a) concentração de dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>), média de 24 (vinte e quatro) horas, de 800 (oitocentos) microgramas por metro cúbico;
- b) concentração de partículas totais em suspensão, média de 24 (vinte e quatro) horas, de 375 (trezentos e setenta e cinco) microgramas por metro cúbico;
- c) produto, igual a 65x10<sup>3</sup>, entre a concentração de dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>) e a concentração de partículas totais em suspensão - ambas em microgramas por metro cúbico, média de 24 (vinte e quatro) horas;
- d) concentração de monóxido de carbono (CO), média de 08 (oito) horas, de 17.000 (dezessete mil) microgramas por metro cúbico (15 ppm);
- e) concentração de ozônio, média de 1 (uma) hora, de 400 (quatrocentos) microgramas por metro cúbico;
- f) concentração de partículas inaláveis, média de 24 (vinte e quatro) horas, de 250 (duzentos e cinquenta) microgramas por metro cúbico;
- g) concentração de fumaça, média de 24 (vinte e quatro) horas, de 250 (duzentos e



cinquenta) microgramas por metro cúbico.

h) concentração de dióxido de nitrogênio ( $\text{NO}_2$ ), média de 1 (uma) hora, de 1130 (um mil cento e trinta) microgramas por metro cúbico.

§ 6º O Nível de Alerta será declarado quando, prevendo-se a manutenção das emissões, bem como condições meteorológicas desfavoráveis à dispersão de poluentes nas 24 (vinte e quatro) horas subseqüentes, for atingida uma ou mais das condições a seguir enumeradas:

a) concentração de dióxido de enxofre ( $\text{SO}_2$ ), média de 24 (vinte e quatro) horas, 1.600 (um mil e seiscentos) microgramas por metro cúbico;

b) concentração de partículas totais em suspensão, média de 24 (vinte e quatro) horas, de 625 (seiscentos e vinte e cinco) microgramas por metro cúbico;

c) produto, igual a  $261 \times 10^3$ , entre a concentração de dióxido de enxofre ( $\text{SO}_2$ ) e a concentração de partículas totais em suspensão - ambas em microgramas por metro cúbico, média de 24 (vinte e quatro) horas;

d) concentração de monóxido de carbono (CO), média de 8 (oito) horas, de 34.000 (trinta e quatro mil) microgramas por metro cúbico (30 ppm);

e) concentração de ozônio, média de 1 (uma) hora, de 800 (oitocentos) microgramas por metro cúbico;

f) concentração de partículas inaláveis, média de 24 (vinte e quatro) horas, de 420 (quatrocentos e vinte) microgramas por metro cúbico.

g) concentração de fumaça, média de 24 (vinte e quatro) horas, de 420 (quatrocentos e vinte) microgramas por metro cúbico.

h) concentração de dióxido de nitrogênio ( $\text{NO}_2$ ), média de 1 (uma) hora de 2.260 (dois mil, duzentos e sessenta) microgramas por metro cúbico:

§ 7º O Nível de Emergência será declarado quando, prevendo-se a manutenção das emissões, bem como condições meteorológicas desfavoráveis à dispersão dos poluentes nas 24 (vinte e quatro) horas subseqüentes, for atingida uma ou mais das condições a seguir enumeradas:

a) concentração de dióxido de enxofre ( $\text{SO}_2$ ); média de 24 (vinte e quatro) horas, de 2.100 (dois mil e cem) microgramas por metro cúbico;

b) concentração de partículas totais em suspensão, média de 24 (vinte e quatro) horas, de 875 (oitocentos e setenta e cinco) microgramas por metro cúbico;

c) produto igual a  $393 \times 10^3$ , entre a concentração de dióxido de enxofre ( $\text{SO}_2$ ) e a concentração de partículas totais em suspensão - ambas em microgramas por metro cúbico, média de 24 (vinte e quatro) horas;

d) concentração de monóxido de carbono (CO), média de 8 (oito) horas, de 46.000 (quarenta e seis mil) microgramas por metro cúbico (40 ppm);

e) concentração de ozônio, média de 1 (uma) hora, de 1.000 (hum mil) microgramas por metro cúbico;

f) concentração de partículas inaláveis, média de 24 (vinte e quatro) horas, de 500 (quinhentos) microgramas por metro cúbico;

g) concentração de fumaça, média de 24 (vinte e quatro) horas, de 500 (quinhentos) microgramas por metro cúbico;

h) concentração de dióxido de nitrogênio ( $\text{NO}_2$ ), média de 1 (uma) hora de 3.000 (três mil) microgramas por metro cúbico.

§ 8º Cabe aos estados a competência para indicar as autoridades responsáveis pela declaração dos diversos níveis, devendo as declarações efetuarem-se por qualquer dos meios usuais de comunicação de massa.

§ 9º Durante a permanência dos níveis acima referidos, as fontes de poluição do ar ficarão, na área atingida, sujeitas às restrições previamente estabelecidas pelo órgão de controle ambiental.

Art. 7º Outros Padrões de Qualidade do Ar para poluentes, além dos aqui previstos, poderão ser estabelecidos pelo CONAMA, se isto vier a ser julgado necessário.

Art. 8º Enquanto cada estado não definir as áreas de Classe I, II e III mencionadas no

item 2, subitem 2.3, da Resolução CONAMA nº 5/89, serão adotados os padrões primários de qualidade do ar estabelecidos nesta Resolução.

Art. 9º Esta Resolução entra em vigor na data de sua publicação, revogadas as disposições em contrário.

JOSÉ A. LUTZENBERGER - Presidente do Conselho  
TÂNIA MARIA TONELLI MUNHOZ - Secretária-Executiva

NOTA: Republicada para trazer correção na numeração dos artigos (versão original no DOU nº 158, de 16 de agosto de 1990, pág. 15518-15519)

*Este texto não substitui o publicado no DOU, de 22 de agosto de 1990.*



## ANEXO B – PONTOS DE COLETA DAS AMOSTRAS DE SOLO NO BAIRRO DO CAJU

PONTOS	ENDEREÇO	REFERÊNCIA	COORDENADAS	
			LATITUDE	LONGITUDE
1	AV. PREF. JULIO DE MORAES COUTINHO	X	22° 52' 51.78" S	43° 14' 7.26" O
2	RUA CARLOS SEIXAS	VILA OLÍMPICA (PRÓXIMA A QUADRA)	22° 52' 51.04" S	43° 13' 33.53" O
3	RUA CARLOS SEIDL	FRENTE DA GARAGEM ESTRELA DO SUL	22° 52' 40.40" S	43° 13' 26.34" O
4	RUA CARLOS SEIDL, 785	CMS FABL (PATIO CENTRAL)	22° 52' 33.80" S	43° 13' 19.22" O
5	RUA CARLOS SEIDL, 1	CALÇADA DA ESCOLA	22° 52' 38.76" S	43° 13' 2.64" O
6	RUA CARLOS SEIDL, 1	X	22° 52' 39.17" S	43° 12' 58.79" O
7	PRAIA DO CAJU	EM FRENTE A AGRO (CALÇADA)	22° 52' 45.28" S	43° 12' 49.45" O
8	PRAIA DO CAJU, 385	NA PRAÇA EM FRENTE AO MUSEU	22° 52' 44.03" S	43° 12' 42.57" O
9	RUA TAVARES GUERRA	X	22° 52' 40.25" S	43° 12' 51.13" O
10	RUA CIRCULAR DA QUINTA DO CAJU	X	22° 52' 30.88" S	43° 12' 48.12" O
11	RUA CIRCULAR DA QUINTA DO CAJU	EM FRENTE A CRECHE	22° 52' 30.93" S	43° 12' 41.70" O
12	RUA JOÃO CARUSO	PRAÇA	22° 52' 22.90" S	43° 12' 45.88" O
13	RUA DO CANAL, 1	CALÇADA	22° 52' 57.44" S	43° 13' 32.16" O
14	RUA BOAS VINDAS	TERRENO PRÓXIMO A CRECHE	22° 52' 40.35" S	43° 13' 36.08" O
15	RUA MONSENHOR MANOEL GOMES, 613	CALÇADA	22° 52' 45.90" S	43° 12' 58.02" O
16	RUA MONSENHOR MANOEL GOMES, 503	PÁTIO DO HOSPITAL	22° 52' 55.00" S	43° 13' 4.97" O
17	RUA MONSENHOR MANOEL GOMES	TERRENO DE DESCARTE	22° 52' 49.30" S	43° 13' 22.00" O
18	AV. BRASIL, 2540	FRENTE NÚCLEO ADMINIST. (PÁTIO)	22° 53' 10.15" S	43° 13' 49.76" O
19	AV. PREF. JULIO DE MORAES COUTINHO	PRÓXIMO A LINHA VERMELHA	22° 52' 47.09" S	43° 13' 55.55" O
20	AV. PREF. JULIO DE MORAES COUTINHO	ENTRADA EMPRESA SERV. MARÍTIMOS	22° 52' 45.88" S	43° 14' 1.59" O
21	RUA CARLOS SEIXAS	CALÇADA DO FERRO VELHO	22° 52' 37.62" S	43° 13' 50.18" O

## ANEXO C – RESOLUÇÃO CONAMA Nº 420, DE 28 DE DEZEMBRO DE 2009

## RESOLUÇÃO Nº 420, DE 28 DE DEZEMBRO DE 2009

*Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas.*

O CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE, no uso das atribuições e competências que lhe são conferidas pelo art. 8º, inciso VII, da Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, tendo em vista o disposto em seu Regimento Interno, e

Considerando a necessidade de prevenção da contaminação do solo visando à manutenção de sua funcionalidade e a proteção da qualidade das águas superficiais e subterrâneas;

Considerando que a existência de áreas contaminadas pode configurar sério risco à saúde pública e ao meio ambiente;

Considerando a necessidade de prevenir a contaminação do subsolo e das águas subterrâneas que são bens públicos e reservas estratégicas para o abastecimento público e o desenvolvimento ambientalmente sustentável;

Considerando a necessidade de estabelecer critérios para definição de valores orientadores para a prevenção da contaminação dos solos e de definir diretrizes para o gerenciamento de áreas contaminadas;

Considerando que a Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, impõe ao poluidor e ao degradador a obrigação de recuperar e/ou indenizar danos causados;

Considerando que a Lei nº 10.406, de 10 de janeiro de 2002, determina, em seu art. 1.228, § 1º, que o direito de propriedade deve ser exercido de modo que sejam preservados a flora, a fauna, as belezas naturais, o equilíbrio ecológico e o patrimônio histórico e artístico, bem como evitada a poluição do ar e das águas; e

Considerando a necessidade de estabelecimento de procedimentos e critérios integrados entre os órgãos da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios em conjunto com a sociedade civil organizada, para o uso sustentável do solo, de maneira a prevenir alterações prejudiciais que possam resultar em perda de sua funcionalidade, resolve:

## CAPÍTULO I

## DAS DISPOSIÇÕES GERAIS

Art. 1º Esta resolução dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas.

Parágrafo único. Na ocorrência comprovada de concentrações naturais de substâncias químicas que possam causar risco à saúde humana, os órgãos competentes deverão desenvolver ações específicas para a proteção da população exposta.

Art. 2º Esta Resolução não se aplica em áreas e solos submersos no meio aquático marinho e estuarino.

Art. 3º A proteção do solo deve ser realizada de maneira preventiva, a fim de garantir a manutenção da sua funcionalidade ou, de maneira corretiva, visando restaurar sua qualidade ou recuperá-la de forma compatível com os usos previstos.

Parágrafo único. São funções principais do solo:

I - servir como meio básico para a sustentação da vida e de habitat para pessoas, animais, plantas e outros organismos vivos;



- II - manter o ciclo da água e dos nutrientes;
- III - servir como meio para a produção de alimentos e outros bens primários de consumo;
- IV - agir como filtro natural, tampão e meio de adsorção, degradação e transformação de substâncias químicas e organismos;
- V - proteger as águas superficiais e subterrâneas;
- VI - servir como fonte de informação quanto ao patrimônio natural, histórico e cultural;
- VII - constituir fonte de recursos minerais; e
- VIII - servir como meio básico para a ocupação territorial, práticas recreacionais e propiciar outros usos públicos e econômicos.

Art. 4<sup>o</sup> As diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas abrangem o solo e o subsolo, com todos seus componentes sólidos, líquidos e gasosos.

Art. 5<sup>o</sup> Os critérios para prevenção, proteção e controle da qualidade das águas subterrâneas observarão a legislação específica.

Art. 6<sup>o</sup> Para efeito desta Resolução são adotados os seguintes termos e definições:

I - Avaliação de risco: processo pelo qual são identificados, avaliados e quantificados os riscos à saúde humana ou a bem de relevante interesse ambiental a ser protegido;

II - Avaliação preliminar: avaliação inicial, realizada com base nas informações históricas disponíveis e inspeção do local, com o objetivo principal de encontrar evidências, indícios ou fatos que permitam suspeitar da existência de contaminação na área;

III - Bens a proteger: a saúde e o bem-estar da população; a fauna e a flora; a qualidade do solo, das águas e do ar; os interesses de proteção à natureza/paisagem; a infra-estrutura da ordenação territorial e planejamento regional e urbano; a segurança e ordem pública;

IV - Cenário de exposição padronizado: padronização do conjunto de variáveis relativas à liberação das substâncias químicas de interesse, a partir de uma fonte primária ou secundária de contaminação; aos caminhos de exposição e às vias de ingresso no receptor considerado, para derivar os valores de investigação, em função dos diferentes usos do solo;

V - Contaminação: presença de substância(s) química(s) no ar, água ou solo, decorrentes de atividades antrópicas, em concentrações tais que restrinjam a utilização desse recurso ambiental para os usos atual ou pretendido, definidas com base em avaliação de risco à saúde humana, assim como aos bens a proteger, em cenário de exposição padronizado ou específico;

VI - Fase livre: ocorrência de substância ou produto imiscível, em fase separada da água;

VII - Ingresso diário tolerável: é o aporte diário tolerável a seres humanos de uma substância presente no ar, na água, no solo ou em alimentos ao longo da vida, sem efeito deletério comprovado à saúde humana;

VIII - Investigação confirmatória: etapa do processo de identificação de áreas contaminadas que tem como objetivo principal confirmar ou não a existência de substâncias de origem antrópica nas áreas suspeitas, no solo ou nas águas subterrâneas, em concentrações acima dos valores de investigação;

IX - Investigação detalhada: etapa do processo de gerenciamento de áreas contaminadas, que consiste na aquisição e interpretação de dados em área contaminada sob investigação, a fim de entender a dinâmica da contaminação nos meios físicos afetados e a identificação dos cenários específicos de uso e ocupação do solo, dos receptores de risco existentes, dos caminhos de exposição e das vias de ingresso;

X - Limite de Detecção do Método-LDM - menor concentração de uma substância que pode ser detectada, mas não necessariamente quantificada, pelo método utilizado;

XI - Limite de Quantificação Praticável-LQP - menor concentração de uma substância que pode ser determinada quantitativamente, com precisão e exatidão, pelo método utilizado;

XII - Limite de Quantificação da Amostra-LQA - LQP ajustado para as características específicas da amostra analisada;



XIII - Monitoramento: medição ou verificação, que pode ser contínua ou periódica, para acompanhamento da condição de qualidade de um meio ou das suas características;

XIV - Nível Tolerável de Risco à Saúde Humana, para Substâncias Carcinogênicas: probabilidade de ocorrência de um caso adicional de câncer em uma população exposta de 100.000 indivíduos;

XV - Nível Tolerável de Risco à Saúde Humana, para Substâncias Não Carcinogênicas: aquele associado ao ingresso diário de contaminantes que seja igual ou inferior ao ingresso diário tolerável a que uma pessoa possa estar exposta por toda a sua vida;

XVI - Perigo: Situação em que estejam ameaçadas a vida humana, o meio ambiente ou o patrimônio público e privado, em razão da presença de agentes tóxicos, patogênicos, reativos, corrosivos ou inflamáveis no solo ou em águas subterrâneas ou em instalações, equipamentos e construções abandonadas, em desuso ou não controladas;

XVII - Remediação: uma das ações de intervenção para reabilitação de área contaminada, que consiste em aplicação de técnicas, visando a remoção, contenção ou redução das concentrações de contaminantes;

XVIII - Reabilitação: ações de intervenção realizadas em uma área contaminada visando atingir um risco tolerável, para o uso declarado ou futuro da área;

XIX - Regional: toda ocorrência que envolva dois ou mais estados;

XX - Risco: é a probabilidade de ocorrência de efeito(s) adverso(s) em receptores expostos a contaminantes;

XXI - Valores Orientadores: são concentrações de substâncias químicas que fornecem orientação sobre a qualidade e as alterações do solo e da água subterrânea;

XXII - Valor de Referência de Qualidade-VRQ: é a concentração de determinada substância que define a qualidade natural do solo, sendo determinado com base em interpretação estatística de análises físico-químicas de amostras de diversos tipos de solos;

XXIII - Valor de Prevenção-VP: é a concentração de valor limite de determinada substância no solo, tal que ele seja capaz de sustentar as suas funções principais de acordo com o art. 3<sup>o</sup>.

XXIV - Valor de Investigação-VI: é a concentração de determinada substância no solo ou na água subterrânea acima da qual existem riscos potenciais, diretos ou indiretos, à saúde humana, considerando um cenário de exposição padronizado.

## CAPÍTULO II

### DOS CRITÉRIOS E VALORES ORIENTADORES DE QUALIDADE DO SOLO

Art. 7<sup>o</sup> A avaliação da qualidade de solo, quanto à presença de substâncias químicas, deve ser efetuada com base em Valores Orientadores de Referência de Qualidade, de Prevenção e de Investigação.

Art. 8<sup>o</sup> Os VRQs do solo para substâncias químicas naturalmente presentes serão estabelecidos pelos órgãos ambientais competentes dos Estados e do Distrito Federal, em até 04 anos após a publicação desta Resolução, de acordo com o procedimento estabelecido no Anexo I.

§ 1<sup>o</sup> Nas regiões limítrofes entre unidades federativas, cujos solos tenham características semelhantes, os respectivos órgãos ambientais deverão estabelecer VRQs comuns.

§ 2<sup>o</sup> Os órgãos ambientais, a seu critério e quando tecnicamente justificado, poderão estabelecer VRQs para substâncias orgânicas naturalmente presentes, listadas ou não no Anexo II.

Art. 9<sup>o</sup> Serão adotados como VPs os valores apresentados no Anexo II, os quais foram estabelecidos com base em ensaios de fitotoxicidade ou em avaliação de risco ecológico.

Art. 10. Serão adotados como VIs, os valores apresentados no Anexo II, os quais foram derivados com base em avaliação de risco à saúde humana, em função de cenários de exposição padronizados para diferentes usos e ocupação do solo.

Art. 11. A requerimento dos órgãos ambientais competentes, quando tecnicamente justificado e aprovado pelo CONAMA, poderão ser revistos os VPs e VIs estabelecidos nesta Resolução,



bem como serem estabelecidos VPs e VIs estaduais ou regionais para substâncias químicas listadas ou não no Anexo II, com base na mesma metodologia e garantindo o mesmo nível de risco.

Art. 12. As substâncias não listadas no Anexo II, quando necessária sua investigação, terão seus valores orientadores definidos pelo órgão ambiental competente.

Art. 13. Ficam estabelecidas as seguintes classes de qualidade dos solos, segundo a concentração de substâncias químicas:

I - Classe 1 - Solos que apresentam concentrações de substâncias químicas menores ou iguais ao VRQ;

II - Classe 2 - Solos que apresentam concentrações de pelo menos uma substância química maior do que o VRQ e menor ou igual ao VP;

III - Classe 3 - Solos que apresentam concentrações de pelo menos uma substância química maior que o VP e menor ou igual ao VI; e

IV - Classe 4 - Solos que apresentam concentrações de pelo menos uma substância química maior que o VI.

### CAPÍTULO III

#### DA PREVENÇÃO E CONTROLE DA QUALIDADE DO SOLO

Art. 14. Com vista à prevenção e controle da qualidade do solo, os empreendimentos que desenvolvem atividades com potencial de contaminação dos solos e águas subterrâneas deverão, a critério do órgão ambiental competente:

I - implantar programa de monitoramento de qualidade do solo e das águas subterrâneas na área do empreendimento e, quando necessário, na sua área de influência direta e nas águas superficiais; e

II - apresentar relatório técnico conclusivo sobre a qualidade do solo e das águas subterrâneas, a cada solicitação de renovação de licença e previamente ao encerramento das atividades.

§ 1<sup>ª</sup> Os órgãos ambientais competentes publicarão a relação das atividades com potencial de contaminação dos solos e das águas subterrâneas, com fins de orientação das ações de prevenção e controle da qualidade do solo, com base nas atividades previstas na Lei nº 10.165, de 27 de dezembro de 2000.

§ 2<sup>ª</sup> O programa de monitoramento para as águas subterrâneas, bem como o relatório técnico, mencionados nos incisos I e II, deverão ser estabelecidos observadas as ações implementadas no âmbito do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos-SINGREH.

Art. 15. As concentrações de substâncias químicas no solo resultantes da aplicação ou disposição de resíduos e efluentes, observada a legislação em vigor, não poderão ultrapassar os respectivos VPs.

Art. 16. São procedimentos para avaliação das concentrações de substâncias químicas e controle da qualidade do solo, dentre outros:

I - realização de amostragens e ensaios de campo ou laboratoriais, de acordo com os artigos 16, 17 e 18;

II - classificação da qualidade do solo conforme artigo 12; e

III - adoção das ações requeridas conforme estabelecido no artigo 19.

Art. 17. Para atendimento desta Resolução nas amostragens, análises e controle de qualidade para caracterização e monitoramento do solo e das águas subterrâneas deverão ser observadas, no mínimo, as seguintes diretrizes:

I - adotar procedimentos de coleta, manuseio, preservação, acondicionamento e transporte de amostras de acordo com normas nacionais e internacionais, respeitando-se os prazos de validade;

II - realizar as análises físicas, químicas, físico-químicas e biológicas, utilizando-se metodologias que atendam às especificações descritas em normas reconhecidas internacionalmente;

III - no caso do limite de quantificação da amostra - LQA ser maior do que o LQP, o LQA será aceito para atendimento desta resolução, desde que tecnicamente justificado;



IV - caso a substância seja identificada na amostra em concentração entre o limite de detecção do método - LDM e o LQA, o fato deverá ser reportado no laudo analítico com a nota de que a concentração não pode ser determinada com confiabilidade;

V - no caso de áreas submetidas à aplicação de produtos agrotóxicos, o momento da coleta deve ter correspondência com o período de carência dos mesmos; e

VI - no caso de aplicação de fertilizantes, o momento da coleta da amostra deverá estar correlacionado à colheita do produto, quando houver.

Art. 18. Os resultados das análises devem ser reportados em laudos analíticos contendo, no mínimo:

I - identificação do local da amostragem, data e horário de coleta e entrada da amostra no laboratório, anexando a cadeia de custódia;

II - indicação do método de análise utilizado para cada parâmetro analisado;

III - os LQAs, para cada parâmetro analisado;

IV - os resultados dos brancos do método e rastreadores ("surrogates");

V - as incertezas de medição para cada parâmetro; e

VI - ensaios de adição e recuperação dos analitos na matriz ("spike").

Parágrafo único. Outros documentos, tais como cartas-controle, cromatogramas, resultados obtidos em ensaios de proficiência e em amostras certificadas, podem ser solicitados a qualquer tempo pelo órgão ambiental competente.

Art. 19. As análises para caracterização e monitoramento da qualidade do solo e da água subterrânea deverão ser realizadas em laboratórios acreditados pelo Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial-INMETRO para os parâmetros de interesse.

Parágrafo único. Por um prazo de cinco anos serão admitidas análises realizadas por instituição aceita pelos órgãos ambientais ou de recursos hídricos, para os respectivos parâmetros de interesse.

Art. 20. Após a classificação do solo deverão ser observados os seguintes procedimentos de prevenção e controle da qualidade do solo:

I - Classe 1: não requer ações;

II - Classe 2: poderá requerer uma avaliação do órgão ambiental, incluindo a verificação da possibilidade de ocorrência natural da substância ou da existência de fontes de poluição, com indicativos de ações preventivas de controle, quando couber, não envolvendo necessariamente investigação;

III - Classe 3: requer identificação da fonte potencial de contaminação, avaliação da ocorrência natural da substância, controle das fontes de contaminação e monitoramento da qualidade do solo e da água subterrânea; e

IV - Classe 4: requer as ações estabelecidas no Capítulo IV.

#### CAPÍTULO IV

#### DAS DIRETRIZES PARA O GERENCIAMENTO DE ÁREAS CONTAMINADAS

Art. 21. São princípios básicos para o gerenciamento de áreas contaminadas:

I - a geração e a disponibilização de informações;

II - a articulação, a cooperação e integração interinstitucional entre os órgãos da União, dos estados, do Distrito Federal e dos municípios, os proprietários, os usuários e demais beneficiados ou afetados;

III - a gradualidade na fixação de metas ambientais, como subsídio à definição de ações a serem cumpridas;

IV - a racionalidade e otimização de ações e custos;

V - a responsabilização do causador pelo dano e suas conseqüências; e,

VI - a comunicação de risco.



Art. 22. O gerenciamento de áreas contaminadas deverá conter procedimentos e ações voltadas ao atendimento dos seguintes objetivos:

- I - eliminar o perigo ou reduzir o risco à saúde humana;
- II - eliminar ou minimizar os riscos ao meio ambiente;
- III - evitar danos aos demais bens a proteger;
- IV - evitar danos ao bem estar público durante a execução de ações para reabilitação; e
- V - possibilitar o uso declarado ou futuro da área, observando o planejamento de uso e ocupação do solo.

Art. 23. Para o gerenciamento de áreas contaminadas, o órgão ambiental competente deverá instituir procedimentos e ações de investigação e de gestão, que contemplem as seguintes etapas, conforme ilustrado no Anexo III:

I - Identificação: etapa em que serão identificadas áreas suspeitas de contaminação com base em avaliação preliminar, e, para aquelas em que houver indícios de contaminação, deve ser realizada uma investigação confirmatória, as expensas do responsável, segundo as normas técnicas ou procedimentos vigentes.

II - Diagnóstico: etapa que inclui a investigação detalhada e avaliação de risco, as expensas do responsável, segundo as normas técnicas ou procedimentos vigentes, com objetivo de subsidiar a etapa de intervenção, após a investigação confirmatória que tenha identificado substâncias químicas em concentrações acima do valor de investigação.

III - Intervenção: etapa de execução de ações de controle para a eliminação do perigo ou redução, a níveis toleráveis, dos riscos identificados na etapa de diagnóstico, bem como o monitoramento da eficácia das ações executadas, considerando o uso atual e futuro da área, segundo as normas técnicas ou procedimentos vigentes.

Art. 24. Será considerada Área Suspeita de Contaminação – AS, pelo órgão ambiental competente, aquela em que, após a realização de uma avaliação preliminar, forem observados indícios da presença de contaminação ou identificadas condições que possam representar perigo.

Art. 25. Será declarada Área Contaminada sob Investigação – AI, pelo órgão ambiental competente, aquela em que comprovadamente for constatada, mediante investigação confirmatória, a contaminação com concentrações de substâncias no solo ou nas águas subterrâneas acima dos valores de investigação.

Parágrafo único. Quando a concentração de uma substância for reconhecida pelo órgão ambiental competente como de ocorrência natural, a área não será considerada contaminada sob investigação, entretanto será necessária a implementação de ações específicas de proteção à saúde humana pelo poder público competente.

Art. 26. Será declarada Área Contaminada sob Intervenção-ACI, pelo órgão ambiental competente, aquela em que for constatada a presença de substâncias químicas em fase livre ou for comprovada, após investigação detalhada e avaliação de risco, a existência de risco à saúde humana.

Art. 27. Será declarada Área em Processo de Monitoramento para Reabilitação-AMR, pelo órgão ambiental competente, aquela em que o risco for considerado tolerável, após a execução de avaliação de risco.

§ 1º Nas situações em que a existência de determinada AI ou ACI possa implicar em impactos significativos aos recursos ambientais, o gerenciamento do risco poderá se basear nos resultados de uma avaliação de risco ecológico, a critério do órgão ambiental competente.

§ 2º Na impossibilidade de execução de uma avaliação de risco ecológico, em uma determinada área, o órgão ambiental competente deverá estabelecer valores específicos e metas para subsidiar a reabilitação da área utilizando-se de metodologia tecnicamente justificada.

§ 3º Em caso de identificação de fase livre, a avaliação de risco deverá ser efetuada após a sua eliminação ou redução a níveis mínimos estabelecidos a critério do órgão ambiental competente, com base nos recursos tecnológicos disponíveis, sem prejuízo à implementação das etapas de gerenciamento das outras fontes de contaminação da área.



Art. 28. No caso da identificação de condição de perigo, em qualquer etapa do gerenciamento, deverão ser tomadas ações emergenciais compatíveis para a eliminação desta condição e a continuidade da investigação e do gerenciamento.

Art. 29. Após a declaração de AI ou ACI, o órgão ambiental competente, em conjunto com os demais órgãos envolvidos, deverá adotar medidas cabíveis para resguardar os receptores do risco já identificados nestas etapas.

Art. 30. Os órgãos ambientais competentes devem planejar suas ações, observando, para a priorização, os seguintes aspectos:

- I - população potencialmente exposta;
- II - proteção dos recursos hídricos; e
- III - presença de áreas de interesse ambiental.

Art. 31. Para o gerenciamento de áreas contaminadas, os VIs para água subterrânea são os listados no Anexo II, definidos com base em risco à saúde humana.

§ 1º Para substâncias não listadas e nas áreas onde as condições naturais apresentem valores anômalos para as substâncias químicas, o órgão ambiental competente, em conjunto com órgão gestor de recursos hídricos, deverá definir ações específicas para cada caso.

§ 2º Na hipótese da revisão da legislação específica que define os padrões de potabilidade para risco à saúde humana, os valores previstos no Anexo II ficam automaticamente alterados.

Art. 32. Para o cumprimento dos procedimentos e ações no gerenciamento de áreas contaminadas, o órgão ambiental competente deverá:

- I - definir, em conjunto com outros órgãos, ações emergenciais em casos de identificação de condições de perigo;
- II - definir os procedimentos de identificação e diagnóstico;
- III - avaliar o diagnóstico ambiental;
- IV - promover a comunicação de risco após a declaração da área como contaminada sob intervenção;
- V - avaliar, em conjunto com outros órgãos, as propostas de intervenção da área;
- VI - acompanhar, em conjunto com outros órgãos, as ações emergenciais, de intervenção e de monitoramento;
- VII - avaliar a eficácia das ações de intervenção; e
- VIII - dar ampla publicidade e comunicar a situação da área ao proprietário, ao possuidor, ao Cartório de Registro de Imóveis da Comarca onde se insere o imóvel, bem como ao cadastro imobiliário das prefeituras e do Distrito Federal.

Parágrafo único. No desenvolvimento das ações deverão ser observados os usos preponderantes, o enquadramento e os planos de recursos hídricos.

Art. 33. Para fins de reabilitação da área contaminada, o proprietário informará o uso pretendido à autoridade competente que decidirá sobre sua viabilidade ambiental, com fundamento na legislação vigente, no diagnóstico da área, na avaliação de risco, nas ações de intervenção propostas e no zoneamento do uso do solo.

Art. 34. Os responsáveis pela contaminação da área devem submeter ao órgão ambiental competente proposta para a ação de intervenção a ser executada sob sua responsabilidade, devendo a mesma, obrigatoriamente, considerar:

- I - o controle ou eliminação das fontes de contaminação;
- II - o uso atual e futuro do solo da área objeto e sua circunvizinhança;
- III - a avaliação de risco à saúde humana;
- IV - as alternativas de intervenção consideradas técnica e economicamente viáveis e suas consequências;
- V - o programa de monitoramento da eficácia das ações executadas; e



VI - os custos e os prazos envolvidos na implementação das alternativas de intervenção propostas para atingir as metas estabelecidas.

Parágrafo único. As alternativas de intervenção para reabilitação de áreas contaminadas poderão contemplar, de forma não excludente, as seguintes ações:

- I - eliminação de perigo ou redução a níveis toleráveis dos riscos à segurança pública, à saúde humana e ao meio ambiente;
- II - zoneamento e restrição dos usos e ocupação do solo e das águas superficiais e subterrâneas;
- III - aplicação de técnicas de remediação; e
- IV - monitoramento.

Art. 35. Após a eliminação dos riscos ou a sua redução a níveis toleráveis, a área será declarada, pelo órgão ambiental competente, como área em processo de monitoramento para reabilitação – AMR.

Art. 36. Após período de monitoramento, definido pelo órgão ambiental competente, que confirme a eliminação do perigo ou a redução dos riscos a níveis toleráveis, a área será declarada pelo órgão ambiental competente como reabilitada para o uso declarado – AR.

Art. 37. Os órgãos ambientais competentes, quando da constatação da existência de uma área contaminada ou reabilitada para o uso declarado, comunicarão formalmente:

- I - ao responsável pela contaminação;
- II - ao proprietário ou ao possuidor da área contaminada ou reabilitada;
- III - aos órgãos federais, estaduais, distrital e municipais de saúde, meio ambiente e de recursos hídricos;
- IV - ao poder público municipal;
- V - à concessionária local de abastecimento público de água; e
- VI - ao Cartório de Registro de Imóveis da Comarca onde se insere determinada área, bem como ao cadastro imobiliário das prefeituras e do Distrito Federal.

Parágrafo único. Deverão ser criados pelo Poder Público mecanismos para comunicação de riscos à população adequados aos diferentes públicos envolvidos, propiciando a fácil compreensão e o acesso à informação aos grupos social e ambientalmente vulneráveis.

Art. 38. Os órgãos ambientais competentes, observando o sigilo necessário, previsto em lei, deverão dar publicidade principalmente em seus portais institucionais na rede mundial de computadores, às informações sobre áreas contaminadas identificadas e suas principais características, na forma de um relatório que deverá conter no mínimo:

- I - a identificação da área com dados relativos à toponímia e georreferenciamento, características hidrogeológicas, hidrológicas e fisiografia;
- II - a(s) atividade(s) poluidora(s) ativa(s) e inativa(s), fonte poluidora primária e secundária ou potencial, extensão da área afetada, causa da contaminação (acidentes, vazamentos, disposição inapropriada do produto químico ou perigoso, dentre outros);
- III - as características das fontes poluidoras no que se refere à disposição de resíduos, armazenamento de produtos químicos e perigosos, produção industrial, vias de contaminação e impermeabilização da área;
- IV - a classificação da área em AI, ACI, AMR e AR;
- V - o uso atual do solo da área e seu entorno, ação em curso e pretérita;
- VI - os meios afetados e concentrações de contaminantes;
- VII - a descrição dos bens a proteger e distância da fonte poluidora;
- VIII - os cenários de risco e rotas de exposição;
- IX - as formas de intervenção; e

X - as áreas contaminadas críticas

§ 1<sup>o</sup> As informações previstas no caput deverão ser tornadas disponíveis pelos órgãos estaduais de meio ambiente ao IBAMA, o qual definirá e divulgará, em seu portal institucional, forma de apresentação e organização sistematizada das informações.

§ 2<sup>o</sup> O IBAMA implementará módulo no sistema de informação institucional, que tornará públicas as informações enviadas pelos órgãos estaduais de meio ambiente, na forma organizada e sistematizada necessária.

§ 3<sup>o</sup> As informações constantes do relatório mencionado no caput constituirão o Banco de Dados Nacional sobre Áreas Contaminadas.

#### CAPÍTULO V

#### DAS DISPOSIÇÕES FINAIS E TRANSITÓRIAS

Art. 39. Os critérios e procedimentos estabelecidos nesta Resolução não se aplicam a substâncias radioativas.

Parágrafo único. No caso de suspeitas ou evidências de contaminação por substâncias radioativas o órgão ambiental notificará a Comissão Nacional de Energia Nuclear-CNEN.

Art. 40. Esta Resolução deverá ser revista após 5 (cinco) anos contados a partir da sua publicação.

Art. 41. Esta Resolução entra em vigor na data de sua publicação.

**CARLOS MINC**  
Presidente do Conselho



## ANEXO I

### PROCEDIMENTO PARA O ESTABELECIMENTO DE VALORES DE REFERÊNCIA DE QUALIDADE DE SOLOS

Os valores de referência de qualidade (VRQs) para as substâncias inorgânicas de ocorrência natural no solo são estabelecidos a partir de interpretação estatística dos resultados analíticos obtidos em amostras coletadas nos principais tipos de solo do Estado, conforme as etapas descritas abaixo.

#### 1 - Seleção dos tipos de solo

Identificar os tipos de solo em cada estado, com base em critérios tais como o material de origem do solo (litologia), relevo e clima, de modo a se obter um conjunto de tipos de solo que representem os compartimentos geomorfológicos, pedológicos, geológicos mais representativos do estado.

#### 2- Seleção de parâmetros para caracterização do solo

Os parâmetros a serem determinados para caracterização do solo são: carbono orgânico, pH em água, capacidade de troca catiônica (CTC) e teores de argila, silte, areia e de óxidos de alumínio, ferro e manganês. Considerando as peculiaridades regionais, outros parâmetros poderão ser incluídos.

Em cada compartimento selecionado conforme o item 1 deverão ser definidas estações de amostragem, em trechos sem interferência antropogênica ou com interferência antropogênica desprezível, que devem ser distribuídas de modo a representar estatisticamente a área geográfica de ocorrência de cada tipo de solo.

A amostra de cada estação será do tipo composta, formada por subamostras de 10 (dez) pontos amostrais, obtidas na profundidade de 0-20 cm. Amostragens simples ou para outras profundidades poderão ser adotadas em função de especificidades regionais. As coordenadas geográficas e a altitude dos pontos amostrais devem ser anotadas, especificando o sistema geodésico de referência.

Deverão ser adotados procedimentos de coleta, manuseio, preservação, acondicionamento e transporte de amostras, descritos em normas nacionais e internacionais, respeitando-se os prazos de validade.

#### 3 - Metodologias analíticas

Para análise das substâncias inorgânicas listadas no Anexo II, utilizar a fração de solo menor que 2mm. A metodologia analítica para a extração das substâncias inorgânicas (exceto mercúrio) das amostras será a USEPA 3050 ou USEPA 3051 ou em suas atualizações. As determinações do pH em água, CTC e dos teores de carbono orgânico, argila, silte, areia, óxidos de ferro, alumínio, manganês e silício devem seguir as metodologias analíticas definidas pela EMBRAPA.

No caso de ocorrência natural, reconhecida pelo órgão ambiental competente, de substâncias não contempladas nas metodologias citadas anteriormente, deverão ser adotadas metodologias que atendam às especificações descritas em normas reconhecidas internacionalmente, que incluam a edição mais recente dos métodos publicados pela USEPA (United States Environmental Protection Agency), série SW-846 - Test Methods for Evaluating Solid Waste; pela ISO (International Standardization Organization) e pela DIN (Deutsches Institut für Normung).

As análises químicas deverão contemplar rastreabilidade analítica, validação, cartas controle elaboradas com faixas de concentração significativamente próximas daquelas esperadas nas matrizes sólidas) e ensaios com materiais de referência certificados, a fim de comprovar a exatidão dos resultados por meio de ensaios paralelos.

#### 4 - Interpretação dos dados e obtenção dos VRQs

Cada estado poderá estabelecer, por substância, um único VRQ ou um VRQ para cada tipo de solo.

O VRQ de cada substância poderá ser estabelecido com base no percentil 75 ou percentil 90 do universo amostral, retiradas previamente as anomalias. O referido VRQ será determinado utilizando tratamento estatístico aplicável e em conformidade com a concepção do plano de amostragem e com o conjunto amostral obtido.

As anomalias deverão ser avaliadas em estudos específicos e interpretadas estatisticamente.

Para as determinações das substâncias químicas em que todos os resultados analíticos forem menores do que o limite de quantificação praticável (LQP) do respectivo método analítico, eleger “< LQP” como sendo o VRQ da substância e excluí-las dos demais procedimentos de interpretação estatística.

Para interpretação estatística das substâncias químicas em que parte dos resultados analíticos forem menores que o limite de quantificação praticável (LQP), considerar como resultado na matriz de dados o valor LQP/2.

Para as substâncias que apresentarem mais do que 60% de resultados superiores ao limite de quantificação, a definição de agrupamento de tipos de solo deverá ser realizada com base em teste estatístico que comprove semelhança entre os grupos amostrais.

Para estabelecimento do VRQ de cada substância, avaliar a necessidade de se excluir da matriz de dados os resultados discrepantes (outliers), identificados por métodos estatísticos.

As substâncias cujo percentil selecionado for igual ao LQP/2, adotar “< LQP” como sendo o VRQ da substância.

#### 5 - Base de dados

Os dados obtidos pelos estados na amostragem, determinações analíticas e os VRQs, deverão compor a base de dados sobre qualidade de solos.



**ANEXO II**  
**LISTA DE VALORES ORIENTADORES PARA SOLOS E PARA ÁGUAS SUBTERRÂNEAS**

Substâncias	CAS nº	Solo (mg.kg-1 de peso seco) (1)					Água Subterrânea (µg.L-1)
		Referência de Qualidade de Prevenção	Investigação			Investigação	
			Agrícola APMax	Residencial	Industrial		
<b>Inorgânicos</b>							
Alumínio	7429-90-5	E	-	-	-	-	3.500**
Antimônio	7440-36-0	E	2	5	10	25	5*
Arsênio	7440-38-2	E	15	35	55	150	10*
Bário	7440-39-3	E	150	300	500	750	700*
Boro	7440-42-8	E	-	-	-	-	500
Cádmio	7440-48-4	E	1,3	3	8	20	5*
Chumbo	7440-43-9	E	72	180	300	900	10*
Cobalto	7439-92-1	E	25	35	65	90	70
Cobre	7440-50-8	E	60	200	400	600	2.000*
Cromo	7440-47-3	E	75	150	300	400	50*
Ferro	7439-89-6	E	-	-	-	-	2.450**
Manganês	7439-96-5	E	-	-	-	-	400**
Mercurio	7439-97-6	E	0,5	12	36	70	1*
Molibdênio	7439-98-7	E	30	50	100	120	70
Níquel	7440-02-0	E	30	70	100	130	20
Nitrato (como N)	797-55-08	E	-	-	-	-	10.000*
Prata	7440-22-4	E	2	25	50	100	50
Selênio	7782-49-2	E	5	-	-	-	10*
Vanádio	7440-62-2	E	-	-	-	1000	-
Zinco	7440-66-6	E	300	450	1.000	2.000	1.050**
<b>Hidrocarbonetos aromáticos voláteis</b>							
Benzeno	71-43-2	na	0,03	0,06	0,08	0,15	5*
Estireno	100-42-5	na	0,2	15	35	80	20*
Etilbenzeno	100-41-4	na	6,2	35	40	95	300**
Tolueno	108-88-3	na	0,14	30	30	75	700**
Xilenos	1330-20-7	na	0,13	25	30	70	500**
<b>Hidrocarbonetos policíclicos aromáticos</b>							
Antraceno	07/12/20	na	0,039	-	-	-	-
Benzo(a)antraceno	56-55-3	na	0,025	9	20	65	1,75
Benzo(k)fluoranteno	207-06-9	na	0,38	-	-	-	-
Benzo(g,h,i)perileno	191-24-2	na	0,57	-	-	-	-
Benzo(a)pireno	50-32-8	na	0,052	0,4	1,5	3,5	0,7*
Criseno	218-01-9	na	8,1	-	-	-	-
Dibenzo(a,h)antraceno	53-70-3	na	0,08	0,15	0,6	1,3	0,18

Substâncias	CAS nº	Solo (mg.kg-1 de peso seco) (1)					Água Subterrânea (µg.L-1)
		Referência de qualidade de Prevenção	Investigação			Investigação	
			Agrícola APMáx	Residencial	Industrial		
Fenantreno	85-01-8	na	3,3	15	40	95	140
Indeno(1,2,3-c,d)pireno	193-39-5	na	0,031	2	25	130	0,17
Naftaleno	91-20-3	na	0,12	30	60	90	140
<b>Benzenos clorados</b>							
Clorobenzeno (Mono)	108-90-7	na	0,41	40	45	120	700**
1,2-Diclorobenzeno	95-50-1	na	0,73	150	200	400	1000
1,3-Diclorobenzeno	541-73-1	na	0,39	-	-	-	-
1,4-Diclorobenzeno	106-46-7	na	0,39	50	70	150	300
1,2,3-Triclorobenzeno	87-61-6	na	0,01	5	15	35	(a)*
1,2,4-Triclorobenzeno	120-82-1	na	0,011	7	20	40	(a)*
1,3,5-Triclorobenzeno	108-70-3	na	0,5	-	-	-	(a)*
1,2,3,4-Tetraclorobenzeno	634-66-2	na	0,16	-	-	-	-
1,2,3,5-Tetraclorobenzeno	634-90-2	na	0,01	-	-	-	-
1,2,4,5-Tetraclorobenzeno	95-94-3	na	0,01	-	-	-	-
Hexaclorobenzeno	118-74-1	na	0,003(3)	0,005	0,1	1	1*
<b>Etanos clorados</b>							
1,1-Dicloroetano	75-34-2	na	-	8,5	20	25	280
1,2-Dicloroetano	107-06-2	na	0,075	0,15	0,25	0,50	10*
1,1,1-Tricloroetano	71-55-6	na	-	11	11	25	280
<b>Etenos clorados</b>							
Cloreto de vinila	75-01-4	na	0,003	0,005	0,003	0,008	5*
1,1-Dicloroetano	75-35-4	na	-	5	3	8	30*
1,2-Dicloroetano - cis	156-59-2	na	-	1,5	2,5	4	(b)
1,2-Dicloroetano - trans	156-60-5	na	-	4	8	11	(b)
Tricloroetano - TCE	79-01-6	na	0,0078	7	7	22	70*
Tetracloroetano - PCE	127-18-4	na	0,054	4	5	13	40*
<b>Metanos clorados</b>							
Cloreto de Metileno	75-09-2	na	0,018	4,5	9	15	20*
Clorofórmio	67-66-3	na	1,75	3,5	5	8,5	200
Tetracloroeto de carbono	56-23-5	na	0,17	0,5	0,7	1,3	2*
<b>Fenóis clorados</b>							
2-Clorofenol (o)	95-57-8	na	0,055	0,5	1,5	2	10,5
2,4-Diclorofenol	120-83-2	na	0,031	1,5	4	6	10,5
3,4-Diclorofenol	95-77-2	na	0,051	1	3	6	10,5
2,4,5-Triclorofenol	95-95-4	na	0,11	-	-	-	10,5
2,4,6-Triclorofenol	88-06-2	na	1,5	3	10	20	200*
2,3,4,5-Tetraclorofenol	4901-51-3	na	0,092	7	25	50	10,5
2,3,4,6-Tetraclorofenol	58-90-2	na	0,011	1	3,5	7,5	10,5
Pentaclorofenol (PCP)	58-90-2	na	0,16	0,35	1,3	3	9*



Substâncias	CAS nº	Solo (mg.kg-1 de peso seco) (1)					Água Subterrânea (µg.L-1)
		Referência de qualidade de Prevenção	Investigação			Investigação	
			Agrícola APMáx	Residencial	Industrial		
<b>Fenóis não clorados</b>							
Cresóis	-	na	0,16	6	14	19	175
Fenol	108-95-2	na	0,20	5	10	15	140
<b>Esteres ftálicos</b>							
Dietilexil ftalato (DEHP)	117-81-7	na	0,6	1,2	4	10	8
Dimetil ftalato	131-11-3	na	0,25	0,5	1,6	3	14
Di-n-butil ftalato	84-74-2	na	0,7	-	-	-	-
<b>Pesticidas organoclorados</b>							
Aldrin	309-00-2	na	0,015	0,003	0,01	0,03	(d)*
Dieldrin	60-57-1	na	0,043	0,2	0,6	1,3	(d)*
Endrin	72-20-8	na	0,001	0,4	1,5	2,5	0,6*
DDT	50-29-3	na	0,010	0,55	2	5	(c)*
DDD	72-54-8	na	0,013	0,8	3	7	(c)*
DDE	72-55-9	na	0,021	0,3	1	3	(c)*
HCH beta	319-85-7	na	0,011	0,03	0,1	5	0,07
HCH - gama (Lindano)	58-89-9	na	0,001	0,02	0,07	1,5	2*
<b>PCBs</b>							
TOTAL	-	na	0,0003 (3)	0,01	0,03	0,12	3,5

(1) - Para comparação com valores orientadores, utilizar as recomendações dos métodos 3050b (exceto para o elemento mercúrio) ou 3051 da USEPA-SW-846 ou outro procedimento equivalente, para digestão ácida de amostras de solos na determinação das substâncias inorgânicas por técnicas espectrométricas.

E - a ser definido pelo Estado.

na - não se aplica para substâncias orgânicas.

(a) somatória para triclorobenzenos = 20 µg.L-1.

(b) somatória para 1,2 dicloroetenos; = 50 µg.L-1.

(c) somatória para DDT-DDD-DDE = 2 µg.L-1.

(d) somatória para Aldrin e Dieldrin = 0,03 µg.L-1.

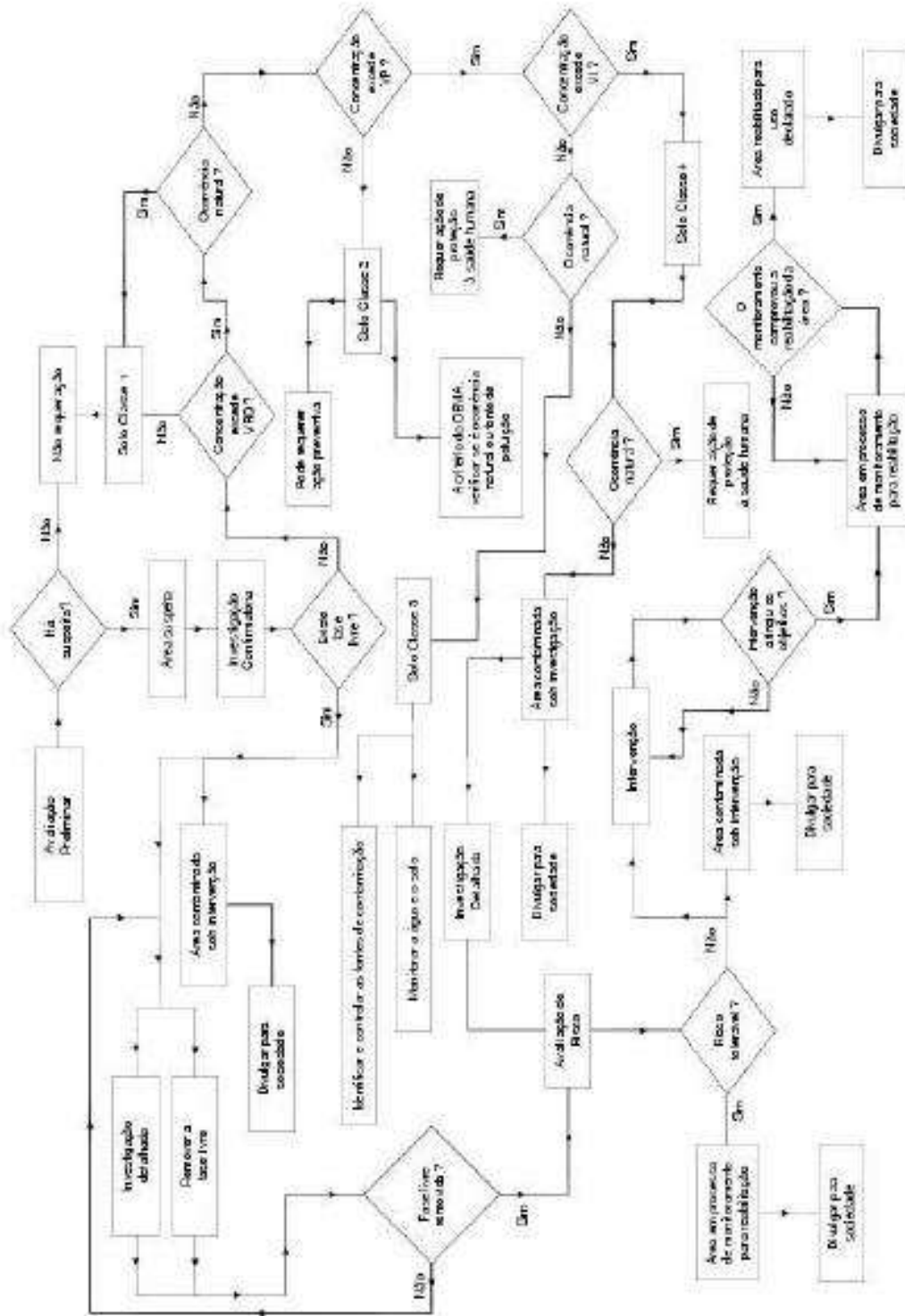
\* Padrões de potabilidade de substâncias químicas que representam risco à saúde definidos na Portaria nº 518/2004 do Ministério da Saúde (Tabela 3).

\*\* Valores calculados com base em risco à saúde humana, de acordo com o escopo desta Resolução. Diferem dos padrões de aceitação para consumo humano definidos na Portaria nº 518/2004 do Ministério da Saúde (Tabela 5) e dos valores máximos permitidos para consumo humano definidos no Anexo I da Resolução CONAMA nº 396/2008.

Adaptado de: CETESB, SP. Decisão de Diretoria nº 195-2005-E, de 23 de novembro de 2005. DOE, Poder Executivo, SP, 3/12/2005, seção 1, v.115, n.227, p.22-23. Retificação no DOE, 13/12/2005, v.115, n.233, p.42.



ANEXO III



Fluxograma das etapas de gerenciamento de áreas contaminadas, conforme preconizado no art. 21.