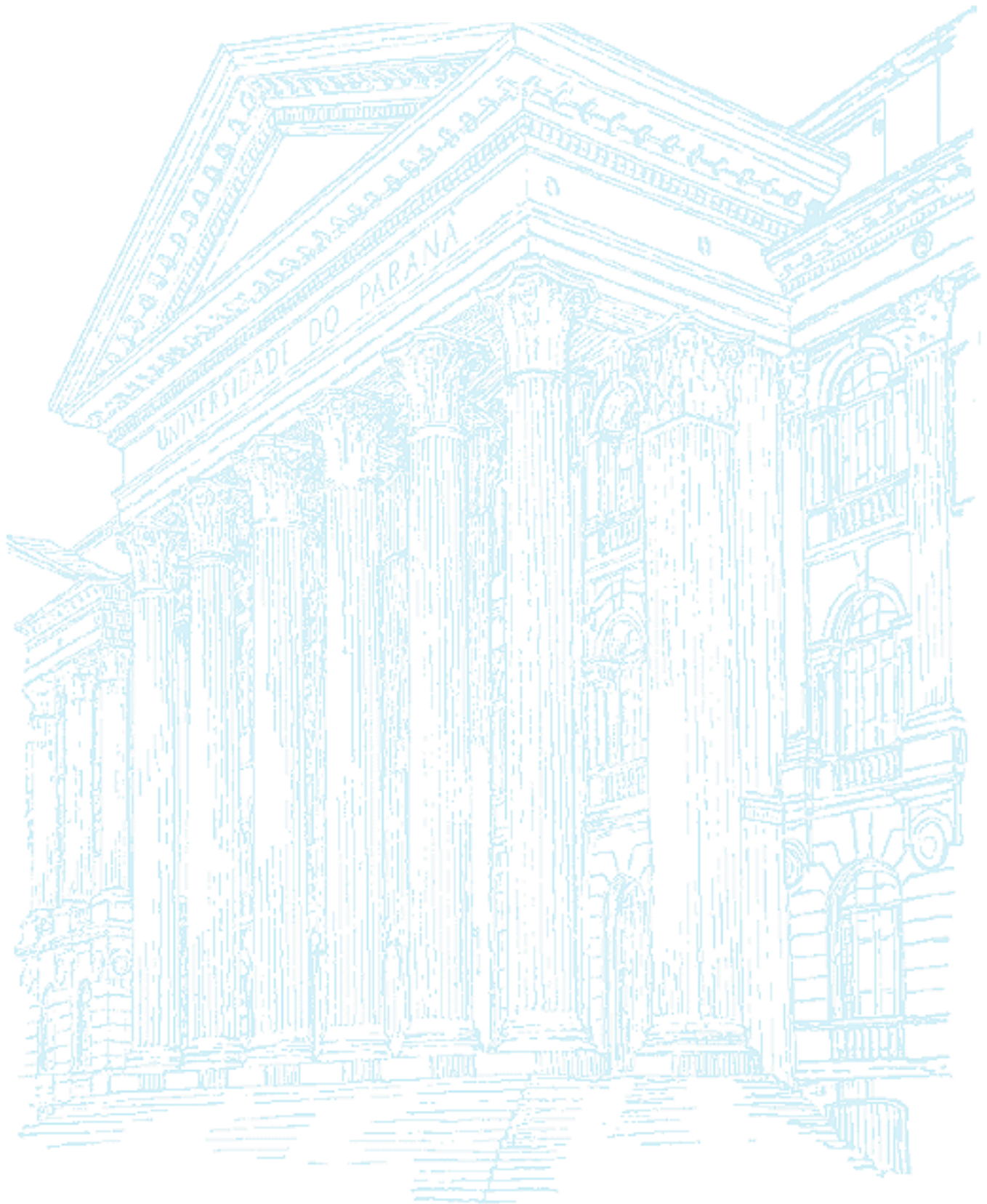


UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ



ROSANA GONÇALVES DOS SANTOS

**Avaliação do potencial risco de exposição a poluentes em populações humanas
residentes no município de Araucária e Cidade Industrial de Curitiba - PR**

**CURITIBA
2017**

ROSANA GONÇALVES DOS SANTOS

**Avaliação do potencial risco de exposição a poluentes em populações humanas
residentes no município de Araucária e Cidade Industrial de Curitiba – PR**

Trabalho apresentado como requisito parcial
à obtenção do grau de Bacharel em
Biomedicina no curso de graduação em
Biomedicina, Setor de Ciências Biológicas da
Universidade Federal do Paraná.

Orientadora: Prof. Dr. Ciro Alberto de Oliveira
Ribeiro

**CURITIBA
2017**

RESUMO

A industrialização global tem levado a um aumento exponencial na produção de compostos químicos aos quais as populações humanas estão expostas. Como muitos desses compostos são persistentes e bioacumuláveis, sua associação pode causar efeitos desconhecidos sobre a saúde humana. Curitiba e sua região metropolitana concentram vários polos industriais, o que leva à liberação de diversos agentes químicos distribuídos em diversas classes de poluentes. Dados encontrados na literatura mostram que esses compostos podem estar associados a diversas condições clínicas, o que constitui um potencial problema de saúde pública. Diante disso, o presente estudo buscou realizar um levantamento e associar a emissão oriunda dos processos industriais no polo industrial de Araucária e Cidade Industrial de Curitiba (CIC) com os potenciais riscos de exposição para a população que vive nessa região. Para isso, primeiramente foi realizado um levantamento dos tipos de industriais sediados no município de Araucária e CIC. Os dados obtidos a respeito das principais classes de rejeitos foram utilizados para guiar a pesquisa em sites como o *Pubmed*, *Science Direct*, *Research Gate* e Google Acadêmico buscando assim estudos que abordem os efeitos desse tipo de exposição humana. Assim como foi realizado um levantamento da legislação que regulamenta a emissão de poluentes tanto atmosféricos quanto hídricos, bem como os respectivos limites considerados aceitáveis para exposição humana. Os dados de localização das populações com essas áreas de risco foram compilados em planilhas por região e localização, também foi apontada a proximidade das áreas residenciais com os polos industriais da região, com auxílio do Google *Earth*. O levantamento das indústrias revelou a presença de 443 estabelecimentos situados em Araucária e 2013 na CIC, um levantamento representativo foi realizado utilizando dados da FIEP, totalizando 294 indústrias na área de estudo, as quais foram localizadas geograficamente e agrupadas em Indústrias Metalúrgicas; Indústrias de Papel e Celulose; Indústrias de Plásticos e Borrachas; Indústrias de Alimentos e Indústrias Químicas. Os poluentes associados, bem como seus efeitos foram levantados e agrupados entre metais e compostos orgânicos. Por fim, o levantamento das condições climatológicas, das qualidades de ar e de água na região permitiu uma avaliação da exposição e das vias que apresentam maior risco. Com base nesses dados, o panorama de risco de exposição para a população se torna visível, bem como sua provável relação causal com relação a altas taxas de incidência de problemas de saúde previamente relacionados a presença de xenobióticos no ambiente. No entanto, mais estudos se fazem necessários.

Palavras-chave: Poluentes industriais, risco de exposição humana, poluição urbana

ABSTRACT

Global industrialization has led to an exponential increase in the production of chemical compounds to which human populations are exposed. As many of these compounds are persistent and bioaccumulable, their association may cause unknown effects on human health. Curitiba and its metropolitan region concentrate several industrial poles, which leads to the release of several chemical agents distributed in several classes of pollutants. Data found in the literature show that these compounds may be associated with several clinical conditions, which is a potential public health problem. Therefore, the present study sought to carry out a survey and to associate the emission from the industrial processes at the industrial center of Araucária and the Cidade Industrial of Curitiba (CIC) with the potential risks of exposure to the population living in this region. For this, a survey of the types of industrial plants based in the city of Araucária and CIC was first carried out. The data obtained on the main classes of tailings were used to guide the research in sites such as Pubmed, Science Direct, Research Gate and Google Scholar, thus seeking studies that address the effects of this type of human exposure. A survey was also made of the legislation regulating the emission of both atmospheric and water pollutants, as well as the respective limits considered acceptable for human exposure. The location data of the populations with these risk areas were compiled in spreadsheets by region and location, as was pointed the proximity of the residential areas to the industrial poles of the region using Google Earth. The assesment of the industries revealed the presence of 443 establishments located in Araucária and 2013 in CIC, a representative survey was carried out using data from FIEP, totaling 294 industries in the study area, which were located geographically and grouped in Metallurgical Industries; Pulp and Paper Industries; Plastics and Rubber Industries; Food Industries and Chemical Industries. The associated pollutants as well as their effects were raised and grouped by the nature of the compounds between metals and organic compounds. Finally, the appraisal of the climatic conditions, the air and water qualities in the region allowed for an evaluation of the exposure and the routes that present the greatest risk. Based on these data, the risk of exposure to the population becomes visible, as well as its probable causal relationship with high rates of incidence of health problems previously related to the presence of xenobiotics in the environment. However, more studies are needed.

Keywords: Industrial pollutants, human exposure risk, urban pollution

SUMÁRIO

1.1.	7	
1.2	JUSTIFICATIVA	7
1.3	HIPÓTESE	8
1.4	OBJETIVOS	8
1.4.1.	OBJETIVO GERAL	8
1.4.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	9
2.	10	
2.1.	10	
2.1.1.	10	
2.1.1.1	Cádmio	10
2.1.1.2.	Manganês	12
2.1.1.3.	Molibidênio	13
2.1.1.4.	Boro	15
2.1.1.5.	Alumínio	15
2.1.1.6.	Chumbo	17
2.1.1.7.	Lítio	18
2.1.2.	COMPOSTOS ORGÂNICOS	19
2.1.2.1.	Benzeno	19
2.1.2.2.	Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos	20
2.1.2.3.	Cloreto de vinil	21
2.1.2.4.	Estireno	23
2.1.2.5.	Bisfenol-a	24
2.1.2.6.	Corantes têxteis	25
2.1.2.7.	Formaldeído	27
2.1.2.8.	Nanopartículas	28
3.	31	
3.1	DELINEAMENTO DA REGIÃO DE ESTUDO	30
3.1.1	Município de Araucária	30
3.1.2	Município de Curitiba - Cidade Industrial (CIC)	31
3.2.	DADOS SOBRE OS COMPOSTOS QUÍMICOS	33
3.3.	LEVANTAMENTO DAS POLÍTICAS PREVISTAS NA LEGISLAÇÃO VIGENTE NACIONAL E INTERNACIONAL	33
4.	36	
4.1	LEVANTAMENTO DAS INDÚSTRIAS	35

	6
4.2. REGULAMENTAÇÃO	40
4.2.1. Conama	40
4.2.2. Anvisa	42
4.2.3 Agências Internacionais	42
4.3	45
4.3.1	48
4.4	50
5.	57
6.	64
7.	66
8. REFERÊNCIAS	66
ANEXO I - Resolução CONAMA nº 382/2006	75
ANEXO II - Resolução CONAMA nº 20, de 18 de junho de 1986	84

1.1. INTRODUÇÃO

Com o advento da industrialização, ocorrido na Inglaterra, no século XVIII, novos processos produtivos foram desenvolvidos com o objetivo de aumentar e melhorar a qualidade dos produtos e conseqüentemente aumentando também o lucro. Devido ao crescimento da população humana e das necessidades de consumo, as indústrias cresceram consideravelmente em número, áreas de atuação e variedade de produtos. Entretanto, a preocupação com os ambientes naturais não foi considerada na mesma proporção durante décadas, tendo como resultado problemas ambientais de grandes dimensões (Leal, 2008). A busca pela revolução industrial e biotecnológica tem contribuído muito para aumentar o número e a quantidade de compostos químicos lançados nos ambientes naturais em todo o planeta. A liberação controlada ou descontrolada de contaminantes com algum nível de periculosidade de vários setores industriais é um dos principais problemas que a humanidade enfrenta atualmente (Rasheed, 2017). A emissão desses resíduos oriundos dos processos industriais pode acarretar em um impacto direto na saúde da população humana exposta, seja de forma ocupacional ou por viver em regiões próximas a indústrias ou grandes polos industriais.

Nessas condições a exposição humana pode ser considerada como um problema de saúde pública, visto que a preocupação com os possíveis efeitos e o aparecimento de doenças em trabalhadores decorrentes da exposição, fez com que surgissem estudos relacionando efeitos populacionais com a exposição a poluentes industriais. A motivação para este tipo de investigação tem sido a exposição a uma grande diversidade de contaminantes ambientais tanto em países industrializados como em países em desenvolvimento. De acordo com Sioen (2013), as conseqüências desta exposição podem influenciar a saúde das gerações atuais e futuras.

Desde o final da Segunda Guerra Mundial mais de 87.0000 substâncias químicas sintéticas foram introduzidas ao uso comercial somente nos Estados Unidos (Chalupka, 2010). Segundo o mesmo autor, muitos desses compostos encontram-se dispersos no ar, água e nos alimentos, diversificando a forma de exposição às populações humanas. Estima-se que um indivíduo possa estar exposto a aproximadamente cinco milhões de diferentes substâncias químicas, mas apenas cerca de mil e quinhentas foram testadas em animais e apenas uma fração possui efeitos comprovados no homem (Faccini, 2002). Outro aspecto pouco discutido é a crescente preocupação com os riscos de exposição para a saúde do feto devido à exposição ambiental dos pais, uma vez que o período fetal

é altamente suscetível à exposição química mesmo em níveis mais baixos (Chalupka, 2010).

A poluição atmosférica urbana está relacionada com as emissões locais e regionais além de reações atmosféricas dos poluentes com a composição de gases. Em combinação com os aspectos meteorológicos, a variabilidade espacial e temporal das fontes de emissão e os fatores ambientais, irão determinar a variabilidade dos níveis de poluentes presentes no ar ambiente e conseqüentemente os níveis de exposição das populações humanas (Joo, 2017). No mundo moderno, toda a biota está exposta a misturas de muitos produtos químicos, alguns dos quais são conhecidos como cancerígenos e outros ainda não possuem risco de exposição definidos (Lee, 2017). O ambiente atmosférico pode apresentar o ar poluído, o qual contém uma mistura complexa de partículas e poluentes de fase gasosa fazendo com que os indivíduos estejam expostos a vários poluentes ao mesmo tempo. A maioria dos poluentes pode apresentar efeitos aditivos ou sinérgicos (Billionnet, 2012; Boor, 2017) levando a efeitos múltiplos de diferentes causas que no conjunto podem resultar em sinergias carcinogênicas (Lee, 2017) ou ainda acarretar outros tipos de complicações para a saúde do indivíduo.

Em relação à exposição nos estágios iniciais do ciclo de vida, a rede complexa de interações entre fatores genéticos, idade, dieta e a exposição a outros produtos químicos tóxicos podem levar à distúrbios no desenvolvimento intelectual ou mesmo hiperatividade. Em geral crianças que habitam regiões economicamente desfavorecidas no planeta são muitas vezes mais suscetíveis a exposição a várias combinações de agentes tóxicos. Sendo assim, investigações dos efeitos da co-exposição são essenciais para o estabelecimento de políticas públicas que protejam essas populações mais vulneráveis (Kim, 2013).

1.2 JUSTIFICATIVA

A exposição humana a diversas classes de contaminantes já comprovadamente tóxicos é um grande problema em países em desenvolvimento e em países industrializados. Como muitos desses compostos são persistentes e bioacumuláveis, a associação entre eles pode causar efeitos desconhecidos sobre a saúde humana, onde em geral, os estágios do desenvolvimento fetal são mais suscetíveis que os organismos adultos. Diante disso, é recomendável que estudos de levantamento sejam realizados com o intuito de avaliar o risco em potencial desse tipo de exposição para o homem, favorecendo o estabelecimento de políticas públicas para o setor. Curitiba e sua região

metropolitana concentram vários polos industriais, onde o funcionamento conjunto de diversas indústrias pode levar à liberação de diferentes compostos poluentes. Existe, portanto, a preocupação em avaliar se esta atividade pode ocasionar algum tipo de impacto direto ou indireto na saúde da população em decorrência da exposição crônica. Dentre essas regiões, está a cidade industrial de Curitiba (CIC) e o município de Araucária, onde em conjunto concentram-se um dos maiores polos industriais do estado do Paraná. Na região estão presentes indústrias de papel e celulose, metalúrgicas, refinarias, indústrias químicas, montadoras e uma grande diversidade de outras atividades industriais, o que potencialmente leva à liberação de diversos agentes químicos distribuídos nas mais variadas classes de poluentes; sendo que dados encontrados na literatura mostram que vários desses compostos podem estar associados a diversas condições clínicas. Diante disso, o presente estudo pretende realizar um levantamento destes potenciais contaminantes, e associar a emissão oriunda dos processos industriais no polo industrial de Araucária e CIC, com potenciais níveis de exposição que possam interferir com a saúde da população humana residente nas imediações.

1.3 HIPÓTESE

A emissão de poluentes através do ar e água devido a atividade industrial no Município de Araucária e CIC, está relacionada com problemas de saúde pública, culminando em risco de exposição para a população humana que habita a região.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1. OBJETIVO GERAL

Realizar um levantamento das principais classes de poluentes oriundas das atividades industriais no município de Araucária e CIC, relacionar com dados ambientais e da legislação vigente para discutir o risco de exposição para a população humana residente nessas regiões.

1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Fazer um levantamento das principais indústrias sediadas no município de Araucária e CIC, assim como destacar e classificar os potenciais tipos de poluentes emitidos;
- Buscar na literatura dados referentes aos principais compostos liberados por essas atividades indústrias e correlacionar seus efeitos sobre a saúde humana;
- Confrontar esses dados com a legislação vigente (OMS, Anvisa, Conama, EPA) que regulamentam a emissão de poluentes ambientais, seus limites e risco para exposição humana.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. IDENTIFICAÇÃO DAS PRINCIPAIS CLASSES DE POLUENTES QUE POTENCIALMENTE PODEM SER ENCONTRADOS EM EMISSÕES INDUSTRIAIS

2.1.1. Metais tóxicos

Metais tóxicos são elementos metálicos que possuem densidade relativamente alta (superior a g/cm^3). A maioria desses elementos são tóxicos e carcinogênicos, mesmo em baixas concentrações, tais como Mercúrio (Hg), Cádmiio (Cd), Arsênico (As) e Cromo (Cr), (Dinis, 2011). Os metais tóxicos são onipresentes no ambiente e estamos expostos diariamente tanto aos de origem naturais como aos de origens antrópica através da dieta, água potável, atmosfera e produtos de consumo (Shirai, 2010).

A avaliação da exposição a metais tóxicos implica na identificação e quantificação de suas principais fontes de exposição, bem como os mecanismos de absorção bem como seus efeitos adversos para a saúde humana (Dinis, 2011). Esses riscos são especialmente mais altos para os trabalhadores envolvidos diretamente com a fundição, devido às emissões no local de trabalho. Assim, a fundição de metais é considerada uma das mais importantes fontes antropogênicas de exposição a metais tóxicos (Hamzah, 2015; Duruibe, 2007). Durante o processo de fundição, esses elementos são dispersos na atmosfera devido ao ponto de ebulição mais baixo para alguns como o mercúrio e a presença de altas temperaturas (Pacyna, 2002), e quando inalados podem causar sérios riscos para a saúde dos indivíduos diretamente expostos (Gupta, 2007).

Assim a indústria siderúrgica é uma das principais e mais importantes emissoras desse tipo de poluente, onde durante a fusão e fundição dos minerais gera a formação de gases, vapores e fumaça carreando os metais tóxicos para a atmosfera e outras matrizes. Alguns desses metais tóxicos são emitidos também durante os processos de pré-aquecimento do forno e dentre eles pode-se destacar o cádmio, chumbo, zinco, mercúrio, manganês, níquel e o cromo (Shrivastava, 2009). Essa emissão ocorre na forma de pó, vapor e também podem ser adsorvidos em partículas que posteriormente são carregadas pelas vias respiratórias em uma condição mais concentrada (Mousavian, 2017).

Estudos relatam casos de mortalidade por câncer de pulmão em trabalhadores da indústria siderúrgica devido à exposição ao cromo (Mousavian, 2017; Almeida, 2015). Além disso, os danos devido à exposição a alguns tipos de metais tóxicos incluem efeitos neurológicos, alteração da composição sanguínea ou pode afetar alguns tecidos alvos importantes como os pulmões, rins, fígado e outros órgãos vitais. Quando a exposição ocorre de forma crônica pode causar danos progressivos à musculatura e também processos neurodegenerativos, alergias ou até mesmo o desenvolvimento de câncer (Dinis, 2011).

2.1.1.1 Cádmio

O Cádmio (Cd) é um metal de transição que pertence ao grupo IIb da tabela periódica e não possui funções fisiológicas conhecidas. A exposição a esse metal afeta sistemas biológicos de várias formas como doenças renais e osteoporose em humanos, assim como está associado a efeitos carcinogênicos (Cullinane, 2009). Esse metal é um dos principais agentes tóxicos ocupacionais e ambientais. A população em geral é exposta a esse metal por meio da ingestão de água, alimento ou através do hábito de fumar. Conhecidamente afeta a reprodução humana, já foi associado com infertilidade e também a baixa qualidade do sêmen em humanos (Li Ji, 2012).

Esse tipo de metal é utilizado em diferentes setores industriais como: (i) Setor de energia (refinarias de petróleo e gás, centrais térmicas e outras instalações de combustão); (ii) produção e processamento de metais; (iii) Indústria de minerais (produção de cimento ou fornos rotativos de cal ou outros fornos, fabricação de fibra de vidro, fabricação de produtos cerâmicos, incluindo produtos ladrilhos, tijolos ou porcelana); (iv) Indústria química (produção em escala industrial de produtos químicos orgânicos e inorgânicos básicos, produção de fertilizantes a base de fósforo ou a base de potássio); (v) Tratamento de esgotos e águas residuais (eliminação ou recuperação de resíduos

perigosos, incineração de resíduos não perigosos incluídos na Directiva 2000/76 / CE - incineração de resíduos); (vi) Produção de papel e processamento de madeira; (vii) Produtos de origem animal e vegetal do setor de alimentos e bebidas (E-PRTR, 2017).

Atividades antropogênicas, incluindo a produção de baterias de níquel-cádmio, estabilizadores e pigmento sintético, bem como a fusão de metais são responsáveis pelo aumento pronunciado da concentração de cádmio no ambiente (Wu, 2017). Outros processos industriais como a proteção contra corrosão de aço; uso como composto estabilizador na fabricação de cloreto polivinílico; produção de pigmentos e corantes amarelos para tintas; plásticos, cerâmicas e refinação de zinco também são responsáveis pela emissão de cádmio para o ambiente (Hartsfield, 1992).

A inalação foi identificada como o principal meio de exposição industrial. Considerando a exposição não ocupacional. O tabagismo constitui a fonte mais significativa de exposição crônica ao cádmio, uma vez que o cultivo de tabaco em solo contaminado com o metal leva à sua bioacumulação na planta e consequente absorção do metal durante o fumo pela inalação (Cullinane, 2009). Também pode ocorrer absorção através da ingestão de alimentos cultivados em solos contaminados ou contaminados por deposição atmosférica. No entanto, a maior parte da contaminação dos alimentos vem do acúmulo do cádmio através de plantas a partir do uso de fertilizantes, lodo de esgoto e deposição atmosférica. Dessa forma a alimentação representa a principal fonte de exposição entre a população não tabagista (Dinis, 2011).

Além de apresentar possíveis efeitos adversos sobre a fertilidade e início do desenvolvimento embrionário, o Cd é conhecido como uma das causas de teratogênese em uma grande variedade de animais, incluindo ratos, camundongos, hamsters, sapos e galinhas, afetando diferentes tipos de tecidos. Os efeitos incluem malformações nos membros, faciais, intestinais, anormalidades nos olhos, ouvidos e exencefalia (Cullinane, 2009). Além do mais, há evidências crescentes de associações entre exposição ao Cd e desfechos adversos, como fetos pequenos para idade gestacional e parto prematuro. Juntamente ao seu impacto sobre parâmetros de crescimento, Cd é um modificador epigenético estabelecido. Assim, existe o potencial de que a exposição pré-natal ao Cd também possa ter implicações a longo prazo no desenvolvimento da criança (Johnston, 2014).

Como o Cd pode ser ingerido ou inalado, o composto pode entrar na circulação sanguínea e ser armazenado no fígado ou nos rins (Kim, 2013). Esse metal pode ainda causar danos aos rins, onde o primeiro sinal de lesão renal geralmente é uma disfunção tubular, evidenciada por uma excreção aumentada de proteínas de baixo peso molecular

como: a β 2-microglobulina e α 1-microglobulina, ou enzimas tais como N-acetil-p-D-glucosaminidase (NAG). Sendo assim essas proteínas vem sendo utilizadas como biomarcadores de dano a função renal associado ao cádmio, os quais são em geral são danos irreversíveis (Jarup, 2003; Wu, 2016).

A exposição prolongada a altas concentrações de cádmio pode causar danos no esqueleto. O primeiro relatado foi no Japão, onde a doença de itai-itai, ou ouch-ouch, (uma combinação de osteomalácia e osteoporose), foi descoberta na década de 1950. A exposição foi causada por água contaminada com cádmio usada para irrigação de campos de arroz locais. Nesse contexto, evidências sugerem que a exposição ao cádmio mesmo em concentrações relativamente baixas pode resultar em dano esquelético, evidenciada por baixa densidade mineral óssea (osteoporose) e fraturas (Jarup, 2003).

Estudos prévios em animais sugerem que a exposição parental ao Cd induz efeitos teratogênicos dependentes da dose e que tal exposição pode causar necrose placentária e hemorragias, o que pode ter efeitos prejudiciais sobre a condição uterina, afetando negativamente o desenvolvimento do feto (Kim, 2013).

2.1.1.2. Manganês

O manganês (Mn) é um elemento traço essencial necessário para uma variedade de processos biológicos, como por exemplo, seu papel como um cofator no metabolismo de carboidratos e proteínas e na ação antioxidante associada à função da superóxido dismutase. Dessa forma, seus níveis teciduais são regulados através de um controle homeostático rigoroso dos níveis celulares (Rollin, 2014; Rahman, 2015). Além disso, Mn auxilia no funcionamento do sistema reprodutivo, nervoso e imunológico, está envolvido com a regulação dos níveis de açúcar no sangue, na coagulação sanguínea e na formação de cartilagens e lubrificantes para as articulações (Rollin, 2014).

Existem duas vias principais de exposição ao manganês: a via gastrointestinal, que é a mais comum na população geral, e a inalação. A via de exposição pela inalação é considerada a forma mais rápida de exposição do cérebro, especialmente nos casos de saúde ocupacional (soldadores e mineiros) e ambiental (pessoas que habitam regiões próximas a áreas de mineração e/ou transformação de Mn) (Carvalho, 2014). Uma possível forma de liberação do manganês ao ambiente é a combustão da gasolina em motores veiculares, de forma que a poluição atmosférica causada pela emissão oriunda do tráfego contribui para a exposição humana ao manganês (Lin, 2012). Outra forma de absorção de Mn é através da ingestão de água potável (Carvalho, 2014).

Os principais usos do manganês continuam sendo para a produção de ligas (ferrosas e não ferrosas), particularmente na indústria de fabricação de aço, e estima-se que cerca de 89% a 94% de minério de manganês seja usado como matéria-prima para ligas de manganês. O minério de manganês é ainda usado em fundição e soldagem, representando menos de 10% do metal. Estima-se que 6% a 11% do minério de manganês é utilizado na produção de manganês metálico eletrolítico (EMM), dióxido de manganês eletrolítico (EMD), óxido de manganês e lítio, sulfato de manganês e outros produtos químicos. Conforme mencionado acima, a principal utilização do manganês ocorre na produção de aço, alumínio e cobre, enquanto que para procedimentos não metalúrgicos se destacam o uso em baterias, em alimentos e fungicidas agrícolas (Bevan, 2017).

Apesar de ser um metal essencial, o manganês tem potencial para produzir efeitos tóxicos ao se acumular no organismo, especialmente no cérebro (Yu, 2014), o que relaciona a exposição com comprometimento de funções cognitivas (Bailey, 2017). Além disso, a exposição ao Mn pode causar uma síndrome do tipo parkinsoniana, a qual apresenta os sintomas motores, tremores e prejuízos cognitivos, incluindo também problemas nas funções executivas, o que se assemelha aos sintomas encontrados em estágios mais avançados da doença de Parkinson (Kornblith, 2017).

Vários estudos demonstraram associações entre as concentrações de Mn da água potável e deficiências no desenvolvimento infantil (Rahman, 2015). O excesso de ingestão de Mn pode ser particularmente preocupante durante a gravidez, quando o transportador de metal divalente intestinal (DMT1) sofre regulação positiva, causando maior absorção de ferro e Mn (Rahman, 2015). Os fetos, principalmente no início do período gestacional, são considerados como altamente vulneráveis a alguns poluentes ambientais. O manganês atravessa a barreira placentária expondo o feto através de mecanismos de transporte ativo (Lin, 2012). Nesse caso, a exposição excessiva ao manganês foi associada à restrição do crescimento intra-uterino (IUGR), assim como comportamento hiperativo, capacidade intelectual diminuída e desenvolvimento psicomotor prejudicado em exposição de lactentes e crianças (Lin, 2012; Rollin, 2014; Carvalho, 2014).

2.1.1.3. Molibidênio

O molibdênio (Mo) é um elemento traço essencial, pois se encontra envolvido no metabolismo de aldeídos, purinas e enxofre como cofator das enzimas xantina oxidase, aldeído oxidase e sulfito oxidase (Mendel, 2011). No entanto, como ocorre com vários

metais essenciais, a exposição a altas doses de Mo pode prejudicar a saúde vegetal e animal, incluindo a saúde humana (Smedley, 2017).

O molibdênio é usado como aditivo lubrificante, catalisador, inibidor de corrosão e componente na fabricação de tungstênio, pigmentos e cerâmica. É um componente de ligas de aço e barras de solda e é adicionado a ferro fundido e aço inoxidável para controle de dureza (Morrison et al., 2006). Devido à sua força, firmeza e propriedades anticorrosivas, o Mo é muito utilizado pela indústria da construção civil (Vázquez-Salas, 2013). Esse metal reduz o nitrogênio em amônio e estimula o desenvolvimento celular no parênquima da planta, o que evita a deformação e necrose das folhas. Por esta razão, também é usado na agricultura como fertilizante, sendo considerado um micronutriente nas culturas (Vázquez-Salas, 2013; Smedley, 2017). Outro uso importante inclui sua utilização em testes colorimétricos em química analítica (Smedley, 2017).

O molibdênio é distribuído no ambiente através da atividade industrial e agrícola, como resultado da combustão de combustíveis fósseis, lixiviação de cinzas volantes e mobilização de resíduos de minas. Sendo assim, está presente em quantidades traço (entre 1 e 10 mg/kg) na maioria das rochas e solos, na água, porém em concentrações inferiores a 10 mg/L em águas marinhas (Smedley, 2017).

Nos seres humanos, a principal fonte de exposição Mo é oral, através do consumo de alimentos como vegetais, leite e órgãos de animais como fígado e rins (Vázquez-Salas, 2013). A exposição aguda ao Mo tem sido associada a diarreia, anemia e gota, enquanto a exposição ocupacional crônica tem sido associada a fraqueza, fadiga, falta de apetite, anorexia, disfunção hepática, dor nas articulações, osteoporose e tremor (Smedley, 2017). Não há um mecanismo claro de como o Mo pode induzir toxicidade, no entanto, em animais, os sintomas associados à toxicidade de Mo parecem ser mediados pela deficiência de cobre. O Mo promove a síntese de tiomolibdato e formação de complexos de cobre-tiomolibdato não absorvíveis, o que gera risco de hipocuprose (Vázquez-Salas, 2013).

O estudo realizado por Vázquez-Salas e colaboradores (2013) encontrou indícios de que a exposição ao Mo durante o terceiro trimestre da gravidez pode afetar negativamente o desenvolvimento psicomotor durante os primeiros 30 meses de vida, porém não encontraram associação entre a exposição ao molibidênio e o desenvolvimento mental.

2.1.1.4. Boro

O Boro é um metal com um peso atômico de 10,8u e nunca é encontrado como um elemento livre na natureza, pois está sempre ligado ao oxigênio (Cortes, 2011), é comum no ambiente e encontrado naturalmente em rochas, solo e água. Os complexos de organoboranos, que contêm ligações B-O ou B-N como os ortoboratos, são importantes nos sistemas biológicos. Estes complexos de organoboranos são formados em tecidos vegetais e animais (Igra, 2016).

O boro elementar é inerte, em presença de água os compostos de boro rapidamente se transformam em boratos, a principal forma natural de boro. Estudos apontam que o ácido bórico e o bórax são absorvidos tanto pelo trato gastrointestinal e respiratório (Huel, 2004). A principal fonte de exposição ao boro em seres humanos é através de água e alimentos (Cortes, 2011). O boro no solo pode dissolver-se na água circundante e, portanto, pode aparecer nas fontes de água potável. Os alimentos ricos em boro incluem nozes, legumes, frutas e vegetais (Igra, 2016). No entanto, a exposição por inalação também é possível. A exposição dérmica não traz nenhum perigo, uma vez que o boro aparentemente não pode ser absorvido através da pele (Cortes, 2011).

O ácido bórico e os sais de sódio do boro (bórax, tetraborato disódico) são comumente usados como anti-séptico, bactericida, agente de limpeza, como sabões e detergentes, conservantes, retardantes de chama, fertilizantes, inseticidas e herbicidas. O boro também é usado em muitas aplicações industriais, incluindo produção de vidro, isolamento de fibra de vidro, esmalte de porcelana, esmaltes de cerâmica e ligas metálicas (Uluisik, 2017). As principais formas pelas quais o elemento é introduzido no ambiente são por volatilização de ácido bórico em processos térmicos ou por atividades antropogênicas (Cortes, 2011).

A exposição crônica ao boro causa efeitos neurológicos, danos nos rins, diarreia, anorexia, perda de peso e atrofia testicular. Também foram observados efeitos nos sistemas nervoso central, gastrointestinal, cardiovascular, fígado, rins, assim como dermatite, eritema e morte em crianças e adultos expostos a ≥ 84 mg de boro/kg (Uluisik, 2017).

2.1.1.5. Alumínio

O alumínio (Al) é um elemento onipresente na natureza. É o terceiro elemento mais comum na crosta terrestre e a exposição ambiental é inevitável (Zawilla, 2014). O

alumínio ocorre naturalmente em várias rochas minerais, tais como feldspatos, micas, criolite e bauxita (Riihimäki, 2012). Uma vez que o metal não tem função essencial no organismo de mamíferos, mas é tóxico em circunstâncias especiais, pode ser considerado um contaminante prejudicial para os seres humanos (Zawilla, 2014).

Os processos naturais representam a maior parte da redistribuição do alumínio no ambiente. A precipitação ácida mobiliza o alumínio a partir de fontes naturais, e as liberações antropogênicas diretas de compostos de alumínio associados aos processos industriais ocorrem principalmente no ar. Certas aplicações levam à presença de alumínio também em água potável e em alimentos (Yokel, 2011).

Devido suas propriedades físicas e químicas o alumínio ganhou grande importância industrial e comercial (Zawilla, 2014), pois além do uso na indústria, é utilizado ainda como produto farmacêutico, aditivo alimentar, em cosméticos e outros produtos domésticos (Krewski, 2011).

O alumínio e suas ligas com outros elementos (cobre, magnésio, manganês, silício e zinco) são utilizados em veículos, dispositivos elétricos e fiação, materiais de construção, embalagens e proteção contra corrosão de aço estrutural (Riihimäki, 2012). O pó de alumínio é utilizado em pigmentos, tintas (automotivas), propulsores de foguetes, explosivos e fogos de artifício (Riihimäki, 2012); enquanto os óxidos de alumínio são utilizados como aditivos alimentares e na fabricação, por exemplo, de abrasivos, refratários, cerâmicas, isoladores elétricos, catalisadores, papel, velas de ignição, lâmpadas, gemas artificiais, ligas, vidro e fibras resistentes ao calor (Krewski, 2011). O hidróxido de Al e o fosfato de Al são amplamente utilizados em fármacos antiácidos, aspirinas tamponadas e adjuvantes de vacinas. Alguns compostos de Al são usados como aditivos alimentares e vários sais de Al, tais como o Clorohidrato de Al, são utilizados como antitranspirantes (Riihimäki, 2012). Os minerais de alumínio na forma natural são a bentonite e o zeólito, ambos podem ser utilizados na purificação de água, refinamento de açúcar, fabricação de cerveja e em indústrias de papel (Krewski, 2011).

A exposição ocupacional ao Al ocorre durante o refino do metal primário e em indústrias secundárias que utilizam produtos com base no Al (Zawilla, 2014). Os compostos de Al ocorrem como partículas aéreas no ambiente de trabalho (Riihimäki, 2012), dessa forma, a inalação constitui a principal via de exposição ocupacional. Na ausência de exposição ocupacional, o alimento é a principal fonte de ingestão de alumínio, seguido da água potável. No entanto, o uso crônico de antiácidos, aspirinas tamponadas e outras preparações médicas provavelmente constituem a principal fonte de absorção devido a sua maior biodisponibilidade (Krewski, 2011).

O alumínio acumula-se no corpo quando os mecanismos gastrointestinais protetores não agem, a função renal está prejudicada ou a exposição é alta (Fewtrell, 2011). As manifestações clínicas reconhecidas da toxicidade do alumínio incluem demência, anemia e doença óssea (Fewtrell, 2011). Além disso, é um metal com propriedades neurotóxicas bem estabelecidas e pode estar vinculado a várias doenças neurodegenerativas, incluindo a doença de Alzheimer (AD). A possível relação entre Al e AD foi formulada com base em estudos epidemiológicos relacionados com o teor de Al de água potável com aumento da incidência de demência e AD. Um dos mecanismos associados com o efeito neurotóxico do alumínio é através da inibição de funções proteicas e atividades enzimáticas (Zawilla, 2014).

2.1.1.6. Chumbo

O chumbo é um metal pesado que ocorre naturalmente no ambiente sendo dentre os metais o mais presentes no ar e é muito utilizado pela indústria. Pode encontrar-se no ar, água, alimentos, solo e poeira, quer seja proveniente de fontes naturais ou antropogênicas (Dinis, 2011).

O chumbo pode ser encontrado em várias categorias de uso: baterias, aditivos para gasolina (já não utilizados em países desenvolvidos), produtos laminados, ligas e pigmentos. As fontes antropogênicas de chumbo mais significativas são: setor de energia, produção e processamento de metais, indústria de minério, indústria química, gerenciamento de resíduos e águas residuais, produção de papel e processamento de madeira, produtos de origem animal e vegetal de setor de alimentos e bebidas (Dinis, 2011). A exposição ao Pb, baixa ou moderada, também pode ocorrer na indústria do vidro. Os altos níveis de emissões atmosféricas podem poluir áreas perto de minas de chumbo e fundições. Esse metal transportado por via aérea pode ser depositado no solo e na água e atingir os seres humanos através da cadeia alimentar (Jarup, 2003)

Até 50% do Pb inorgânico inalado pode ser absorvido nos pulmões. Os adultos recebem de 10 a 15% de Pb através de alimentos, enquanto as crianças podem absorver até 50% através do trato gastrointestinal. A eliminação do chumbo é lenta e ocorre principalmente pela urina. Também pode se acumular no esqueleto, formando reservatório a partir do qual é liberado muito devagar. A meia vida do Pb no sangue é de aproximadamente 1 mês, já no esqueleto dura em cerca de 20 a 30 anos (Jarup, 2003). Os compostos orgânicos de chumbo são absorvidos pelo organismo atravessando as membranas celulares. Compostos como tetrametil e o tetraetil de chumbo penetram

facilmente na pele. Esses compostos também podem atravessar a barreira hematoencefálica em adultos levando a quadro de encefalopatia (Dinis, 2011), caracterizada por insônia e agitação (Jarup, 2003).

Os sintomas do envenenamento agudo por chumbo são dor de cabeça, irritabilidade, dor abdominal e vários sintomas relacionados ao sistema nervoso (Jarup, 2003). Além disso, a exposição aguda a altos níveis de chumbo pode causar vômitos, diarreia, convulsões, coma ou mesmo a morte (Dinis, 2011).

O envenenamento por chumbo também causa inibição da síntese de hemoglobina funcional, disfunções nos rins, articulações, sistema reprodutivo, sistema cardiovascular e danos agudos e crônicos ao sistema nervoso central (SNC) e ao sistema nervoso periférico (PNS). Outros efeitos incluem danos ao trato gastrointestinal (TGI) e ao trato urinário, resultando em urina sangrenta, transtorno neurológico e podem causar danos cerebrais graves e permanentes (Duruibe, 2007). Pessoas expostas ao chumbo durante períodos prolongados podem sofrer de deterioração da memória, tempo de reação prolongado e capacidade reduzida de interpretação (Jarup, 2003).

O chumbo possui efeito neurotóxico no desenvolvimento cerebral em doses elevadas. Vários estudos confirmaram que a exposição pré e pós-natal prejudica o desenvolvimento comportamental e cognitivo de crianças, mesmo em níveis baixos (Forns, 2014).

2.1.1.7. Lítio

O lítio, (Li), é um metal alcalino que pode ser encontrado em rochas, solo e água em diferentes concentrações (Harrai, 2012). O seu uso em fármacos, baterias e ligas metálicas aumentou dramaticamente ao longo da última década (Tkatcheva, 2015).

O lítio é bastante empregado no tratamento da doença bipolar, o que consiste em uma importante fonte de exposição ao metal (Harari, 2015). Verificou-se que o lítio regula negativamente a cascata do ácido araquidônico (AA), por se ligar ao receptor NMDA (N-metil-d-aspartato), um tipo específico de receptor de glutamato. Diante disso, o efeito neuroprotetor de Li ocorre ao reduzir os componentes da cascata AA (aumentada em pacientes com transtorno bipolar), que bloqueiam o receptor NMDA na membrana pós-sináptica no cérebro de ratos. Assim, a hipótese de cascata de AA foi proposta para explicar a ação de Li como bom estabilizador para pacientes com transtorno bipolar (Tkatcheva, 2015).

A população em geral também pode estar exposta ao lítio através da água potável, embora os dados sobre as concentrações sejam escassos, além disso, alguns alimentos como grãos e vegetais, em especial espinafres, parecem ter as maiores concentrações de lítio (0.5–4.6 ug/g) (Harari, 2012).

A exposição ao Lítio está associada ao aumento da tireotropina (TSH) e à diminuição dos níveis livres de tiroxina (T4). Um efeito adverso do lítio na tireoide pode ser mais crítico durante a gravidez, uma vez que a glândula tireoide está encarregada de produzir hormônios essenciais para o crescimento e desenvolvimento cognitivo pré e pós-natal. O hipotireoidismo, uma condição em que a glândula tireoide é incapaz de produzir hormônios tireoidianos suficientes, foi associado ao aumento do risco de hipertensão gestacional, desprendimento placentário, parto prematuro e perda fetal, bem como menor peso ao nascer, hipotireoidismo congênito e função neurológica prejudicada (Harari, 2015).

2.1.2. COMPOSTOS ORGÂNICOS

2.1.2.1. Benzeno

As indústrias de refinação de petróleo são a principal fonte de produtos químicos tóxicos, como benzeno, tolueno, óxido nítrico e monóxido de carbono (D'Andrea, 2013). A exposição a hidrocarbonetos na indústria de petróleo inclui a inalação de vapores e contato dérmico de petróleo bruto, produtos intermediários durante o refino e pelos produtos finais, tais como a gasolina (Raabe & Wong, 1996; D'Andrea, 2013). Outros locais em que os trabalhadores podem ser expostos em níveis potencialmente altos de benzeno são a indústria química, refinarias de petróleo, oleodutos, navios petroleiros, oficinas de reparo de automóveis e garagens de ônibus. As fontes naturais de benzeno incluem as emissões provenientes de incêndios. Adicionalmente, a exposição ao benzeno é comum devido à sua presença na matéria prima utilizada para fabricação de plásticos, resinas, fibras sintéticas, corantes, detergentes, drogas e pesticidas (Smith, 2010).

A exposição humana ao benzeno está associada a múltiplos efeitos adversos para a saúde, principalmente seus efeitos tóxicos nas células sanguíneas e medula óssea (Snyder, 2000). Foi observado que a exposição ao benzeno aumenta o risco de desenvolvimento do câncer, especificamente, leucemia, linfoma e aberrações cromossômicas (Micheli, 2014). Além disso, a exposição ao benzeno pode levar a vários efeitos respiratórios adversos, incluindo edema pulmonar, traqueíte granular aguda,

laringite, bronquite e hemorragia maciça. Os órgãos mais afetados são o fígado, rim e cérebro. Assim, as comunidades que vivem perto de refinarias de petróleo são potencialmente mais afetadas devido à maior probabilidade de exposição ao benzeno (D'Andrea, 2013).

A geração de radicais livres que levaram ao estresse oxidativo, à disfunção do sistema imunológico e à diminuição da vigilância imune foram descritas como os possíveis mecanismos subjacentes à toxicidade induzida pelo benzeno (Snyder, 2000). Acredita-se que os efeitos tóxicos do benzeno surjam dos seus metabolitos, tais como benzoquinona, fenol, hidroquinona e catecol (D'Andrea, 2013). De acordo com o mesmo autor, alguns estudos mostraram que a exposição ao benzeno pode levar a efeitos deletérios não apenas em indivíduos adultos, mas também em crianças. Em comparação com os adultos as crianças são mais sensíveis aos efeitos deletérios do benzeno visto que apresentam alguns sistemas não totalmente desenvolvidos como o sistema imune em que as altas taxas de infecção por agentes patogênicos respiratórios são constantes e consistem em um padrão para esse tipo de exposição.

2.1.2.2. Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos

Hidrocarbonetos policíclico aromáticos, (HPA), são definidos como um grupo de produtos químicos contendo 2 ou mais anéis de benzeno fundidos, sem formar heteroátomos (Odabasi, 2010). Os HPAs são emitidos por combustão incompleta da matéria orgânica natural como os incêndios florestais. No entanto, a maioria das emissões ocorre a partir de atividades antropogênicas, como aquecimento residencial, cozimento de alimentos, atividades industriais, emissões de veículos (especialmente motores diesel), assim como da fumaça de cigarro (Odabasi, 2010, Yu, 2015). De maneira geral, os HPAs estão entre os principais poluentes no ar urbano e são fonte de preocupação devido aos seus efeitos adversos na saúde humana, incluindo um alto potencial carcinogênico, teratogênico e mutagênico (Yu, 2015).

Além disso, atividades como o aquecimento de asfalto para facilitar seu uso em aplicações de pavimentação e em telhados produz vapores onde incluem os diidrocarbonetos policíclicos aromáticos de menor peso molecular na faixa de 3-7 anéis contendo oxigênio, porções de enxofre e nitrogênio em concentrações comparativamente baixas. Esses vapores podem ser inalados ou suas moléculas depositadas na pele ou nas roupas (Binet, 2002; Schreiner, 2011). Assim como ocorre durante o processo de

aquecimento de asfaltos, a fabricação de celulose e produtos derivados também está envolvida com a liberação de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (Andersson, 2013).

Os HPAs são absorvidos no corpo humano através da dieta e inalação (Yu, 2015). Além da inalação, está bem estabelecido que, em fumantes, quantidades consideravelmente maiores de HPAs são ingeridas nos pulmões e também pelo trato gastrointestinal (Moorthy, 2015). Em geral, os HPAs são compostos lipofílicos que podem atravessar facilmente membranas celulares através da difusão passiva após inalação. As moléculas parentais de HPA que entram em células pulmonares são consideradas pró-carcinógenos porque não induzem diretamente dano ao DNA. Em vez disso, é a transformação de uma única molécula de HPA em seus metabolitos cancerígenos que contribuem para a etiologia do câncer. Em geral, os HPAs são metabolizados por CYPs e outras enzimas metabólicas em fenóis, catecois e quinonas, resultando na formação de dióxido de epóxidos, cations radicais ou o-quinonas reativas e quinonas-redox-ativas, que podem reagir com o DNA para produzir adutos de DNA. A formação de adutos de DNA pode causar desajuste na replicação ou transcrição do DNA, uma metilação alterada de genes promotores podendo promover uma mutação hereditária no DNA ou levar a uma expressão anormal de gene e, em última instância a promoção de tumores (Moorthy, 2015).

2.1.2.3. Cloreto de vinil

O cloreto de vinil (VC) é produzido comercialmente desde a década de 1920 (Clewell, 2001), historicamente, foi utilizado como agente refrigerante, solvente de extração, propulsor de aerossol e até mesmo como ingrediente em produtos farmacêuticos e cosméticos. No entanto, quando ficou evidente que o cloreto de vinil apresentava características carcinogênicas tanto em animais quanto em humanos, esse produto teve seu uso interrompido (Clewell, 2001). Atualmente, o gás é amplamente utilizado na produção de plásticos de cloreto de polivinil (PVC) aplicados na fabricação de uma grande variedade de materiais e móveis, embalagens, cabos de isolamento de fio elétrico, indústrias de transporte, equipamentos industriais e domésticos e produtos médicos (Bolognesi, 2017).

Recentemente o VC foi identificado como um produto de degradação de solventes clorados, presente no aterro sanitário e, portanto, constituindo um potente carcinógeno ambiental (Guido, 2016). Um exemplo é a produção de VC a partir da biodegradação de tricloroetileno por bactérias no solo. Diante disso, os derramamentos anteriores de

tricloroetileno podem levar a exposições atuais ou futuras da população ao VC na água potável ou em outros extratos ambientais (Clewell, 2001).

O VC foi avaliado pelo IARC e classificado como pertencente ao grupo 1, "Cancerígeno para os seres humanos", com base no aumento do risco de angiossarcoma do fígado e câncer hepatocelular (HCC), (Bolognesi, 2017). O angiossarcoma do fígado (ASL) é uma neoplasia rara gerada a partir da transformação maligna de células endoteliais, sendo que o fator de risco conhecido mais relevante é a exposição ocupacional ao cloreto de vinil (Guido, 2016). Dados compilados por Clewell e colaboradores (2001), indicam que o surgimento de angiossarcoma hepatocelular ocorre raramente em animais que não foram expostos ao cloreto de vinil, o que corrobora o importante papel do gás na etiologia desse tipo de sarcoma.

Há uma forte indicação de que a carcinogenicidade do VC é mediada por mecanismo genotóxico pela indução de mutações genéticas, aumento de aberrações cromossômicas e formação de micronúcleos tanto em modelos *in vitro* como *in vivo* (Bolognesi, 2017). Segundo o mesmo autor, após a exposição por inalação, o composto é metabolizado principalmente no fígado, onde é convertido em moléculas intermediárias eletrofílicas, tais como o óxido de cloroetileno e o cloroacetaldeído, as quais podem reagir com bases de DNA para formar adutos principais: 7- (2-oxoetil)- guanina e quatro adutos cíclicos de eteno, responsáveis pela ocorrência de mutações pontuais específicas nos genes p53 e K-ras detectados em tumores de fígado tanto em ratos quanto em humanos. Os adutos de etenos são altamente persistentes e podem levar a erros durante a transcrição (Clewell, 2001).

O aumento nas taxas de mortalidade por câncer associado à exposição ao VC também foi relatado para cérebro, pulmão e sistema hematopoiético (Clewell, 2001), bem como para outros tecidos, como tecido conjuntivo (Grosse, 2008), mas várias análises concluíram que os angiossarcomas hepáticos mostram a mais clara evidência de associação causal e também demonstram o maior risco relativo (Clewell, 2001). Foi observado que as maiores taxas de mortalidade fetal são relatadas entre as esposas de homens expostos ao monômero de cloreto de vinil. Assim como elevadas taxas de defeitos congênitos foram encontradas em comunidades próximas a fábricas de polímeros de cloreto de vinil (Lindbohm, 1985)

Uma preocupação com relação ao potencial carcinogênico do cloreto de vinil se deve ao fato de que apesar da maioria dos casos estarem associadas a elevadas exposições ao gás, principalmente no ambiente de trabalho, não existem dados que

assegurem que a absorção de baixas concentrações não sejam igualmente prejudiciais e elevem o risco do surgimento de câncer em populações humanas (Bolognesi, 2017).

2.1.2.4. Estireno

O estireno (vinilbenzeno) foi descoberto por Bonastre em 1827, durante experimentos com extratos de álcool de bálsamo de Storax. É um dos mais importantes compostos orgânicos, se trata de um líquido incolor a amarelado e viscoso com um odor distinto, suave e pungente (Rueff, 2009).

O estireno é principalmente utilizado como um precursor químico na produção de poliestireno e vários outros copolímeros, os quais são extensivamente empregados na produção de borracha sintética, plástico, isolamento, fibra de vidro, componentes de automóveis, embalagens de alimentos e tintas de látex (Rueff, 2009; Carbonari, 2015; Costa, 2016; Díaz, 2017). Além disso, é um contaminante presente em alimentos, na fumaça de cigarro e em emissões de motores veiculares (Díaz, 2017). Por outro lado, o estireno ocorre também naturalmente em alguns alimentos (por exemplo, morangos, trigo, amendoim, carne e especiarias), e é produzido naturalmente como um metabolito nos processos de fabricação de alguns alimentos (por exemplo, vinho, cerveja, grãos e queijos). Além do estireno de ocorrência natural, os alimentos processados e embalados podem conter pequenas quantidades de estireno que se desprendem da embalagem e se depositam no alimento (Rueff, 2009).

No entanto, o nível mais alto de exposição humana ocorre em situações ocupacionais durante a síntese industrial e fabricação de produtos contendo estireno (Costa, 2016). De acordo com a literatura, os mais expostos são os trabalhadores da indústria de plásticos reforçados e, em menor escala, os trabalhadores da indústria da borracha de estireno e butadieno. Nesses termos, a absorção de estireno ocorre principalmente por inalação e, em menor grau, por contato com a pele (Rueff, 2009). Embora a exposição ambiental geralmente ocorra em níveis muito mais baixos do que a exposição ocupacional, a população em geral é exposta através da fumaça de cigarro, escape de veículos motorizados (Díaz, 2017), e tapetes recém instalados contendo adesivo de borracha de estireno (Costa, 2016).

Em humanos, a via de desintoxicação do estireno é iniciada pela oxidação mediada pelo citocromo P-450 (ou CYP-450) bioativando uma molécula de alta reatividade e eletrofílica, o óxido de 7,8-estireno (SO) que é considerado diretamente responsável pelo efeito genotóxico (Carbonari, 2015), uma vez que é capaz de se unir covalentemente às macro-moléculas, tais como DNA (Costa, 2016). Há evidências, principalmente de

estudos envolvendo trabalhadores de fábricas de plásticos reforçados, tanto na Europa quanto nos EUA, ligando a exposição ao estireno a uma frequência crescente de cânceres linfomatomatóicos, esofágicos e pancreáticos (Costa, 2016).

Além do efeito carcinogênico, o estireno também está associado a efeitos negativos sob o sistema nervoso central, os sintomas incluem sonolência, fotosensibilidade, tontura, dor de cabeça, cansaço e distúrbios de equilíbrio. Esses efeitos geralmente foram relatados em trabalhadores de fábricas de plástico reforçado expostos a concentrações aéreas acima de 100 ppm. Estudos toxicológicos identificaram outros efeitos neurotóxicos do estireno, incluindo a interrupção das funções dopaminérgicas do cérebro, além de mudanças na resposta intraventricular e no teste de desempenho comportamental (Rueff, 2009).

Não existem dados consistentes que indiquem que o estireno esteja associado a danos reprodutivos ou do desenvolvimento (Rueff, 2009), no entanto, um estudo realizado na Finlândia sugeriu que mulheres empregadas na indústria de plásticos, especialmente no processamento de estireno, tiveram mais abortos espontâneos hospitalizados em comparação com as demais mulheres finlandesas (Lindbohm, 1985).

2.1.2.5. Bisfenol-a

O Bisfenol-A (BPA) é um composto orgânico que pertence ao grupo dos fenóis. É produzido sinteticamente pela reação de fenol com a acetona na presença de uma resina de troca iônica fortemente ácida como catalisador (Mikołajewska, 2015). É um dos compostos químicos de maior produção em todo o mundo, tal produção gira em torno de 6 bilhões de libras ao ano (Hill, 2007). BPA é utilizado na produção de plásticos de policarbonato, resinas epóxi usadas para alinhar latas metálicas e em muitos produtos plásticos de consumo, incluindo brinquedos, canos de água, lentes de óculos, equipamentos de segurança esportiva, monômeros dentários, equipamentos e tubulações médicas, assim como em aparelhos eletrônicos de consumo doméstico (Vandenberg, 2007). Esses compostos são utilizados, *inter alia*, na fabricação de produtos que entram em contato com alimentos (garrafas reutilizáveis, incluindo garrafas de bebê, recipientes para bebidas e alimentos). Além disso, é registrado que a exposição pode ocorrer também através do ar pela inalação (Mikołajewska, 2015).

A exposição humana ocorre principalmente através da via oral, uma vez que o Bisfenol-A pode se desprender a partir das embalagens de alimentos ou bebidas e então ser ingerido. Embora a exposição transdérmica ao tomar banho em água contaminada

com BPA seja também uma rota possível, assim como a exposição por inalação; estas duas últimas rotas de exposição não estão sujeitas ao efeito de primeira passagem como observado na ingestão oral (Vandenberg, 2007).

O Bisfenol-A exibe atividade de desregulação endócrina por se ligar aos receptores de estrogênio, no entanto são observadas outras alterações na síntese de hormônios endógenos, alteração no metabolismo hormonal e nas concentrações de hormônios no sangue. O BPA também resulta em alterações nas enzimas teciduais e nos receptores hormonais, além de interagir com outros sistemas de resposta hormonal, como os sistemas de sinalização dos andrógenos e hormônios da tireóide (Hill, 2007). Embora o BPA tenha sido inicialmente considerado um estrógeno "fraco" com base em uma menor afinidade para o receptor alfa de estrogênio em relação ao estradiol, dados mostram que o BPA é equipotente com o estradiol em sua capacidade de ativar as respostas através de receptores de estrogênio descobertos recentemente e associados com a membrana celular. É por meio desses receptores que o BPA estimula respostas fisiológicas rápidas em baixíssimas concentrações (na faixa de partes por trilhão), (Vandenberg, 2007). A exposição ao BPA aumenta a suscetibilidade a eventos carcinogênicos, e é possível que exposições a baixas concentrações deste desregulador endócrino possam atuar como iniciadores que exigem eventos de promoção subsequentes para induzir a carcinogênese (Keri, 2007).

Estudos de vários países relatam aumentos nas taxas de diabetes mellitus gestacional (GDM) nas últimas décadas. As causas das taxas crescentes de GDM são provavelmente multifatoriais, no entanto, a exposição a produtos químicos presentes no ambiente pode ser parcialmente responsável por essa tendência. Pesquisas tanto com animais quanto com humanos relacionaram produtos químicos que desregulam o sistema endócrino (EDCs) na etiologia da obesidade e diabetes, demonstrando indícios de associação entre a exposição ao Bisfenol-A (BPA) e diabetes (Shapiro, 2015). Os níveis de BPA no sangue têm sido associados a uma variedade de condições em mulheres, além da obesidade, tais como hiperplasia do endométrio, abortos espontâneos recorrentes, cariótipos anormais e síndrome do ovário policístico (Vandenberg, 2007).

2.1.2.6. Corantes têxteis

Os corantes sintéticos são amplamente utilizados no tingimento têxtil, impressão de papel, impressão de fotografias, em produtos farmacêuticos, em alimentos, em cosméticos e em produtos petrolíferos (Oliveira, 2010). Mais de 800.000 toneladas de

corantes são produzidas anualmente no mundo e entre 60-70% dessa produção corresponde a corantes membros do grupo azo (Chequer, 2009). Tais moléculas são definidas pela presença do grupo funcional “R-N=N-R”, são de grande preocupação devido ao seu potencial para formar produtos aromáticos tóxicos, com propriedades cancerígenas e mutagênicas, e devido à baixa taxa de remoção desses corantes dos afluentes tanto durante tratamentos primários quanto secundários (Oliveira, 2010). O grupo azo corante inclui uma família muito importante de corantes hidrofóbicos conhecidos como “corantes dispersos” (Moreau, 2016), reconhecidos por ser altamente resistentes à degradação natural e ao desbotamento (Fernandes, 2015). Para aplicação industrial, os corantes azo dispersos são frequentemente utilizados como produtos comerciais que contêm corantes subsidiários que surgem do método de síntese e também auxiliares químicos tais como agentes dispersantes para melhorar a solubilidade em água e a transferência de cor (Inforçato, 2013).

Os azo corantes foram identificados como contaminantes aquáticos na última década (Moreau, 2016), devido ao tratamento convencional de águas residuais, que envolvem lagoas aeróbicas ou lodo ativado, não serem eficientes na remoção ou degradação biológica dessas moléculas, elas são encontrados em efluentes brutos, efluentes tratados e no ambiente aquático adjacente (Inforçato, 2013). De acordo com o mesmo autor, uma das estratégias utilizadas para o tratamento biológico de efluentes é a desinfecção por cloração, método no qual cloro é utilizado para remoção de patógenos. Verificou-se, no entanto, que a cloração de águas residuais contendo corantes pode gerar a formação de compostos genotóxicos conhecidos como fenil benzotriazol.

Esses compostos são capazes de induzir vários efeitos tóxicos, tais como genotoxicidade, mutagenicidade, citotoxicidade e carcinogenicidade (Fernandes, 2015). A toxicidade aguda dos compostos azo geralmente é baixa, mas alguns corantes têm sido associados à indução de câncer de bexiga em humanos e de sarcomas esplênicos, hepatocarcinomas e anomalias nucleares em animais experimentais (Chequer, 2009). Sabe-se que a atividade mutagênica dos azo corantes depende fortemente de sua estrutura química e, portanto, as respostas mutagênicas para esses compostos não podem ser generalizadas para todo o grupo e cada corante deve ser estudado individualmente (Chequer, 2009; Oliveira, 2010).

A literatura mostra que a exposição de linfócitos humanos e células do hepatoma humano (HepG2) in vitro em concentrações de 1,0 e 2,0 g/mL aumenta a frequência de micronúcleos e também provoca mutações no ensaio de Salmonella (13 revertants/g). A toxicidade elevada também foi detectada em microcrustáceos como a *Daphnia similis*

(EC50: 127 g/L) e em *Giardia tigrina* (DR1 1 mg/L). No que se refere aos relatórios sobre a toxicidade reprodutiva de corantes, o corante tailandês azo Congo Vermelho (1 g/kg/dia) foi tóxico para camundongos machos e fêmeas. Após exposição pré-natal a este corante (0,5 g/kg/dia), também induziu danos nas gônadas, reduzindo a fertilidade em ratos fêmeas (Fernandes, 2015).

2.1.2.7. Formaldeído

O formaldeído (FA) é um gás incolor, altamente solúvel em água e irritante em sua forma pura (Ramos, 2017). É um composto contaminante muito encontrado no ambiente devido ao seu amplo uso em indústrias como a produção de materiais de construção, têxteis, esterilização de produtos, plásticos e cosméticos (Maiellaro, 2014; Huang, 2017; Ramos, 2017). O FA também pode ser encontrado na fumaça do cigarro, em emissões de automóveis, óleo combustível e gás natural, contribuindo para o seu aumento na poluição do ar (Ramos, 2017). É produzido de forma endógena pelo metabolismo de L-metionina, histamina, metanol e metil-alanina, sendo um intermediário chave para a biossíntese de purinas e outros aminoácidos (Ramos, 2017). A exposição ao FA é cada vez mais comum, seja por condições ambientais ou laboratoriais, onde profissionais e/ou estudantes no campo médico estão constantemente expostos (Ramos, 2017), uma vez que a formalina é utilizada na fixação de espécimes cadavéricos, o que acarreta na exposição ao formaldeído, durante os procedimentos de preservação e dissecação em laboratórios de anatomia (Haffner, 2015). Outras fontes de FA são sistemas de aquecimento e uso de fogões não elétricos, assim como algumas práticas domésticas, como o uso de purificadores de ar, perfumes, esmaltes de unhas e velas (Amiri, 2015).

A taxa de emissão de formaldeído dos materiais de construção depende de parâmetros característicos de cada material, os quais são influenciados pela temperatura e umidade do ar circundante. Estudos experimentais e teóricos mostraram que a taxa de emissão de formaldeído está positivamente correlacionada à temperatura e à umidade, enquanto que a concentração de formaldeído está negativamente correlacionada com as taxas de ventilação (Huang, 2017). A exposição humana ao formaldeído pode ocorrer por inalação, ingestão e absorção dérmica (Xiong, 2016), no entanto pode acontecer principalmente através das vias respiratórias e gastrointestinais (Amiri, 2015). A transferência de mãe para o feto ocorre através da circulação placentária, porém a eliminação de FA dos tecidos fetais ocorre mais lentamente do que dos tecidos maternos

(Amiri, 2015). A exposição ao formaldeído durante a gravidez está associada a riscos de malformações ao nascimento ou até abortos espontâneos (Haffner, 2015).

Em 2006, a Agência Internacional de Pesquisa sobre o Câncer (IARC) descreveu o FA como um carcinógeno. Além disso, vários estudos mostraram que a exposição crônica ao FA também pode resultar em irritação sensorial, salivação, dispnéia, dor de cabeça, insônia, convulsões e distúrbios neurodegenerativos (Ramos, 2017). A toxicidade causada pela exposição ao FA pelo metabolismo aeróbio e pela inflamação pode levar à produção e à liberação de espécies reativas de oxigênio (ROS). Em baixas concentrações, as ROS possuem funções fisiológicas em processos celulares, mas em grandes quantidades, podem causar alterações adversas nos componentes celulares, incluindo proteínas, lipídios e ácido desoxirribonucleico (DNA) (Maiellaro, 2014; Ramos, 2017), levando ao aumento da geração de mediadores pró-inflamatórios. As ROS são, portanto, potentes modificadores genéticos que interagem diretamente com pares de bases do DNA, causando alterações genéticas e epigenéticas (Maiellaro, 2014). Estudos têm demonstrado que uma exposição prolongada ao FA pode resultar na degeneração e na necrose do túbulo proximal no rim e, conseqüentemente, efeitos renais severos. Além disso, a exposição a FA induz uma série de condições fisiopatológicas, incluindo doenças inflamatórias, interferindo na concentração de células T CD3 +, células *natural killer* (TN), TNF, IL-6 e IL1-b.

2.1.2.8. Nanopartículas

Os nanomateriais são definidos como materiais com estrutura físico-química em uma escala maior do que a típica combinação das dimensões atômica/molecular, mas com dimensão inferior a 100 nm (nanoestrutura) e incluem nanopartículas fabricadas, partículas ultrafinas ambientais e nanopartículas biológicas (Ema, 2010). Os nanomateriais fabricados são projetados e produzidos para ter essa característica de pelo menos uma dimensão medindo 100 nanômetros ou menos. Tais materiais possuem tipicamente propriedades dependentes de nanoestruturas (por exemplo, químicas, mecânicas, eletrônicas, ópticas, magnéticas, biológicas), o que as torna desejáveis para aplicações comerciais ou médicas (Oberdörster, 2005).

Os seres humanos foram expostos às nanopartículas aéreas durante a evolução, mas a exposição aumentou dramaticamente devido a fatores antropogênicos, incluindo motores de combustão, usinas de energia e outras fontes de termodegradação (Ema, 2010). Entre as nanopartículas de ocorrência natural, por exemplo, estão a ferritina, uma

proteína que possui função no corpo humano atuando como depósito de ferro, o fulereno que é gerado naturalmente a partir de processos de combustão como incêndios florestais e atividade vulcânica (Oberdörster, 2005). O campo de desenvolvimento rápido da nanotecnologia provavelmente se tornará mais uma fonte de exposição humana a nanopartículas desenvolvidas (NSPs), por diferentes rotas: inalação (trato respiratório), ingestão [Trato gastrointestinal (GI)], dérmica (pele) e injeção (circulação sanguínea), (Oberdörster, 2005).

Espera-se que haja um aumento significativo nos níveis de nanopartículas presentes no ambiente devido ao seu emprego em diferentes aplicações industriais ou até mesmo em produtos de uso doméstico. Entre as possíveis rotas de contaminação ambiental estão os efluentes de fabricação ou o possível derramamento durante o transporte e manuseio. Os nanomateriais também estão sendo usados em produtos de cuidado pessoal tais como cosméticos e protetores solares e podem atingir o ambiente de forma contínua. Essas substâncias estão sendo usadas também em produtos eletrônicos, pneus, células de combustível e muitos outros produtos, e não se sabe se alguns desses materiais podem se desprender devido ao desgaste decorrente do uso. Assim como podem ser usados em materiais descartáveis, como filtros e eletrônicos e, portanto, podem alcançar o ambiente natural através de aterros sanitários e outros métodos de descarte (Oberdörster, 2005).

Os nanomateriais apresentam um aumento na taxa de área de superfície com relação a massa, o que aumenta significativamente a sua atividade biológica, como por exemplo uma maior reatividade química/catalítica em comparação com as formas de tamanho normal da mesma substância (Ema, 2010). Esse aumento da atividade biológica pode ser positivo e desejável; por exemplo, atividade antioxidante, capacidade carreadora de terapêuticos, penetração de barreira celular para a entrega de medicamentos; e negativa e indesejável, por exemplo, toxicidade, indução de estresse oxidativo ou de disfunção celular; ou ainda uma mistura de ambos. Não só os efeitos adversos podem ser induzidos, mas as interações de NSPs com células e estruturas subcelulares e suas biocinéticas podem ser muito diferentes daquelas causadas por partículas de tamanho maior (Oberdörster, 2005).

Apesar da crescente preocupação com o possível risco de exposição aos nanomateriais, há uma grande falta de informação sobre seu potencial tóxico. Já foi relatado que as nanopartículas podem atravessar membranas biológicas, aumentando os temores de que podem afetar a fisiologia de qualquer célula do corpo. A possibilidade de que produtos químicos entrem em sistemas biológicos é uma grande preocupação para o

público, uma vez que efeitos relacionados aos eventos reprodutivos e no desenvolvimento que os nanomateriais fabricados podem causar são ainda desconhecidos (Ema, 2010). Tem-se observado que em muitos casos as nanopartículas (NPs) são absorvidas por células e induzem a produção de citocinas pró-inflamatórias e provavelmente podem ter efeitos imunomoduladores no organismo exposto (Adamcakova-Dodd, 2015). Segundo o mesmo autor, o aumento da inflamação durante a gravidez, incluindo a produção de um número elevado de citocinas pró-inflamatórias, pode influenciar negativamente o desenvolvimento fetal normal (Adamcakova-Dodd, 2015).

3. METODOLOGIA

3.1 DELINEAMENTO DA REGIÃO DE ESTUDO

3.1.1 Município de Araucária

Integrada à Região Metropolitana de Curitiba – RMC, no primeiro planalto paranaense, o município de Araucária ocupa uma área de 471,337km², situa-se a 897m do nível do mar e está localizada a uma Latitude 25 ° 35 ' 35 " S e Longitude 49 ° 24 ' 37 " W (IPARDES, 2017) (Figuras 1 e 3). O município conta com uma população estimada de 137.452 pessoas para o ano de 2017 (IBGE, 2017), faz parte do centro mais ativo e desenvolvido do Estado, com área de influência em crescente expansão e destaque na Região Sul do País. Situado às margens do Rio Iguaçu, é cortada pela BR-476 – Rodovia do Xisto, via de interligação da Região Sudoeste do País. Está a 27 km do centro de Curitiba e teve como origem a concentração de imigrantes eslavos, voltados inicialmente para a agricultura pelas condições propícias de clima e solo, com o cultivo de culturas como o trigo, milho, batata, hortaliças, fruticultura e avicultura (Governo do Estado do Paraná, 2017).



FIGURA 1: Localização do Município de Araucária no Estado do Paraná.
FONTE: IPARDES, 2017

3.1.2 Município de Curitiba - Cidade Industrial (CIC)

Criada em 1973, como resultado do convênio entre a URBS e o governo do Estado do Paraná, a CIC inicia-se na BR-116, em Tatuquara, continua pelo Rio Barigui até a divisa entre Curitiba e o município de Araucária, passa pela estrada velha do Barigui, ao norte até a rua Raul Pompéia, Pedro Cruzeta, BR-227, João Falarz, passa pelo loteamento Domingos Zanlorenzi e planta Campo Comprido, contornando a oeste e seguindo ao sul pelo rio Barigui até os loteamentos Francisco Klentz, Santa Amélia e Santa Ana, continua até o Cemitério Jardim da Saudade, na Rua João Bettega, passa pela Rua General Potiguara até a Rua Pedro Gusso e segue novamente para a BR-116 (SESIPR, 2017). Segundo o censo de 2010 do IBGE, a região possui população estimada de 172.822 habitantes, ocupa uma área de 434,67 km² e possui uma densidade demográfica 40,30 hab/ha (Figuras 2 e 3).



FIGURA 2: Localização da Cidade Industrial de Curitiba (CIC)
FONTE: IPPUC, 2015

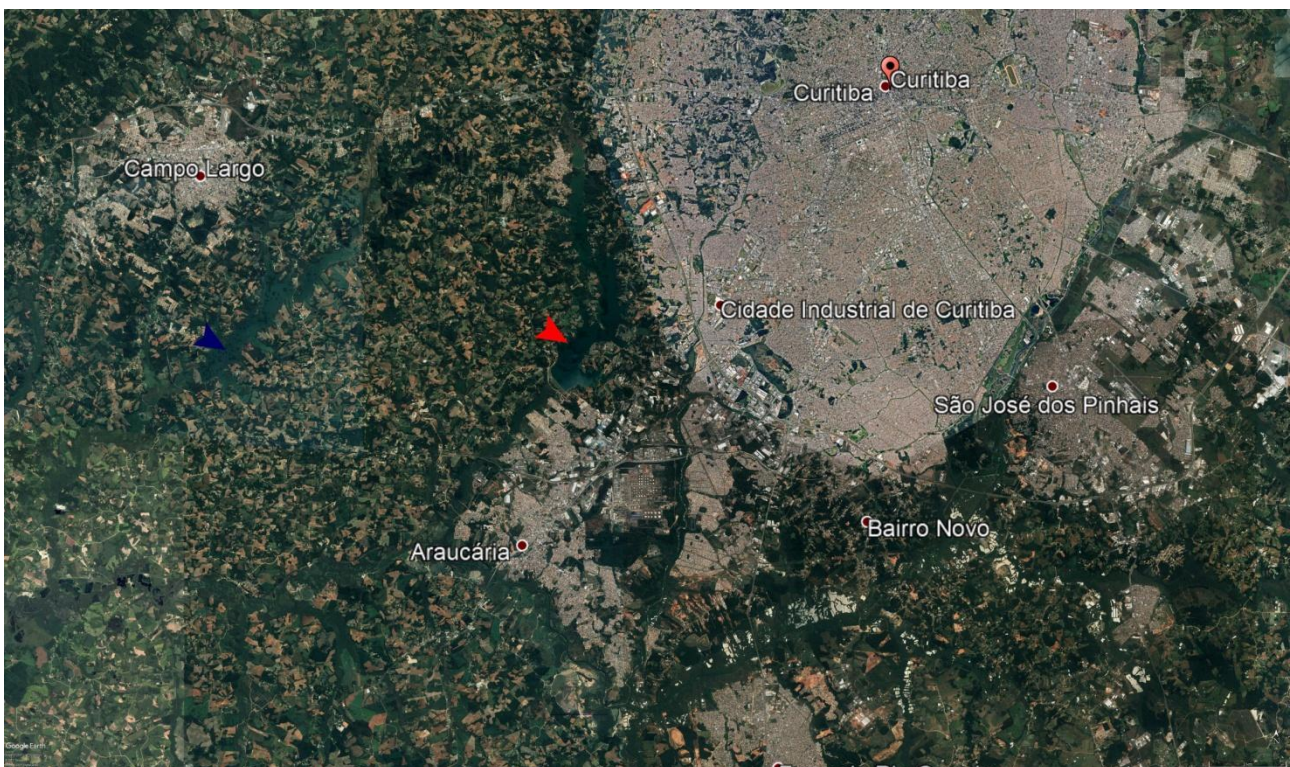


FIGURA 3: Localização do Município de Araucária e da Cidade Industrial de Curitiba, com destaque para o reservatório do Rio Passaúna (seta vermelha) e para o reservatório do Rio Verde (seta azul).
FONTE: O Autor (2017), com base no *Google Earth*.

3.1. LEVANTAMENTO DAS INDÚSTRIAS SEDIADAS NO MUNICÍPIO DE ARAUCÁRIA E CIC

Primeiramente foi realizado um levantamento dos tipos de industriais sediados no município de Araucária e CIC as quais serão classificadas em classes dentro das suas especificidades. Para isso foram utilizados mecanismos de busca, tal como o Google, Federação das Indústrias do Estado do Paraná - FIEP, além de sites do Município, e sites em portfólios das próprias empresas. Após a triagem inicial, o site de cada empresa foi verificado para averiguar qual o tipo de produção que é executada e, conseqüentemente, os tipos de resíduos ou rejeitos liberados. Nesta busca, foi verificado se há algum tipo de tratamento desses despejos.

3.2. DADOS SOBRE OS COMPOSTOS QUÍMICOS

Após ter sido realizado o levantamento das indústrias e classificadas as principais classes de rejeitos, estes foram utilizados para guiar a pesquisa em sites como o *Pubmed*, *Science Direct*, *Research Gate* e Google acadêmico. Desta forma, foram levantados dados de biodisponibilidade, dispersão e persistência no ambiente desses produtos. Na sequência estudos epidemiológicos relacionados com as principais classes de poluentes da região foram levantados, com o intuito de subsidiar uma discussão quanto aos poluentes associados e o potencial risco de exposição para as populações humanas. Para isso foi considerada tanto a exposição ocupacional quanto ambiental com base no local de residência e sua proximidade com as indústrias.

Nesta fase as principais palavras-chave utilizadas para as buscas nas bases de dados foram: estudos epidemiológicos, exposição ambiental, exposição ocupacional.

3.3. LEVANTAMENTO DAS POLÍTICAS PREVISTAS NA LEGISLAÇÃO VIGENTE NACIONAL E INTERNACIONAL

Foi realizado um levantamento da legislação que regulamenta a emissão de poluentes tanto atmosféricos quanto hídricos, bem como os respectivos limites considerados aceitáveis para exposição humana. No Brasil, a consulta foi conduzida nos arquivos digitais de resoluções estabelecidas pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA e Agencia Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA. Para fins de comparação, também foram consultadas as legislações estabelecidas nos Estados Unidos, pela

Agencia de Proteção Ambiental (Environmental Protection Agency – EPA), assim como dados da Organização Mundial da Saúde – OMS.

3.4. LEVANTAMENTO DA QUALIDADE DO AR E DA ÁGUA NA REGIÃO EM ESTUDO

Foi realizada uma consulta nos relatórios emitidos pelo Instituto Ambiental do Paraná – IAP, bem como na literatura, para definir os níveis de qualidade do ar e da água na região. Como a qualidade da água é um dos fatores determinantes neste tipo de estudos, foram buscados dados também dados disponíveis pela Companhia de Saneamento do Estado do Paraná - SANEPAR e estudos de pesquisa realizados nos reservatórios que abastecem a região estudada. Estes dados foram considerados também na avaliação de relação de incidência de alterações como mencionado anteriormente.

3.5. AVALIAÇÃO DOS DADOS

Os dados obtidos com os levantamentos acima mencionados foram confrontados com aqueles encontrados na literatura, com o objetivo de promover uma discussão sobre o potencial risco de exposição das populações humanas residentes nas regiões de Curitiba e Araucária. Com o intuito de estabelecer um padrão, foram considerados entre os resultados de qualidade do ar, os principais componentes encontrados pelo IAP e relacionados com dados de pluviosidade e dispersão bem como velocidade e direção do vento. Os dados relacionados com a exposição através da água também têm como base os resultados de monitoramento realizados pelo IAP e Sanepar, além de informações obtidas com estudos científicos publicados para os reservatórios de água que abastecem a região considerada para o estudo.

Além disso, a localização das indústrias bem como o tipo de rejeito produzido e a proximidade com áreas críticas como os reservatórios de abastecimento de água, e as áreas residenciais, serão considerados no estudo como uma forma de exposição tanto atmosférica como hídrica.

4. RESULTADOS

4.1 LEVANTAMENTO DAS INDÚSTRIAS

“A indústria paranaense atualmente conta com 56,4 mil estabelecimentos, representando o quarto maior parque industrial do país, considerando somente esse quesito. Entre 2007 e 2014, o número de estabelecimentos cresceu significativamente, colocando o desempenho paranaense em patamar superior à média nacional. As mesorregiões que mais contribuíram para essa dinâmica foram a Centro-Occidental, com crescimento de 95,1% no período, e a Oeste, com 79,4%. A análise por porte dos estabelecimentos indica expressiva participação das microempresas (87,8%), seguidas por pequenas empresas (10,0%). A união desses dois extratos mostra que 97,8% dos estabelecimentos industriais paranaenses empregam até 99 trabalhadores” (FIEP, 2016, p.12). Tais números chamam atenção com relação ao potencial de emissões de poluentes no estado, devido a isso, o controle e o levantamento das fontes emissoras é fundamental para que se reduza os riscos de exposição para a população. Sendo assim, o automonitoramento das emissões atmosféricas passou a ser obrigatório no Paraná, a partir da publicação da Lei Estadual N° 13.806/02 e está regulamentado pela Resolução SEMA N° 054/06. As atividades potencialmente poluidoras terão que atender aos padrões estaduais de emissão, realizar e informar periodicamente ao IAP suas medições (IAP, 2013).

Segundo o relatório de qualidade do ar emitido pelo IAP no ano de 2013, o procedimento de automonitoramento realizado pelas indústrias está em execução e alimenta um banco de informações sobre as emissões das fontes fixas, contando naquele ano, com 1.392 empresas cadastradas, distribuídas no Estado do Paraná, conforme mostra a Figura 4.

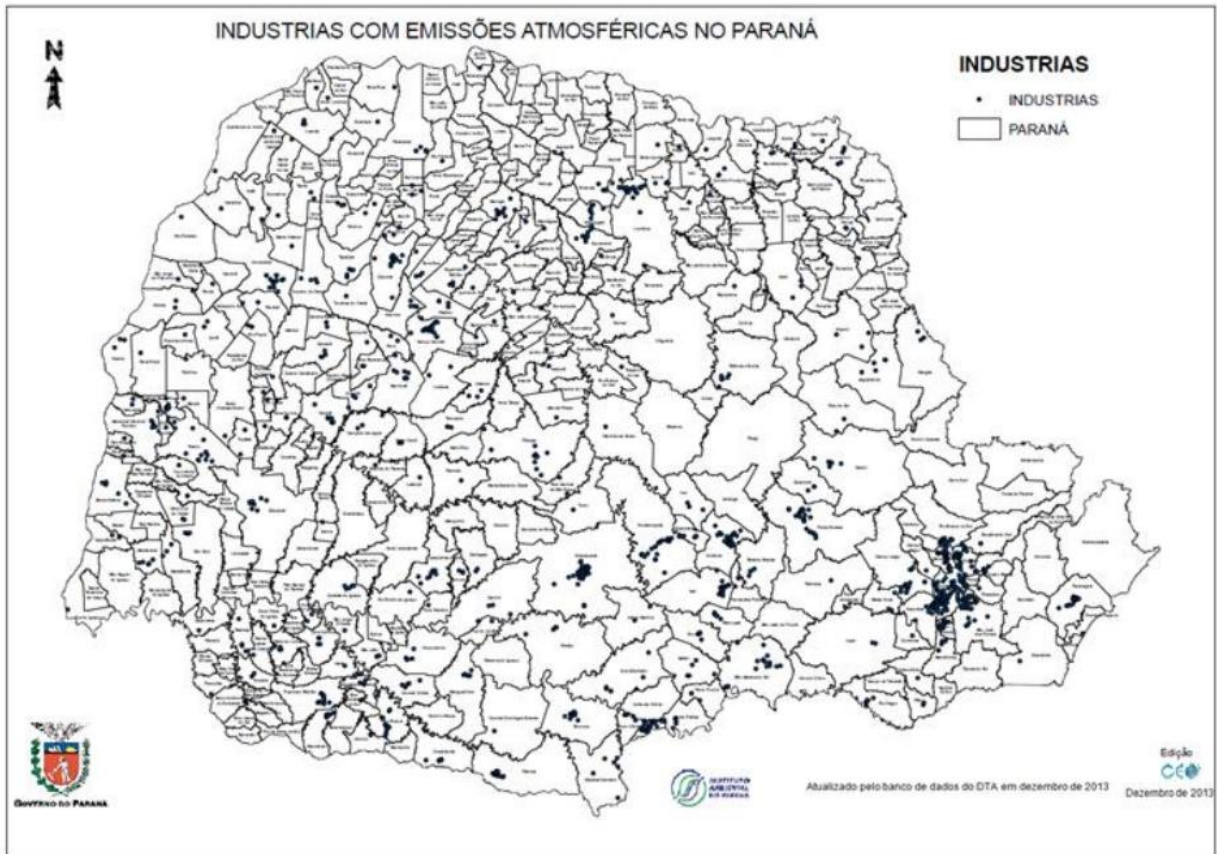


FIGURA 4: Localização das indústrias com emissões atmosféricas cadastradas no estado do Paraná
 FONTE: IAP, 2013

Observando a Figura 4, é evidente a concentração das indústrias na região metropolitana de Curitiba, onde se destacam a participação do Município de Araucária e a CIC (Figura 5). Considerando essas regiões de estudo, tanto o Município de Araucária quanto a CIC representam um importante núcleo dentro do polo industrial do estado, concentrando um grande número de indústrias pertencentes a diversos setores, as tabelas 1 e 2 representam as indústrias presentes no município de Araucária e na cidade de Curitiba no ano de 2017, respectivamente.

ATIVIDADES ECONÔMICAS (SETORES E SUBSETORES DO IBGE(1))	ESTABELECIMENTOS
INDÚSTRIA	443
- Extração de minerais	11
- Transformação	425
- Produtos minerais não metálicos	26
- Metalúrgica	111
- Mecânica	73
- Material elétrico e de comunicações	12
- Material de transporte	11
- Madeira e do mobiliário	36
- Papel, papelão, editorial e gráfica	23
- Borracha, fumo, couros, peles e produtos similares e indústria diversa	18
- Química, de produtos farmacêuticos, veterinários, de perfumaria, sabões, velas e matérias plásticas	57
- Têxtil, do vestuário e artefatos de tecidos	10
- Calçados	1
- Produtos alimentícios, de bebida e álcool etílico	47
- Serviços industriais de utilidade pública	7

TABELA 1: Atividades industriais no município de Araucária
 FONTE: IPARDES, 2017

ATIVIDADES ECONÔMICAS (SETORES E SUBSETORES DO IBGE(1))	ESTABELECIMENTOS
INDÚSTRIA	4.779
- Extração de minerais	23
- Transformação	4.643
- Produtos minerais não metálicos	179
- Metalúrgica	757
- Mecânica	518
- Material elétrico e de comunicações	168
- Material de transporte	108
- Madeira e do mobiliário	417
- Papel, papelão, editorial e gráfica	571
- Borracha, fumo, couros, peles e produtos similares e indústria diversa	387
- Química, de produtos farmacêuticos, veterinários, de perfumaria, sabões, velas e matérias plásticas	291
- Têxtil, do vestuário e artefatos de tecidos	461
- Calçados	9
- Produtos alimentícios, de bebida e álcool etílico	777
- Serviços industriais de utilidade pública	113

TABELA 2: Atividades industriais na cidade de Curitiba
 FONTE: IPARDES, 2017

Segundo relatório emitido pelo IPARDES em 2017, o município de Araucária concentra um total de 443 indústrias, distribuídas em subdivisões conforme apresentado na Tabela 1. De acordo com o relatório publicado pelo Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba (IPPUC) a região CIC apresentava, no ano de 2015, um

total de 2013 estabelecimentos ativos dentro da categoria de indústrias, o que corresponde a 22,08% do total de estabelecimentos.

Utilizando dados do cadastro de indústrias do Paraná presentes no site da FIEP, foi realizado um mapeamento representativo das principais classes industriais presentes na região de estudo. Foram analisados os portfólios de 112 indústrias situadas na CIC e de 182 indústrias situadas em Araucária, a partir dessa análise as indústrias foram agrupadas entre as seguintes classes: Indústria Metalúrgica, Indústria de Papel e Celulose, Indústrias de Plásticos e Borrachas, Indústrias de Alimentos e Indústrias Químicas. A distribuição geográfica dessas indústrias está representada na Figura 5.

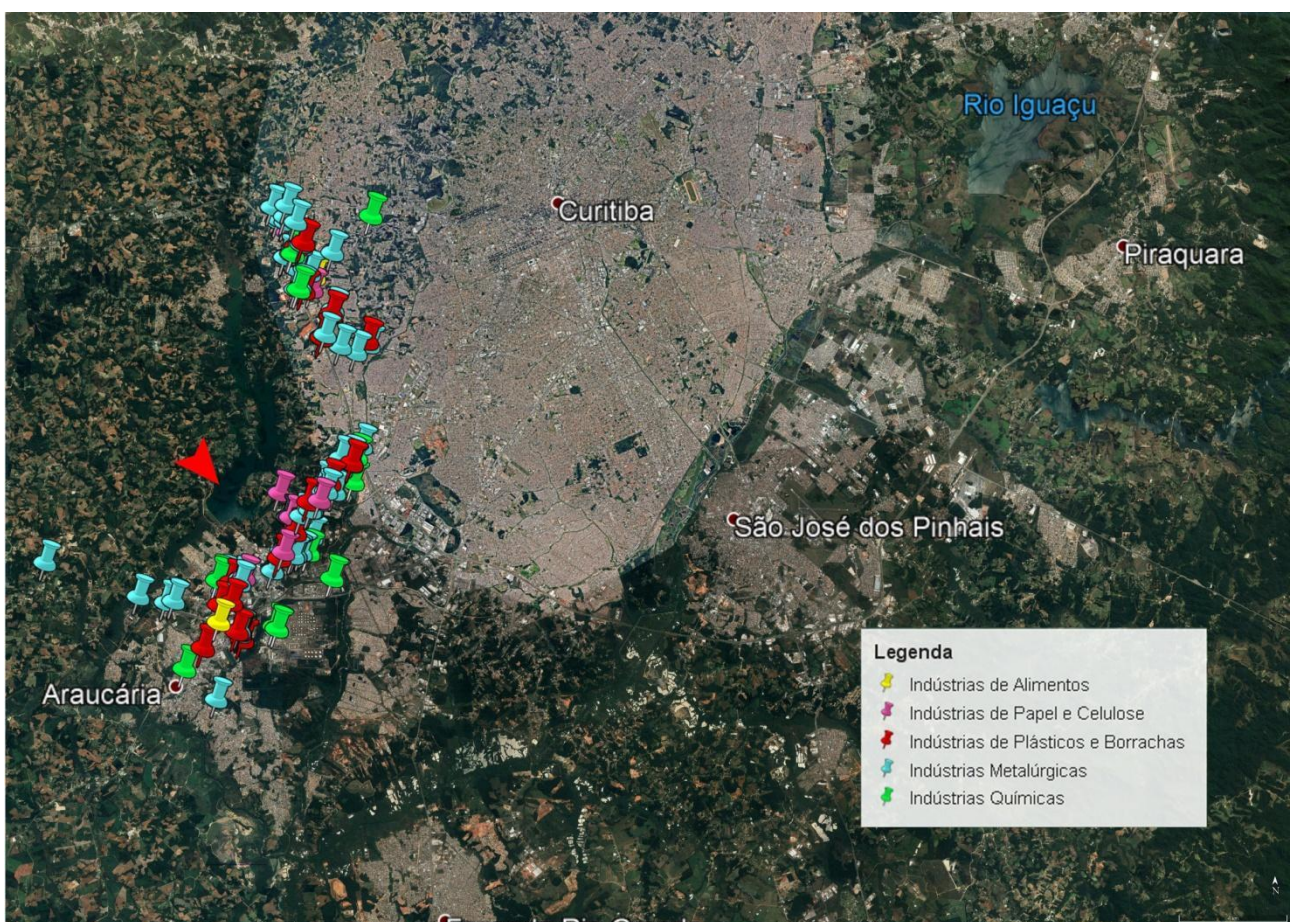


FIGURA 5. Distribuição e classificação das indústrias localizadas no Município de Araucária e CIC.

FONTE: O Autor (2017), com base no *Google Earth*.

Na Figura 5 verifica-se que as grandes concentrações industriais nas duas regiões estudadas localizam em seu entorno a concentração de áreas residenciais. A figura 6 mostra a localização dessas áreas no Município de Araucária. É interessante observar ainda que no Município de Araucária, uma grande concentração de áreas residenciais

circunda a Refinaria Presidente Getúlio Vargas ou Refinaria do Paraná– REPAR da Petrobrás (destacada pela seta roxa).



FIGURA 6: Regiões domiciliares próximas as indústrias no município de Araucária
FONTE: O Autor (2017), com base no *Google Earth*.

Na região da CIC verifica-se observando as Figuras 5 e 7, que as áreas residenciais se concentram mais a leste e as indústrias se concentram mais a oeste próximas ao reservatório Passaúna que abastece as proximidades.



FIGURA 7: Regiões domiciliares próximas às indústrias na Cidade Industrial de Curitiba
 FONTE: O Autor (2017), com base no *Google Earth*.

4.2. REGULAMENTAÇÃO

4.2.1. Conama

No Brasil, a regulamentação da emissão de poluentes, sejam eles atmosféricos ou hídricos, é realizada pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA.

A primeira legislação que regulamenta a emissão de poluentes é o “Decreto Lei nº 1.413”, de 14 de agosto de 1975, a qual dispõe sobre o controle da poluição do meio ambiente provocada por atividades industriais. Segundo o Art. 1º: “As indústrias instaladas ou a se instalarem em território nacional são obrigadas a promover as medidas necessárias a prevenir ou corrigir os inconvenientes e prejuízos da poluição e da contaminação do meio ambiente”.

O segundo parágrafo, Art 6º, da Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, estabelece a criação do CONAMA, como órgão consultivo e deliberativo com a finalidade de assessorar, estudar e propor ao Conselho de Governo, diretrizes de políticas

governamentais para o meio ambiente e os recursos naturais e deliberar, no âmbito de sua competência, sobre normas e padrões compatíveis com o meio ambiente ecologicamente equilibrado e essencial à sadia qualidade de vida;

A resolução CONAMA nº 3, de 28 de junho de 1990, dispõe sobre padrões de qualidade do ar previstos no Programa Nacional de Controle da Poluição do Ar, (PRONAR).

As Resoluções CONAMA nº 003/19902 e nº 008/19903 complementam o PRONAR estabelecendo limites para a concentração de determinados poluentes no ar. Esses limites tiveram como base normas (ou recomendações) da Organização Mundial da Saúde, que levam em conta limites de concentração compatíveis com a saúde e o bem-estar humanos.

Nas Resoluções nº 003/1990 e nº 008/1990, são estabelecidas concentrações máximas para: partículas totais em suspensão (material particulado); fumaça (composta principalmente de dióxido de carbono – CO₂); partículas inaláveis; dióxido de enxofre; monóxido de carbono (CO); ozônio e dióxido de nitrogênio.

A Resolução CONAMA nº 382/2006, complementada pela Resolução CONAMA nº 436/2011, representa uma mudança de abordagem do tema. Nas resoluções anteriores do PRONAR, considerava-se a qualidade do ar como parâmetro básico, admitindo-se emissões maiores onde as condições atmosféricas fossem mais favoráveis. Pelas Resoluções nº 382/2006 e nº 436/2011 fixam-se limites específicos de emissão para cada tipo de fonte ou combustível utilizado (Em Anexo).

Em janeiro de 1997, entrou em vigor a Lei nº 9.433/1997, também conhecida como Lei das Águas. A Lei prevê que a gestão dos recursos hídricos deve proporcionar os usos múltiplos das águas, de forma descentralizada e participativa, contando com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades. O segundo artigo da Lei explicita os objetivos da PNRH: assegurar a disponibilidade de água de qualidade às gerações presentes e futuras, promover uma utilização racional e integrada dos recursos hídricos e a prevenção e defesa contra eventos hidrológicos (chuvas, secas e enchentes), sejam eles naturais sejam decorrentes do mau uso dos recursos naturais (Ministério do Meio Ambiente).

A Resolução CONAMA nº 20, de 18 de junho de 1986, trata da qualidade da água. O Art. 1º classifica, segundo seus usos preponderantes, em nove classes, as águas doces, salobras e salinas do Território Nacional. Cada uma das diferentes classes apresenta limites ou condições específicas determinadas pela Lei, as quais são detalhadas pelos seus artigos. Também se encontram definidos pela resolução nº20 as

condições que os efluentes de qualquer fonte poluidora devem respeitar para que possam ser lançados, direta ou indiretamente, nos corpos de água (em anexo).

A legislação brasileira - Resolução CONAMA 020/86 - em vigor até Marco de 2005, que tratava dos critérios de qualidade apresenta-se baseados quase exclusivamente em aspectos físico-químicos e bacteriológicos associados à determinação do Número Mais Provável de Coliformes Fecais e Totais - NMP. Esta lacuna foi preenchida com a edição da Resolução CONAMA 357/05 que considerou as investigações ecotoxicológicas como um dos critérios de qualidade da água, para avaliar os efeitos das substâncias tóxicas a organismos aquáticos (IAP, 2005).

4.2.2. Anvisa

O Art. 1º da resolução Anvisa nº 176, de 24 de outubro de 2000, determina a publicação de Orientação Técnica elaborada por Grupo Técnico Assessor, sobre Padrões Referenciais de Qualidade do Ar Interior, em ambientes climatizados artificialmente de uso público e coletivo.

O Grupo Técnico Assessor, formado pela Anvisa, elaborou a seguinte Orientação Técnica sobre Padrões Referenciais de Qualidade do Ar Interior em ambientes climatizados artificialmente de uso público e coletivo, no que diz respeito a definição de valores máximos recomendáveis para contaminação biológica, química e parâmetros físicos do ar interior, a identificação das fontes poluentes de natureza biológica, química e física, métodos analíticos e as recomendações para controle.

Os Valores Máximos Recomendáveis para contaminação química são: < 1000 ppm de dióxido de carbono (CO₂), como indicador de renovação de ar externo, recomendado para conforto e bem-estar. E < 80 µg/m³ de aerodispersóides totais no ar, como indicador do grau de pureza do ar e limpeza do ambiente climatizado.

4.2.3 Agências Internacionais

Nos Estados Unidos da América (EUA), a regulamentação da emissão de poluentes é realizada pela EPA (*Environmental Protection Agency*).

A preocupação e o controle com relação a poluição atmosférica tiveram início em 1970 com a criação do "Clean Air Act" (CAA), quando o congresso americano estabeleceu grande parte da estrutura básica do CAA, e grandes revisões foram feitas em 1977 e 1990. A densa e visível poluição em muitas cidades e centros industriais do país ajudou a

promover a aprovação da legislação no ano de 1970, no auge do movimento ambiental nacional. As revisões subsequentes foram concebidas para melhorar a sua eficácia e para atingir os problemas recentemente reconhecidos de poluição do ar, tais como a chuva ácida e danos à camada de ozônio estratosférico. A EPA estabeleceu padrões de qualidade do ar para seis "poluentes-critérios" comuns: material particulado (também conhecida como poluição por partículas), ozônio, dióxido de enxofre, dióxido de nitrogênio, monóxido de carbono e chumbo.

Os Estados são obrigados a adotar planos de execução para alcançar e manter a qualidade do ar, atendendo aos padrões de qualidade estabelecidos. Os planos estaduais também devem controlar as emissões que cruzam limites de estado e prejudicam a qualidade do ar em outros estados por serem carregados pelo vento. Outras disposições essenciais destinam-se a minimizar a poluição devido a um número crescente de veículos e de indústrias. A lei exige que novas fontes estacionárias implementadas (por exemplo, usinas e fábricas), usem a melhor tecnologia disponível e permite padrões menos rigorosos para fontes previamente existentes.

A EPA identifica contaminantes que devem ser regulados na água potável em função de proteger a saúde pública. A Agência estabelece limites regulatórios para as quantidades de certos contaminantes na água fornecida pelos sistemas públicos de água. Estes padrões de contaminantes são exigidos pela Lei de Água potável segura (*Safe Drinking Water Act* ou *SDWA*), a qual foi criada pelo congresso em 1974 e posteriormente alterada e reautorizada em 1986 e 1996.

A Lei de Água potável segura define o termo "contaminante" como significando qualquer substância física ou química, biológica ou radiológica ou matéria na água. Portanto, a lei define "contaminante" muito amplamente como sendo outra coisa senão moléculas de água. Alguns contaminantes de água potável podem ser prejudiciais se consumidos em determinados níveis, enquanto outros podem ser inofensivos. A presença de contaminantes não indica necessariamente que a água represente um risco para a saúde. Apenas um pequeno número de contaminantes, conforme definido acima, está listado na Lista de Candidatos a Contaminantes (CCL). O CCL serve como o primeiro nível de avaliação para contaminantes de água potável não regulamentados que podem precisar de uma investigação mais aprofundada sobre os efeitos potenciais para a saúde e os níveis em que são encontrados na água potável.

4.3 LEVANTAMENTO DA QUALIDADE DE ÁGUA

Especificamente no que se refere aos mananciais urbanos, os resíduos oriundos da atividade humana ao poluírem as águas, causam danos ao ecossistema natural e às comunidades aquáticas envolvidas (IAP, 2005). Para avaliar e classificar a qualidade das águas de rios do Estado do Paraná, o Instituto Ambiental do Paraná (IAP), através das equipes de qualidade da água da Diretoria de Estudos e Padrões Ambientais – DEPAM, mantêm a execução de atividades que se iniciam com inspeções e medições de campo, coleta de amostras em estações de monitoramento, realização de ensaios laboratoriais, tabulação e a interpretação dos resultados (IAP, 2017). Com a função de avaliar o potencial de exposição a poluentes nas regiões através de fontes hídricas, principalmente com relação ao consumo de água potável contendo contaminantes, serão aqui apontados os dados referentes às bacias e reservatórios que abastecem as regiões de estudo.

O IAP - Instituto Ambiental do Paraná efetua regularmente o monitoramento da qualidade das águas em bacias hidrográficas do Alto Iguaçu. As variáveis consideradas são relativas à aspectos de qualidade físico-química, bacteriológica e ecotoxicológica das águas. Esses resultados estão apresentados de forma unificada, pretendendo expandir o conceito de qualidade das águas, e permitir comparações espaciais e temporais entre os diversos sistemas existentes na Região Metropolitana de Curitiba (IAP, 2005). O relatório sobre a qualidade da água no estado, com dados referentes ao período de junho de 1995 a fevereiro de 2005 envolve dados sobre os Subsistemas 1 (Iraí), 2 (Iguaçu) e 3 (Afluentes da Margem Direita do Rio Iguaçu). Todos esses corpos de água encontram-se potencialmente sujeitos à exposição ou ao impacto da presença de agentes químicos oriundos das atividades urbanas e industriais.

O Subsistema 1 representa a região da Bacia Hidrográfica do Rio Iraí, cujo reservatório é considerado estratégico para o sistema de abastecimento de águas da Região Metropolitana de Curitiba. Os afluentes da margem direita do Rio Iguaçu (Subsistema 3) representam os rios em cujas áreas de drenagem o processo de urbanização é mais intenso. Com isso, suas águas recebem direta ou indiretamente maior carga de poluentes. Por último, o Subsistema 2 (Iguaçu) foi escolhido pelo caráter integrador dos efeitos dos padrões de uso e ocupação do solo na qualidade das águas superficiais, quando considerados todos os subsistemas monitorados na Região Metropolitana de Curitiba (IAP, 2005). O relatório revelou que com relação ao Subsistema

1 (Irai), dos 21 trechos de rios monitorados, apenas 2 (10%) apresentam uma condição de qualidade compatível com a Classe 2 de enquadramento prevista.

Para o Subsistema 2 (ao longo do Rio Iguaçu) nenhum dos 6 pontos apresentou condição de qualidade adequada à Classe 2 de Enquadramento (0%). No Subsistema 3 (Afluentes da Margem Direita do Rio Iguaçu), apenas 1 dos 18 trechos monitorados apresentam qualidade compatível com a Classe de Enquadramento (6%). Este nível de atendimento, entretanto, deve-se ao estabelecimento da Classe 3 (menos rigorosa) em alguns trechos dos rios Belém e Barigüi. Os demais trechos enquadrados como Classe 2 não se apresentaram como tal. Apesar de enquadrados como Classe 2, todos os 6 trechos monitorados dos afluentes da margem esquerda do Rio Iguaçu (Subsistema 4) apresentam uma condição de qualidade compatível com a Classe 3. Em relação ao Subsistema 5 (Rios Verde e Passaúna), (Figura 8), que estão diretamente relacionados com a região em estudo (Figuras 1 e 7), 8 dos 14 trechos monitorados apresentam condição de qualidade compatível com a Classe 3, e outros 6 trechos apresentaram-se como Classe 4. Portanto, nenhum trecho apresentou-se dentro das expectativas de qualidade especificadas para a Classe 2 (IAP, 2005).

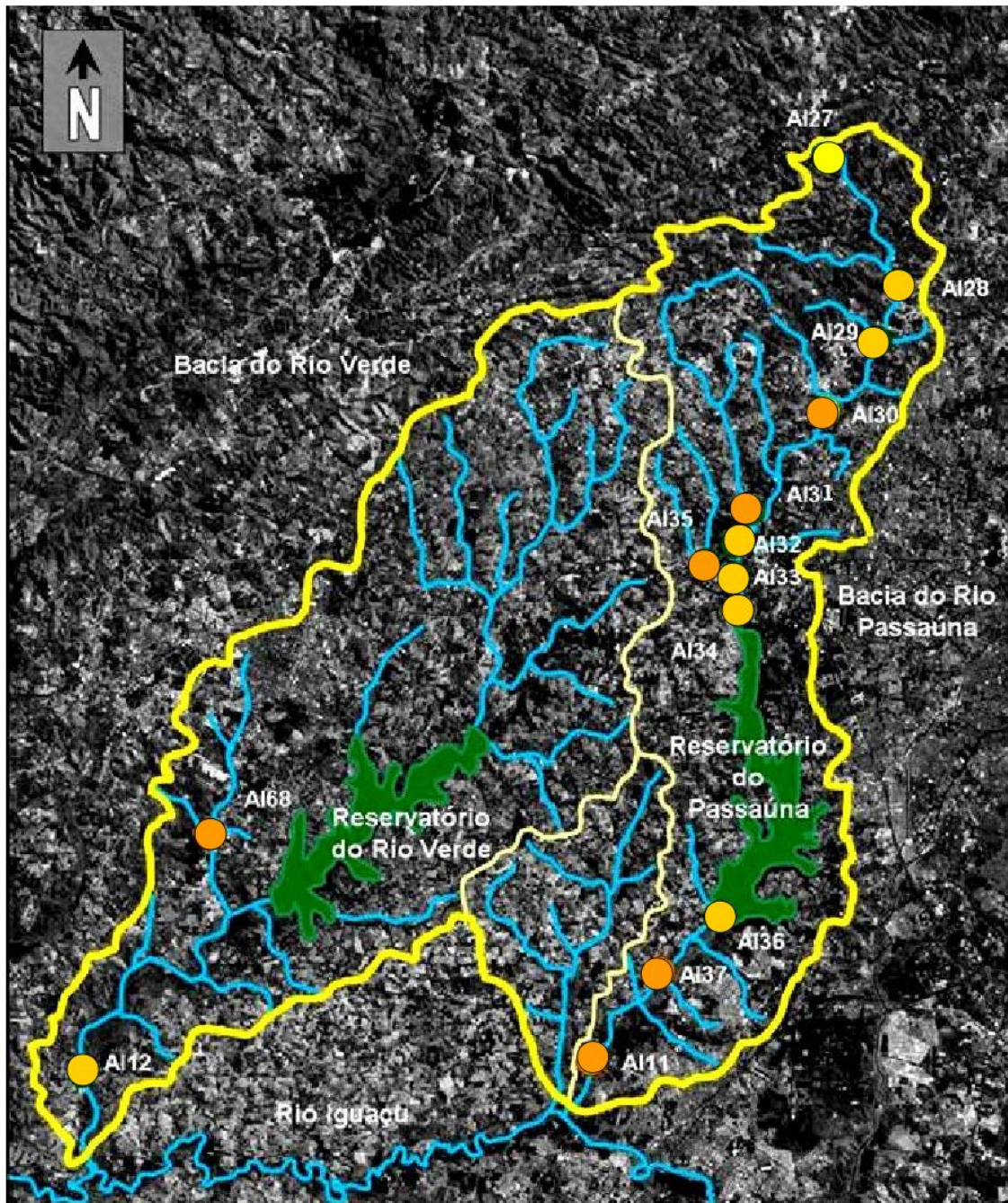


FIGURA 8: Subsistema 5 – Rios formadores das sub-bacias dos rios Verde e Passaúna onde se formam os reservatórios de mesmo nome.

FONTE: IAP (2005), com base no *Google Earth*.

O Reservatório do Passaúna (Figuras 3,5 e 8) foi construído em 1989 e é responsável pelo abastecimento de cerca de 22% da população da Região Metropolitana de Curitiba, produzindo 2.000 litros de água por segundo. O lago está inserido dentro da Área de Proteção Ambiental do Passaúna – APA Passaúna, criada em 1991, com área de 16.000 ha, estendendo-se desde as nascentes do Rio Passaúna até a barragem do reservatório (XAVIER, 2005). O reservatório abrange os municípios de Almirante

Tamandaré, Campo Magro, Curitiba, Campo Largo e Araucária e em sua bacia existem atividades industriais e agrícolas como o cultivo de batatas com uso intensivo de fertilizantes e de agrotóxicos (ANDREOLI et al., 2003). O reservatório do Passaúna, importante fonte de abastecimento para a população residente em Araucária, apresenta, segundo dados coletados pelo IAP no período entre 1999 e 2013, classificação 3,1 segundo o Índice de Qualidade de Água de Reservatórios – IQAR, e pertence a Classe III (Moderadamente Degradado), o que significa que este reservatório encontra-se dentro dos limites considerados aceitáveis para ser utilizado como manancial de abastecimento (IAP, 2017). No entanto, estudos realizados por Santos et al. (2016) mostram que esse ambiente se encontra bastante degradado com a presença de desreguladores endócrinos biodisponíveis nas águas do reservatório.

4.3.1 LEVANTAMENTO DE DADOS PLUVIOMÉTRICOS

No dia 13/10/2009 foi sancionada pelo governador Roberto Requião a Lei nº 16.242 que cria o Instituto das Águas do Paraná. O Instituto é o órgão executivo gestor do Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos – SEGRH/PR tendo por finalidade oferecer suporte institucional e técnico à efetivação dos instrumentos da Política Estadual de Recursos Hídricos (PERH/PR), instituída pela Lei nº 12.726/99. Também é finalidade do Instituto das Águas do Paraná o exercício das funções de entidade de regulação e fiscalização do serviço de saneamento básico, integrado pelos serviços públicos de abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos bem como a drenagem e manejo das águas pluviais urbanas nos termos da Lei nº 11.445/07 (Águas Paraná, 2017).

O Instituto das Águas é responsável pelo planejamento e execução de ações e projetos técnicos de proteção, conservação, recuperação e gestão de recursos hídricos superficiais e subterrâneos para preservar e restaurar aspectos quantitativos e qualitativos das águas. Envolve ainda o monitoramento da qualidade e quantidade dos recursos hídricos; execução de serviços técnicos de engenharia para controle de problemas de erosão, cheias e inundações, degradação de fundos de vales e poluição das águas. Além disso, o Instituto deve disponibilizar a difusão de informações sobre recursos hídricos, elaborar e implantar o plano estadual de recursos hídricos e planos de bacias hidrográficas gerenciando o funcionamento dos comitês de bacias, além de gerir o fundo estadual de recursos hídricos (Águas Paraná, 2017).

A RMC está localizada no primeiro Planalto do Estado do Paraná, com um clima subtropical e úmido. Os invernos são brandos com geadas ocasionais e temperaturas mínimas de aproximadamente -3°C . No verão são registradas temperaturas de até 35°C . A umidade relativa do ar varia entre 75 e 85% (média mensal). As precipitações ocorrem durante o ano inteiro, com maior intensidade nos meses de verão (dezembro, janeiro, fevereiro) e menor no inverno (junho, julho, agosto). Na média são registradas chuvas de 150 mm/mês no verão e 80 mm/mês no inverno (IAP, 2013). O Relatório gerado pelo Instituto de Águas do Paraná revela os índices pluviométricos para a Região de Curitiba e Araucária no período de 2000-2015, cujos dados foram compilados e estão apresentados nas tabelas 3 e 4, para os municípios de Curitiba e Araucária, respectivamente.

Alturas de precipitação - Resumo Anual (mm)

Estação:	CURITIBA	Código:	02549006	Entidade:	INMET
Município:	Curitiba	Instalação:	01/01/1889	Extinção:	
Tipo:	PPr	Bacia:	Iguaçu	Sub-bacia:	1
Altitude:	929,000 m	Latitude:	25° 26' 47"	Longitude:	49° 13' 51"

ANO	Total anual	Máxima diária	Data da ocorrência	Dias de chuva
2005	1333,2	74,2	31/08/2005	149
2006	932,4	48,0	19/11/2006	120
2007	1365,4	114,0	12/12/2007	123
2008	1199,8	82,0	11/03/2008	146
2009	1662,4	74,4	20/11/2009	153
2010	1780,0	119,6	14/12/2010	165
2011	1863,0	103,4	01/08/2011	161
2012	1468,0	113,4	05/06/2012	144
2013	1441,5	130,8	21/06/2013	161
2014	1726,8	95,2	07/06/2014	155
2015	1959,4	60,3	26/12/2015	189

Resumo Anual

ANO	Total anual	Máxima diária	Dias de chuva
MÉDIA	1521,1	92,3	151,5
MÍNIMA	932,4	48,0	120,0
MÁXIMA	1959,4	130,8	189,0
D. PADRAO	294,9	25,3	18,3

TABELA 3: Índices pluviométricos referentes a cidade de Curitiba, referente ao período de 2000 a 2015

FONTE: Águas Paraná, 2017

< <http://www.aguasparana.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=264>>.

Alturas de precipitação - Resumo Anual (mm)

Estação:	BARRAGEM SANEPAR	Código:	02549081	Entidade:	ANA
Município:	Araucária	Instalação:	27/04/1983	Extinção:	
Tipo:	PPr	Bacia:	Iguaçu	Sub-bacia:	1
Altitude:	902,000 m	Latitude:	25° 32' 00"	Longitude:	49° 23' 11"

ANO	Total anual	Máxima diária	Data da ocorrência	Dias de chuva
2000	1422,3	80,9	13/10/2000	133
2001	2020,5	107,3	06/02/2001	134
2002	1603,1	70,3	13/01/2002	137
2003	1591,0	88,2	07/07/2003	102
2004	1548,4	81,8	25/01/2004	120
2005	1621,4	62,4	31/08/2005	123
2006	1260,8	104,4	19/11/2006	101
2007	1613,6	113,4	21/02/2007	108
2008	1362,0	68,7	05/10/2008	128
2009	1723,6	105,9	23/09/2009	131
2010	1728,2 *	-	-	-
2011	1682,4	88,0	01/08/2011	197
2012	1660,4	83,4	30/12/2012	197
2013	1597,0	116,8	21/06/2013	189
2014	1491,2	72,2	05/03/2014	183
2015	1901,4	99,4	27/05/2015	222

Resumo Anual

ANO	Total anual	Máxima diária	Dias de chuva
MÉDIA	1614,2	89,5	147,0
MÍNIMA	1260,8	62,4	101,0
MÁXIMA	2020,5	116,8	222,0
D. PADRAO	181,2	27,1	51,2

TABELA 4: Índices pluviométricos referentes ao município de Araucária, referente ao período de 2000 a 2015

FONTE: Águas Paraná, 2017

< <http://www.aguasparana.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=264>>.

4.4 LEVANTAMENTO DA QUALIDADE DO AR

De acordo com o ministério do meio ambiente, se classificam como poluentes atmosféricos 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 impróprio, nocivo ou ofensivo à saúde; inconveniente ao bem-estar público; danoso aos materiais, à fauna e flora, prejudicial à segurança, ao uso e gozo da propriedade e às atividades normais da comunidade (Ministério do Meio Ambiente, 2017).

Uma pessoa adulta inspira cerca de 10 mil litros de ar por dia. Este valor varia em função da atividade física de cada um. Em geral, não é necessário, nem possível, corrigir a composição do ar que se respira, sendo esta a principal diferença entre o consumo de ar e o consumo de água. A água passa por um tratamento prévio, o que a torna um produto industrial para ser consumido. O ar, ao contrário, deve ser consumido exatamente

como existe na natureza, “in natura”. Por este motivo, é muito importante que a sociedade entenda e respeite as medidas de preservação da qualidade do ar (IAP, 2017). Diversas atividades antropogênicas produzem resíduos que podem poluir o ar. A poluição atmosférica pode ser causada por fontes fixas ou móveis, dependendo dos processos que liberam os poluentes no ar.

Dentre as fontes fixas as indústrias constituem as fontes mais significativas, ou de maior potencial poluidor. Também se destacam as usinas termoelétricas, que utilizam carvão, óleo combustível ou gás, bem como os incineradores de resíduos, com elevado potencial poluidor. Existem ainda as fontes fixas naturais, como maresia e vulcanismo, que também podem influenciar a composição do ar. Já as fontes móveis incluem principalmente os veículos automotores, juntamente com os trens, aviões e embarcações marítimas. Os veículos se destacam nas cidades como as principais fontes poluidoras e são divididos em: leves de passageiro (utilizam principalmente gasolina ou álcool como combustível); leves comerciais (utilizam gás natural veicular (GNV) ou óleo diesel); e veículos pesados (somente de óleo diesel), (IAP, 2017). Tais poluentes podem ser divididos em duas categorias de acordo com sua origem. Existem os poluentes primários, as quais são diretamente emitidos pelas fontes. E os poluentes secundários, aqueles formados na atmosfera através da reação química entre poluentes primários e os constituintes naturais da atmosfera, em seguida na Tabela 5 estão expostos os principais poluentes atmosféricos e suas fontes de emissão.

Fontes		Poluentes
Fontes Estacionárias	Combustão	Material particulado, dióxido de enxofre e trióxido de enxofre, monóxido de carbono, hidrocarbonetos e óxidos de nitrogênio.
	Processo Industrial	Material particulado (fumos, poeiras, névoas), gases – SO ₂ , SO ₃ , HCl, hidrocarbonetos, mercaptanas, HF, H ₂ S, NO _x .
	Queima de Resíduo Sólido	Material particulado, gases – SO ₂ , SO ₃ , HCl, NO _x .
	Outros	Hidrocarbonetos, material particulado.
Fontes Móveis	Veículos Gasolina/Diesel, Álcool, Aviões, Motocicletas, Barcos, Locomotivas, etc.	Material particulado, monóxido de carbono, óxidos de nitrogênio, hidrocarbonetos, aldeídos, dióxido de enxofre, ácidos orgânicos.
Fontes Naturais		Material particulado – poeiras Gases – SO ₂ , H ₂ S, CO, NO, NO ₂ , hidrocarbonetos.
Reações Químicas na Atmosfera Ex.: hidrocarbonetos + óxidos de nitrogênio (luz solar)		Poluentes secundários – O ₃ , aldeídos, ácidos orgânicos, nitratos orgânicos, aerossol fotoquímicos, etc.

TABELA 5: Principais poluentes atmosféricos e suas fontes de emissão
 FONTE: IAP (2013).

“O padrão primário de qualidade do ar define legalmente as concentrações máximas de um componente atmosférico que, ultrapassadas, poderão afetar a saúde da população. O padrão primário pode ser entendido como o nível máximo tolerável de concentração de poluentes atmosféricos, constituindo-se em metas de curto e médio prazo. Para uma proteção maior existe o padrão secundário. O padrão secundário de qualidade do ar define legalmente as concentrações abaixo das quais se prevê baseado no conhecimento científico atual. O efeito mínimo adverso sobre o bem-estar da população, assim como o dano mínimo à fauna e à flora, aos materiais e ao meio ambiente em geral são determinados a partir de estudos científicos. Este padrão pode ser entendido como o nível máximo desejado de concentração de poluentes, constituindo-se assim em uma meta de longo prazo a ser atingida” (IAP, 2013, p.17).

Seguindo esses parâmetros, o relatório de qualidade do ar emitido pelo IAP em 2013 avaliou as concentrações de poluentes presentes no ar tanto da cidade de Curitiba quanto da região metropolitana. O IAP realiza o monitoramento das emissões atmosféricas em todo o estado, esse monitoramento é realizado na região metropolitana de Curitiba (RMC), por meio de uma rede de 4 estações manuais e oito automáticas, a Figura 9

indica a localização das estações de monitoramento na RMC. Na Tabela 6, verificamos os parâmetros monitorados em cada estação que compõe a rede de monitoramento da qualidade do ar da RMC no ano de 2012.

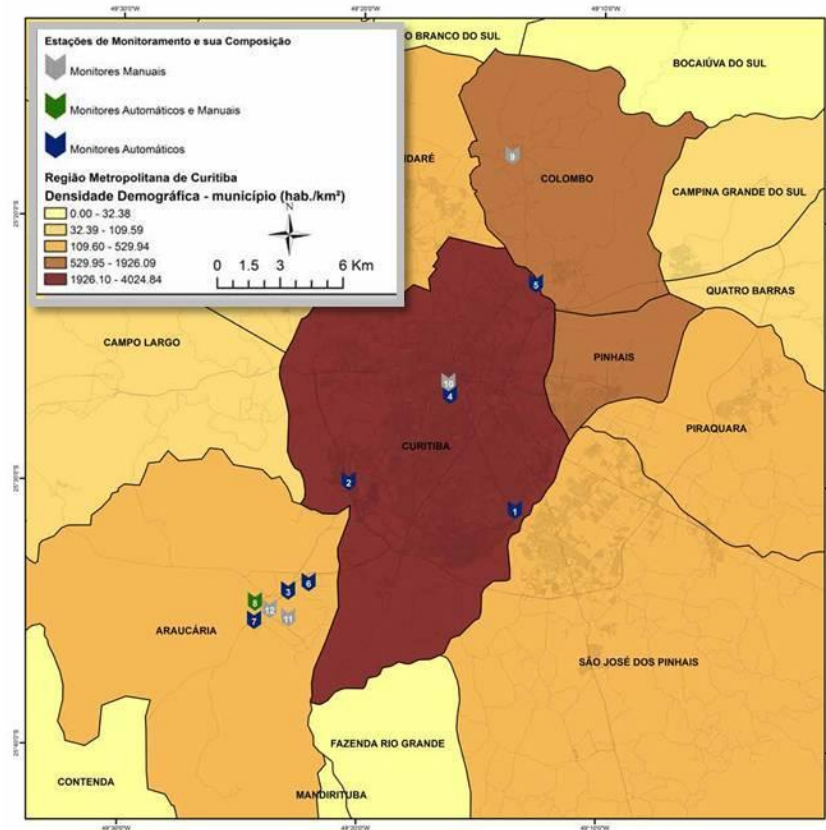


FIGURA 9: Localização dos pontos de amostragem de qualidade do ar na região metropolitana de Curitiba.

FONTE: Instituto de Energia e Meio Ambiente, 2014.

NUMERAÇÃO NO MAPA	IDENTIFICAÇÃO	TIPO DE MONITOR	COORDENADAS UTM DATUM SAD-69 ZONA 22		POLLUENTES MONITORADOS										METEOROLÓGICOS							
			LONGITUDE	LATITUDE	FMC	PTS	MP ₁₀	SO ₂	NO ₂	CO	O ₃	HC	BTEX	NH ₃	T _{EMP}	U _{REL}	RAD	UV (A/B)	V _{VEL}	D _{VEL}	P _{ATM}	
1	Boqueirão	Automático	678358	7176688		X	X	X	X	X	X					X				X	X	X
2	Cidade Industrial	Automático	666746	7178695				X	X		X					X	X	X	X	X	X	X
3	CSN	Automático	662509	7171072		X	X	X	X	X	X	X				X	X			X	X	X
4	Praça Ouvidor Pardinho	Automático	673826	7184728		X	X	X	X	X	X	X				X	X	X	X		X	X
5	Santa Cândida	Automático	679830	7192502				X	X		X					X	X	X	X	X	X	X
6	REPAR	Automático	663945	7171660		X	X	X	X	X	X		X			X		X		X	X	
7	UEG	Automático	660135	7169020			X	X	X	X	X					X	X	X	X	X	X	X
8	Assis	Automático Manual	660192	7170298		X		X	X		X					X	X	X		X	X	X
			660260	7170237				X														
9	Colombo	Manual	678193	7201453			X	X												X	X	
10	Santa Casa	Manual	673717	7185614		X	X		X													
11	São Sebastião	Manual	662520	7169188		X			X											X		
12	Seminário	Manual	661217	7169800		X			X											X		

TABELA 6: Coordenadas geográficas, poluentes e parâmetros por estação de monitoramento.

FONTE: Instituto de Energia e Meio Ambiente, 2014.

Seguindo esses parâmetros, o relatório de qualidade do ar emitido pelo IAP em 2013 avaliou as concentrações de poluentes presentes no ar tanto da cidade de Curitiba, quanto da região metropolitana. Esse relatório aponta que para a cidade de Curitiba: Considerando os poluentes primários (emitidos diretamente pelas fontes emissoras) PTS, Fumaça, PI, SO₂ e CO, e os poluentes secundários (formados a partir de reações na atmosfera com os poluentes primários NO, hidrocarbonetos voláteis e a radiação solar), como o O₃ e o NO₂, não foram observadas na cidade de Curitiba no ano de 2013, obedecendo aos padrões de qualidade do ar estipulados na Resolução CONAMA N° 03/90. Da mesma forma, todas as médias anuais dos poluentes monitorados no período, atenderam aos padrões estipulados na Resolução CONAMA N° 03/90. Já para a cidade de Araucária, foi observada apenas uma violação para os poluentes primários, devido ao poluente PTS, registrada na estação automática CSN. Para o poluente secundário NO₂, foram observadas duas violações, ambas registradas na estação automática CSN. Para o O₃ foram registradas, na estação ASS três violações do padrão estabelecido. Todas as médias anuais dos poluentes monitorados em Araucária, tanto para os poluentes primários quanto para os secundários, atenderam aos padrões estipulados na Resolução CONAMA N° 03/90 (IAP, 2013) (Tabela 2) (Figura 8).

Outro aspecto que interfere na qualidade do ar é a dispersão dos poluentes. A dispersão sofre influência de diferentes aspectos climatológicos, tais como velocidade do vento e a estabilidade térmica da atmosfera, no último relatório de qualidade do ar emitido pelo IAP (2013), os padrões de dispersão obedeceram às condições apresentadas no Gráfico 1.

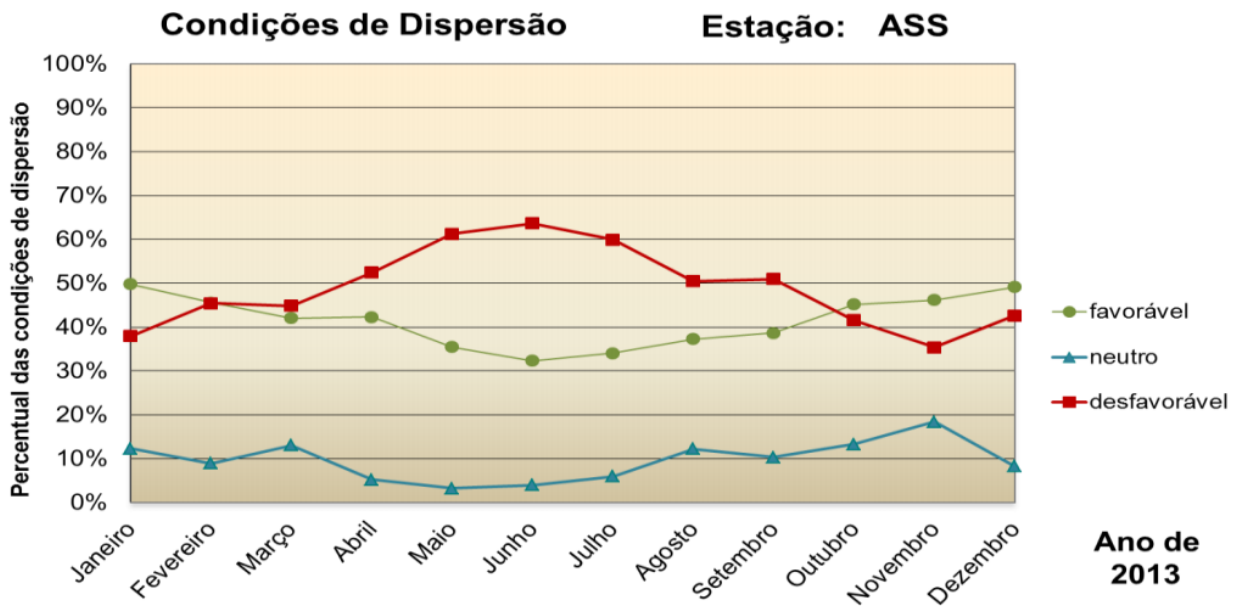


GRÁFICO 1: Padrões de dispersão na Região Metropolitana de Curitiba no ano de 2013
 FONTE: IAP, 2013

Além disso, também há a influência da direção dos ventos sob as plumas de poluição, na Figura 10, observamos os padrões de plumas de poluição para as estações Assis (Araucária), CSN (Araucária), CIC (Curitiba) e REPAR (Araucária), as quais estão dispostas na região de estudo. O que se observa na Figura 10 é que aparentemente não há um padrão para a dispersão dos poluentes considerados e medidos pelas estações. Um dos fatores são as MPTS, que correspondem às partículas em suspensão. Nesse caso para todas as estações consideradas na Figura 10, as partículas são as que mais se dispersam, e se considerarmos que estas podem estar carregando substâncias potencialmente tóxicas, constituem, portanto, um dos parâmetros a ser considerados na discussão deste estudo.

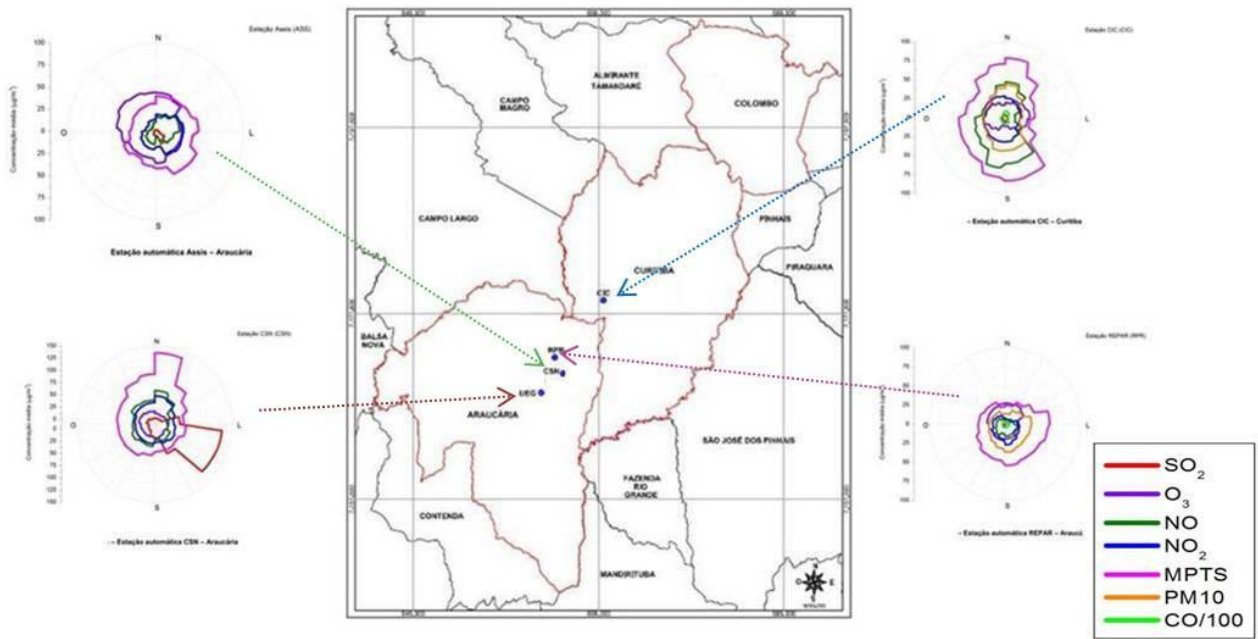


FIGURA 10: Direção das plumas de poluição relacionadas com as estações de Controle de Qualidade do Ar de Curitiba, localizadas no Município de Araucária e CIC. As setas tracejadas correlacionam cada gráfico com a estação na qual as medições correspondentes foram realizadas.
 FONTE: IAP, 2013

5. DISCUSSÃO

A distribuição das atividades industriais no Paraná, tanto em natureza como em intensidade, não é homogênea, já que a Região Metropolitana de Curitiba – RMC concentra 45,5% do PIB industrial do estado, enquanto outras mesorregiões, como Centro-Ocidental e Sudeste, detêm menos de 10%. Quanto aos contrastes regionais, são observadas diferenças significativas já que o Norte-Central possui ramos vinculados à agroindústria, o Oeste atrai diversas atividades em função da produção energética e a RMC concentra atividades mais complexas, como a produção de Veículos (FIEP, 2016).

O estado do Paraná apresenta o quarto maior polo industrial do país, com um total de 56,4 mil estabelecimentos industriais, sendo que destes, 17.224 se concentram na região metropolitana de Curitiba (FIEP, 2016). Durante a execução do trabalho foi realizado um mapeamento representativo das principais classes de indústrias presentes na região de estudo utilizando dados do cadastro de indústrias do Paraná, presentes no site da FIEP. Foram analisados os portfólios de 112 indústrias situadas na CIC e de 182 indústrias situadas em Araucária, a partir dessa análise as indústrias foram agrupadas entre as seguintes classes: Refinaria de Petróleo, Indústria Metalúrgica, Indústria de Papel e Celulose, Indústrias de Plásticos e Borrachas, Indústrias de Alimentos e Indústrias Químicas.

As atividades industriais observadas na região estudada, de acordo com sua especificidade, leva à liberação de diversas classes de compostos. Respeitando a classificação utilizada no trabalho, alguns exemplos desses compostos que podem ser liberados por estas atividades industriais são:

- A indústria metalúrgica envolve atividades como a fundição de metais, que é considerada uma das mais importantes fontes antropogênicas de exposição a metais tóxicos tais como Mercúrio (Hg), Cádmio (Cd), Arsênio (As) e Cromo (Cr), Chumbo (Pb), Zinco (Zn), Manganês (Mn) (Duruibe, 2007; Dinis, 2011; Hamzah, 2015).
- De maneira geral, indústrias de refino de petróleo são a principal fonte de produtos químicos tóxicos, como benzeno, tolueno, óxido nítrico e monóxido de carbono (D'Andrea, 2013), também são importante fonte de Cádmio (E-PRTR, 2017) e nanopartículas (Ema, 2010), destacando aqui a presença da refinaria REPAR no município de Araucária.
- As indústrias químicas são importantes fontes de diversos compostos, como por exemplo: o ácido bórico e os sais de sódio do boro (borax, tetraborato disódico)

(Uluisik, 2017), chumbo (Dinis, 2011), benzeno (Smith, 2010) e formaldeído (Maiellaro, 2014; Huang, 2017; Ramos, 2017).

- Indústrias de papel e celulose envolvem a liberação de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (Andersson, 2013) e também azo corantes (Oliveira, 2010).
- A produção de plásticos e borrachas implica na liberação de cloreto de polivinil (PVC) (Bolognesi, 2017), Bisfenol-A (Vandenberg, 2007), benzeno (Smith, 2010), estireno (Rueff, 2009; Carbonari, 2015; Costa, 2016; Díaz, 2017) e azo corantes (Oliveira, 2010).
- A indústria de alimentos leva a exposição ao Bisfenol – A (Vandenberg, 2007), chumbo (Dinis, 2011), estireno (Rueff, 2009) e azo corantes (Oliveira, 2010).

Esses compostos, com exceção dos azo corantes, possuem capacidade de se dispersar através do ar, fazendo com que a exposição pela inalação seja a principal via que poderá atingir a população humana que reside no entorno dessas indústrias. O posicionamento das áreas de concentração industrial tanto na CIC quanto no município de Araucária se situa bastante próximas de áreas residenciais, o que leva a um elevado risco de exposição para essas populações. Aspectos climatológicos interferem diretamente com a dispersão dos poluentes e, conseqüentemente, com o nível de exposição na região circundante às fontes emissoras.

A velocidade do vento e a estabilidade térmica da atmosfera são os parâmetros mais importantes para avaliar as condições de dispersão dos poluentes. Boas condições de dispersão significam que os poluentes estão sendo dispersos pelos mecanismos de transporte, evitando assim uma acumulação dos mesmos próximos às fontes de emissão, mas por outro lado aumenta a área afetada pela liberação dos poluentes na atmosfera. Se as condições estão desfavoráveis à dispersão, observamos essa acumulação, o que pode resultar em altas concentrações dos poluentes, que muitas vezes ultrapassam os padrões estabelecidos nas legislações vigentes e nos padrões de qualidade do ar (IAP, 2013).

As condições de dispersão avaliadas pelo IAP, seguindo as classes de estabilidade de Pasquill são obtidas a partir das médias horárias de grandezas meteorológicas, como a velocidade do vento e a radiação solar ou cobertura de nuvens, medidas a poucos metros da superfície. Elas fornecem apenas uma ideia aproximada da estabilidade da subcamada superficial da camada limite atmosférica. Outro fator importante para a qualidade do ar, que não pode ser medido na superfície, é a espessura da camada limite atmosférica também chamada de camada de mistura. As condições reais de qualidade do ar na RMC dependem tanto da estabilidade atmosférica avaliada na superfície quanto da espessura desta camada. Segundo dados do último relatório de qualidade do ar emitido,

nos meses de abril a setembro as condições desfavoráveis à dispersão prevaleceram, enquanto no restante do ano, foram encontradas geralmente condições favoráveis à dispersão (IAP, 2013). Dessa forma, durante os meses mais frios devido as piores condições de dispersão, ocorre uma maior tendência de exposição via respiratória na região estudada. Em geral é nesse período que há uma maior ocorrência de doenças respiratórias, principalmente em crianças, e esse deve ser um fator importante a ser considerado pelos agentes de saúde.

Outro fator a ser considerado é a direção dos ventos, uma vez que possuem efeito sob as plumas de poluição, na Figura 10 foram apresentadas as plumas de poluição registradas para as principais unidades de coleta de dados no que se refere a região de estudo. Nesse caso a figura mostra um maior alcance de dispersão para as partículas totais suspensas (PTS), e um padrão mais localizado para outros poluentes tais como o ozônio (O₃). Os padrões de direção de propagação são distintos em cada estação, porém quando analisados esses padrões com relação ao mapa da região, pode-se observar uma tendência das plumas se convergirem e atingirem as áreas de concentração residencial presentes da região alvo, uma vez que se concentram mais em direção as regiões leste e sul, principalmente na CIC. Esses parâmetros como descrito acima são importantes, pois podem dirigir estudos epidemiológicos nessas áreas domiciliares, visto que potencialmente a população está mais exposta pela via atmosférica.

Além da presença de uma mistura complexa de xenobióticos no ar atmosférico, os efluentes hídricos consistem também outro importante veículo de exposição humana. Neste aspecto devem ser incluídos os despejos tanto tratados quanto não tratados em rios que alimentam os reservatórios de abastecimento para a região estudada, bem como a deposição de poluentes atmosféricos ou a lixiviação em dias de alta pluviosidade.

As regiões consideradas nesse estudo se localizam no primeiro Planalto do Estado do Paraná, caracterizado por um clima subtropical e úmido. Os invernos são brandos com geadas ocasionais e temperaturas mínimas de aproximadamente -3°C. No verão são registradas temperaturas de até 35°C. A umidade relativa do ar varia entre 75 e 85% (média mensal), (IAP, 2013). O clima regional é pluvial, quente-temperado e sempre úmido. A temperatura média anual é de 17,3°C, a média das mínimas é de 14,5°C e das máximas de 20,5°C. A média anual da umidade relativa é de 64% e das precipitações é de 1478 mm. Os meses de precipitação mais intensa são os de janeiro e fevereiro, com uma média de 336 mm. Os meses de precipitação menos intensa são os de abril e maio com uma média de 122 mm (Xavier, 2005). Conforme os dados de pluviosidade obtidos do Instituto de Águas do Paraná (2017), os resultados observados correspondem às

médias históricas para a região de estudo, e isso permite inferir que a pluviosidade ao longo de todo o ano contribui para que haja a deposição úmida de poluentes atmosféricos, assim tais compostos atingem os lençóis freáticos e também o abastecimento de água potável. Interessante observar que nos períodos de janeiro e fevereiro são registrados os índices pluviométricos mais altos, o que pode favorecer o lixiviamento de resíduos sólidos e particulados para os corpos d'água. Dessa forma, enquanto nesse período há um gap desfavorável à dispersão atmosférica, há no entanto, uma queda em potencial dos recursos hídricos pela ação da chuva. Sendo assim, se somado aos seis meses de baixa dispersão atmosférica, são 8 meses com um possível aumento da exposição nas populações da região estudada, que se somados aos meses de novembro e dezembro, também com índices pluviométricos consideráveis, praticamente o ano todo a população pode de uma forma ou de outra estar em contato com elementos e substâncias tóxicas.

O Reservatório do Passaúna (Figura 3 e 5) foi construído em 1989 e é responsável pelo abastecimento de cerca de 22% da população da Região Metropolitana de Curitiba, produzindo 2.000 litros de água por segundo. O lago está inserido dentro da Área de Proteção Ambiental do Passaúna – APA Passaúna, criada em 1991, com área de 16.000 ha, estendendo-se desde as nascentes do Rio Passaúna até a barragem do reservatório (Xavier, 2005). Atualmente, grande parte dos reservatórios da bacia do Alto Iguaçu apresenta algum grau de impacto pela atividade antrópica, principalmente aqueles que estão localizados próximos a regiões onde há ocupação humana, como é o caso do reservatório do Passaúna (Santos, 2013). Apesar de inserida numa área de proteção ambiental, este lago sofre um grande risco de contaminação oriunda de atividades praticadas na região próxima às margens. Dentre essas se destacam a agricultura, com rotação de culturas entre batata, milho e feijão (com aplicação de fertilizantes principalmente entre junho e outubro) e a agropecuária, com suinoculturas de médio-porte em Campo Magro, cujos efluentes não são adequadamente tratados. Os polos industriais como mencionados anteriormente, talvez sejam as fontes mais preocupantes para a manutenção da integridade dos mananciais localizados na sub-bacia do Passaúna (onde os efluentes são tratados apenas parcialmente). Ainda dentro desse contexto, existe um caso em particular, que já se evidenciou como um caso de saúde pública de difícil solução. No entorno do reservatório funcionou o Aterro Sanitário Lamenha Pequena por muitos anos e hoje apresenta uma situação totalmente irregular de ocupação humana onde a maior parte da superfície já se encontra tomada por construções de casa rudimentares, sem o devido planejamento e controle dos riscos. Além disso, o impacto

gerado pelo lixão da Lamenha Pequena é uma possível fonte intermitente de contaminação em época de chuvas (Xavier 2005) podendo facilmente atingir os lençóis freáticos e comprometer a qualidade da água do reservatório de abastecimento público. O trabalho realizado por Santos (2013) utilizando estratégias de biomonitoramento com exposição de peixes em gaiolas por 3 e 6 meses no reservatório, revela um importante comprometimento da qualidade da água, apesar desse ser considerado pelo IAP como moderadamente impactado. Os indivíduos mantidos no reservatório do Passaúna apresentaram alterações histopatológicas em tecidos alvos, além de distúrbios moleculares no sistema hormonal indicando a presença de poluentes desreguladores endócrinos biodisponíveis à biota na água. Esses dados são de extrema importância, pois retratam níveis de micropoluentes na água capazes de alterar o sistema hormonal em vertebrados. Em termos hormonais, a concentração necessária na corrente sanguínea para levar a uma disfunção hormonal é maior que a dos hormônios, mas mesmo assim são em baixos níveis. Isso reflete o trágico quadro encontrado no reservatório que pode ser explicado tanto pela precipitação atmosférica como pelo carreamento de substâncias lixiviadas pelas chuvas.

A soma dos riscos de exposição hídrica e atmosférica permite uma visão do panorama de exposição ao qual a população da região estudada está sujeita. Como já está estabelecido na literatura, o contato com esses poluentes, principalmente na sua forma crônica, está relacionado com o surgimento ou precipitação de diversas condições clínicas. Portanto, há uma forte suspeita de que a concentração de indústrias na região, juntamente com o elevado número de rodovias e quantidade de veículos circulantes na região contribuem para o surgimento de patologias na população em quantidade superior a outras áreas da região metropolitana. O relatório publicado pelo IPARDES, neste ano, traz informações a respeito do número de óbitos, destacando alguns tipos de patologias para a cidade de Curitiba, os dados podem ser observados na Tabela 7.

ÓBITOS SEGUNDO TIPOS DE DOENÇAS (CAPÍTULOS DO CID10 (1)) - GERAL - 2016

TIPOS DE DOENÇAS	CAPÍTULO	Nº DE ÓBITOS
Infeciosas e parasitárias	I	450
Neoplasias (Tumores)	II	2.419
Do sangue, órgãos hematopoéticos e transtornos imunitários	III	29
Endócrinas, nutricionais e metabólicas	IV	654
Transtornos mentais e comportamentais	V	60
Do sistema nervoso	VI	664

continuação		
TIPOS DE DOENÇAS	CAPÍTULO	Nº DE ÓBITOS
Do olho e anexos	VII	-
Do ouvido e da apófise mastóide	VIII	1
Do aparelho circulatório	IX	3.121
Do aparelho respiratório	X	1.159
Do aparelho digestivo	XI	599
Da pele e do tecido celular subcutâneo	XII	19
Do sistema osteomuscular e do tecido conjuntivo	XIII	67
Do aparelho geniturinário	XIV	211
Gravidez, parto e puerpério	XV	2
Algumas afecções originadas no período perinatal	XVI	267
Mal formação congênita, deformidades, anomalias cromossômicas	XVII	112
Sintomas, sinais e achados anormais de exames clínicos e de laboratório, não classificados em outra parte	XVIII	133
Causas externas de morbidade e mortalidade	XX	1.308
TOTAL DE ÓBITOS		11.275

TABELA 7: Número de óbitos por tipo de patologia na Cidade de Curitiba, ano de 2017
 FONTE: IPARDES, 2017

No geral são aproximadamente 5.330 casos de óbitos devidos a doenças que são amplamente relacionadas na literatura com a exposição a poluentes, como os descritos que podem estar presentes tanto no ar como na água de abastecimento no Município de Araucária e CIC.

Chama atenção nesses dados a quantidade de casos de óbitos devido a doenças associadas ao câncer. São quase 2.500 casos perfazendo a metade das incidências de doenças que podem estar relacionadas com a exposição a substâncias químicas tóxicas destacadas na Tabela 7. Em seguida destacam-se as complicações do aparelho respiratório, seguido de doenças endócrinas, neuronais e por fim associadas ao desenvolvimento embrionário ou gravidez. Esses altos índices não podem ser um fato isolado, muito provavelmente o comprometimento da qualidade do ar e da água como discutido anteriormente podem exercer um papel importante nesse contexto. Câncer é um conjunto de doenças de origem multifatorial, portanto, a análise de sua etiologia é complexa, no entanto, classes de poluentes tais como: metais tóxicos, incluindo Mercúrio (Hg), Cádmiio (Cd), Arsênico (As) e Cromo (Cr), (Dinis, 2011); ou orgânicos como o Benzeno (Micheli, 2014); hidrocarbonetos policíclico aromáticos (Yu, 2015); Cloreto de Vinil (Clewel, 2001; Guido, 2016; Bolognesi, 2017); Estireno (Costa, 2016); Bisfenol-A (Keri, 2007); azo corantes (Fernandes, 2015) e Formaldeído (Ramos, 2017); são

possíveis de ser encontrados na região estudada pela grande atividade industrial e possuem efeito carcinogênico já comprovado pela literatura e órgãos de saúde.

O boro por sua vez está associado a efeitos negativos no sistema cardiovascular (Uluisik, 2017), assim como o Chumbo (Duruibe, 2007). Além disso, a exposição ao benzeno pode levar a vários efeitos respiratórios adversos, incluindo edema pulmonar, traqueíte granular aguda, laringite, bronquite e hemorragia maciça (D'Andrea, 2013). Por outro lado, vários metais são relacionados com baixa na imunidade, neurodegeneração e como desreguladores endócrinos, além de serem já descritos atravessando a barreira placentária. As atividades agropecuárias podem também contribuir para alterar a qualidade da água aumentando os níveis de moléculas desreguladoras endócrinas como descrito por Santos et al., (2016) no reservatório do Passaúna.

No entanto, sabemos que para comprovar a relação entre a presença de poluentes no ambiente e a ocorrência de doenças, muitas vezes explicadas pela exposição a estas substâncias tóxicas, são necessários estudos mais detalhados. Esses devem ser planejados e desenvolvidos primeiramente com um amplo levantamento de casos, para depois confrontar com algumas variáveis relacionadas ao potencial de exposição para que haja uma comprovação estatística e segura.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

De uma maneira geral, o ambiente urbano e industrial possui substâncias com grande potencial tóxico, onde para que haja algum tipo de efeito é necessário considerar a o tempo de exposição e o nível de exposição (concentração, dose e via de contato). Várias dessas moléculas, no entanto, podem ser de origem natural e com as quais a biota já teria tido algum tipo de exposição. No entanto, com o desenvolvimento das atividades antrópicas houve um desequilíbrio quanto à capacidade suporte do ambiente em neutralizar essas moléculas e com isso aumentando significativamente a sua concentração e com isso aumentando os níveis de exposição. O reflexo desse novo paradigma se reflete na geração de novos compostos, cada vez mais complexos do ponto de vista químico e biológico que podem comprometer a biota e as populações humanas.

Nesse contexto, parece que a expansão industrial é o principal evento que levou a um aumento expressivo na liberação de xenobióticos na região estudada, assim como a presença de uma malha rodoviária extensa, um crescente número de veículos automotores circulantes e o lixiviamento de substâncias para os corpos d'água. A soma desses fatores parece estar afetando a população urbana com a incidência de problemas de saúde pública como doenças, as quais muitas das vezes responsáveis por um bom número dos óbitos na população. Os fatores de risco parecem claros quando é observado que um considerável número de doenças registradas no ano de 2017 pode ter como causa associada à exposição a poluentes. Essa evidência parece mais pertinente se considerarmos que várias dessas moléculas comprovadamente tóxicas, são possíveis de serem encontradas na região em estudo devido a atividade industrial.

Outro aspecto relevante nesse estudo é o fato de que na avaliação da qualidade da água (IQA) ou do ar, muitas das classes de poluentes levantados nesse estudo e que possuem algum tipo de efeito tóxico comprovado para a biota e populações humanas, encontram-se inseridos nos levantamentos de qualidade realizados pelos órgãos competentes de controle ambiental. Esse descompasso foi publicado no trabalho de Santos e colaboradores (2016) no reservatório do Passaúna, onde o diagnóstico de qualidade da água foram discrepantes do ponto de vista do risco de exposição pelos resultados apresentados e pela análise do IAP. Apesar de várias das conclusões ou mesmo de hipóteses levantadas ao longo desse estudo soarem especulativas, não podemos negligenciar que há um problema de exposição diferenciada nas regiões estudadas, o qual precisa de uma maior atenção do poder público e dos órgãos de controle ambiental.

Esse estudo é um primeiro esboço de um estudo mais completo que o nosso grupo deve desenvolver na região. Estaremos na sequência, portanto, focando principalmente nos casos relacionados à incidência de malformação congênita, abortos espontâneos e teratogênese nas populações do município de Araucária e CIC, como originalmente pretendido nesse estudo, onde de forma comparativa estaremos avaliando tais condições em outra área da RMC, com características distintas, constituindo assim uma região de referência para o estudo.

7. CONCLUSÕES

1. O aglomerado de indústrias no município de Araucária e CIC podem estar comprometendo a qualidade do ar e da água, e com isso aumentando o risco de exposição das populações humanas a substâncias conhecidamente tóxicas para os organismos vivos;
2. Fatores como o vento e o índice pluviométrico na região estudada podem estar associados com um aumento no risco de exposição;
3. A dispersão de partículas na atmosfera mostrou ser um aspecto importante a ser considerado na dispersão de poluentes;
4. A incidência de óbitos em 2017 associados a alguns tipos de doenças é um fato que chama a atenção, visto que vários dos potenciais poluentes encontrados na região estudada podem ser uma causa a ser considerada em estudos de controle.

8. REFERÊNCIAS

Adamcakova-Dodd, A., Monick, M. M., Powers, L. S., Gibson-Corley, K. N., & Thorne, P. S. (2015). Effects of prenatal inhalation exposure to copper nanoparticles on murine dams and offspring. *Particle and Fibre Toxicology*, *12*(1), 30. <https://doi.org/10.1186/s12989-015-0105-5>

Almeida, S. M., Lage, J., Fernandez, B., Garcia, S., Reis, M. A., & Chaves, P. C. (2015). Chemical characterization of atmospheric particles and source apportionment in the vicinity of a steelmaking industry. *Science of the Total Environment*, *521–522*, 411–420. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.03.112>

Amiri, A., Pryor, E., Rice, M., Downs, C. A., Turner-Henson, A., Fanucchi, M.V. (2015). Formaldehyde Exposure During Pregnancy, *Wolters Kluwer Health*, *40*(3), 180-185.

Andersson, E., Westberg, H., Bryngelsson, I. L., Magnuson, A., & Persson, B. (2013). Cancer incidence among Swedish pulp and paper mill workers: A cohort study of sulphate and sulphite mills. *International Archives of Occupational and Environmental Health*, *86*(5), 529–540. <https://doi.org/10.1007/s00420-012-0785-1>

Bailey, I. A.; Kerper, I. E.; Godman, J. E. Derivation of an occupational exposure level for manganese in welding fumes. **Neurotoxicology**, 2017.

Bevan, R., Ashdown, L., MCGough, D., Huici-montagud, A., & Levy, L. Setting evidence-based occupational exposure limits for manganese. **Neurotoxicology**, v. 58, p. 238–248, 2017.

Billionnet, C.; Sherrill, D.; Annesi-Maesano, I. Estimating the Health Effects of Exposure to Multi-Pollutant Mixture. n. 4, 2012.

Binet, S., Pfohl-Leskowicz, A., Brandt, H., Lafontaine, M., & Castegnaro, M. (2002). Bitumen fumes: Review of work on the potential risk to workers and the present knowledge on its origin. *Science of the Total Environment*, *300*(1–3), 37–49. [https://doi.org/10.1016/S0048-9697\(02\)00279-6](https://doi.org/10.1016/S0048-9697(02)00279-6)

Bolognesi, C., Bruzzone, M., Ceppi, M., & Kirsch-volders, M. The lymphocyte cytokinesis block micronucleus test in human populations occupationally exposed to vinyl chloride : A systematic review and meta-analysis. *Mutation Research-Reviews in Mutation Research*, v. 774, p. 1–11, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.mrrev.2017.07.003>

Boor, B. E., Spilak, M. P., Laverge, J., Novoselac, A., & Xu, Y. Human exposure to indoor air pollutants in sleep microenvironments : A literature review. *Building and Environment*, v. 125, p. 528–555, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2017.08.050>

Cadastro das indústrias do Paraná. Disponível em:

<<https://ebgebrasil.com.br/industrias/pr/cadastro-industrial/>>. Acesso em: 04/06/17

Carbonari, D., Mansi, A., Proietto, A. R., Paci, E., Bonanni, R. C., Gherardi, M., Tranfo, G. Influence of genetic polymorphisms of styrene-metabolizing enzymes on the levels of urinary biomarkers of styrene exposure. **Toxicology Letters**, v. 233, n. 2, p. 156–162, 2015.

Carvalho, C. F., Menezes-Filho, J. A., Matos, V. P. de, Bessa, J. R., Coelho-Santos, J., Viana, G. F. S., Abreu, N. (2014). Elevated airborne manganese and low executive function in school-aged children in Brazil. *NeuroToxicology*, 45, 301–308. <https://doi.org/10.1016/j.neuro.2013.11.006>

Chalupka, S., & Chalupka, A. N. (2010). The Impact of Environmental and Occupational Exposures on Reproductive Health. *Journal of Obstetric, Gynecologic & Neonatal Nursing*, 39(1), 84–102. <https://doi.org/10.1111/j.1552-6909.2009.01091.x>

Chequer, F.M.D.; Angeli, J.P.F.; Ferraz, E.R.A.; Tsuboy, M.S.; Marcarini, J.C.; Mantovani, M.S.; Oliveira D.P. The azo dyes Disperse Red 1 and Disperse Orange 1 increase the micronuclei frequencies in human lymphocytes and in HepG2 cells. **Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis**, v. 676, p. 83–86, 2009.

Clewell, H. J., Gentry, P. R., Gearhart, J. M., Allen, B. C., & Andersen, M. E. Comparison of cancer risk estimates for vinyl chloride using animal and human data with a PBPK model. *The Science of the Total Environment*, v.274, p.37-66, 2001.

Cortes, S., Reynaga-Delgado, E., Sancha, A. M., & Ferreccio, C. (2011). Boron exposure assessment using drinking water and urine in the North of Chile. *Science of the Total Environment*, 410–411, 96–101. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2011.08.073>

Costa, S., Ceppi, M., Costa, C., Silva, S., Pereira, C., Laffon, B., Paulo, J. The cytokinesis-block micronucleus (CBMN) assay in human populations exposed to styrene : A systematic review. **Mutation Research-Reviews in Mutation Research**, v. 770, p. 92–105, 2016.

Cullinane, J., Bannigan, J., & Thompson, J. (2009). Cadmium teratogenesis in the chick: Period of vulnerability using the early chick culture method, and prevention by divalent cations. *Reproductive Toxicology*, 28(3), 335–341. <https://doi.org/10.1016/j.reprotox.2009.05.069>

D'andrea, M. A.; Reddy, G. K. Health Effects of Benzene Exposure among Children Following a Flaring Incident at the British Petroleum Refinery in Texas City. **Pediatric Hematology and Oncology**, v. 31, n. 1, p. 1–10, 2013.

Díaz, A. N., Lima, J. J., Aguilar, A., Sanchez, F. G. Chemosphere Enantiomeric fraction of styrene glycol as a biomarker of occupational risk exposure to styrene. v. 168, p. 903–907, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2016.10.120>

DINIS, M. D. E. L.; FIÚZA, A. ENVIRONMENT : MEASURES TO ELIMINATE OR REDUCE. **Environmental Heavy Metal Pollution and Effects on Child Mental**

Development: Risk Assessment and Prevention Strategies, p. 27–51, 2011.

DURUIBE, J. O., OGWUEGBU, M. O. C. AND EGWURUGWU, J. N. Heavy metal pollution and human biotoxic effects. **International Journal of Physical Sciences Vol. 2 (5)**, pp. 112-118, v. 2, n. 5, p. 112–118, 2007.

Ema, M., Kobayashi, N., Naya, M., Hanai, S., & Nakanishi, J. Reproductive and developmental toxicity studies of manufactured nanomaterials. *Reproductive Toxicology*, 30(3), 343–352. 2010. <https://doi.org/10.1016/j.reprotox.2010.06.002>

Federação das Indústrias do Estado do Paraná (FIEP), PANORAMA INDUSTRIAL DO PARANÁ, 2016

Fernandes, F. H., Bustos-Obregon, E., & Salvadori, D. M. F. Disperse Red 1 (textile dye) induces cytotoxic and genotoxic effects in mouse germ cells. *Reproductive Toxicology*, 53, 75–81. 2015. <https://doi.org/10.1016/j.reprotox.2015.04.002>

Fewtrell, M. S., Edmonds, C. J., Isaacs, E., Bishop, N. J., & Lucas, A. Aluminium exposure from parenteral nutrition in preterm infants and later health outcomes during childhood and adolescence. *Proceedings of the Nutrition Society*, 70(3), 299–304. 2011. <https://doi.org/10.1017/S0029665111000498>

Fontes Fixas. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/qualidade-do-ar/fontes-fixas>>. Acesso em: 26/06/17.

Forns, J., Fort, M., Casas, M., Cáceres, A., Guxens, M., Gascon, M., ... Sunyer, J. (2014). Exposure to metals during pregnancy and neuropsychological development at the age of 4 years. *NeuroToxicology*, 40, 16–22. <https://doi.org/10.1016/j.neuro.2013.10.006>

Governo do Estado do Paraná , QUALIDADE DAS ÁGUAS DOS RESERVATÓRIOS DO ESTADO DO PARANÁ, IAP, 2017

Governo do Estado do Paraná, Relatório da Qualidade do Ar na Região Metropolitana de Curitiba, IAP, 2013

Grosse, Y., Baan, R., Straif, K., Secretan, B., Ghissassi, F. El, Bouvard, V., & Altieri, A. Carcinogenicity of 1, 3-butadiene, ethylene oxide, vinyl chloride, vinyl fluoride, and vinyl bromide. p. 679–680, 2008.

Guido, M., Sarcognato, S., Pelletti, G., Fassan, M., Murer, B., & Snenghi, R. Sequential development of hepatocellular carcinoma and liver angiosarcoma in a vinyl chloride exposed worker. **Human Pathology**, v. 57, p. 193–196, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.humpath.2016.07.021>

GUPTA, A. K.; KARAR, K.; SRIVASTAVA, A. Chemical mass balance source apportionment of PM 10 and TSP in residential and industrial sites of an urban region of Kolkata, India. v. 142, p. 279–287, 2007.

Hamzah, N. A., Bahri, S., Tamrin, M., Ismail, N. H. Metal Dust Exposure and Respiratory Symptoms among Steel Workers: A Dose-Response Relationship. **International Journal of Collaborative Research on Internal Medicine & Public Health**, v. 7, n. 3, p. 24–39, 2015.,c b

Harari, F., María, A., Concha, G., Llanos, M., Grandér, M., Castro, F., Vahter, M. Early-life exposure to lithium and boron from drinking water. **Reproductive Toxicology**, v. 34, n. 4, p. 552–560, 2012.

Harari, F., Langeén, M., Casimiro, E., Bottai, M., Palm, B., Nordqvist, H., Vahter, M. Environmental exposure to lithium during pregnancy and fetal size : A longitudinal study in the Argentinean Andes. **Environment International**, v. 77, p. 48–54, 2015.

Harari, F., Bottai, M., Casimiro, E., Palm, B., & Vahter, M. (2015). Exposure to Lithium and Cesium Through Drinking Water and Thyroid Function During Pregnancy: A Prospective Cohort Study. *Thyroid*, 25(11), 1199–1208. <https://doi.org/10.1089/thy.2015.0280>

Hartsfield, J. K. Jr, Lee, M., Morel, J. G., & Hilbelink, D. R. (1992). Statistical analysis of the effect of cadmium and zinc on hamster teratogenesis. *Biochemical Medicine and Metabolic Biology*, 48, 159–173.

HILL, C. Bisphenol A expert panel consensus statement : Integration of mechanisms, effects in animals and potential to. v. 24, p. 131–138, 2007.

Huang, C., Liu, W., Cai, J., Wang, X., Zou, Z., Sun, C. Household formaldehyde exposure and its associations with dwelling characteristics , lifestyle behaviours , and childhood health outcomes in. **Building and Environment**, v. 125, p. 143–152, 2017.

Huang, S., Wei, W., Weschler, L. B., Salthammer, T., Kan, H., Bu, Z., Zhang, Y. Indoor formaldehyde concentrations in urban China : Preliminary study of some important influencing factors. **Science of the Total Environment**, v. 590–591, p. 394–405, 2017.

Huel, G., Yazbeck, C., Burnel, D., Missy, P., & Kloppmann, W. Environmental boron exposure and activity of ??-aminolevulinic acid dehydratase (ALA-D) in a newborn population. *Toxicological Sciences*, 80(2), 304–309. 2004. <https://doi.org/10.1093/toxsci/kfh165>

IBGE, Estimativa da população do município de Araucária, Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pr/araucaria/panorama>>, Acesso em: Dezembro, 2017

Igra, A. M., Harari, F., Lu, Y., Casimiro, E., & Vahter, M. Boron exposure through drinking water during pregnancy and birth size. **Environment International**, v. 95, p. 54–60, 2016.

Inforçato, F., Ohe, P.C.V., Albuquerque, A.F., Vendemiatti, J.A.S., Azevedo, C.C.J., Honorio , J.C., Silva, B.F., Zanoni, M.V.B., Henry, T.B., Nogueira, A.J., Umbuzeiro, G.A.Chemosphere Occurrence and risk assessment of an azo dye e The case of Disperse. v. 156, 2016.

Inforçato, F., Fernandes, A., Aparecida, J., Alexandre, D., Ormond, A. B., Freeman, H. S., Umbuzeiro, G.A.Chlorine disinfection of dye wastewater : Implications for a commercial azo dye mixture. **Science of the Total Environment, The**, v. 442, p. 302–309, 2013. **Science of the Total Environment, The**, v. 442, p. 302–309, 2013.

Instituto Ambiental do Paraná, Inventário estadual de emissões atmosféricas de poluentes (MP, CO, NO_x, SO_x) e proposta para revisão e ampliação da rede de monitoramento da qualidade do ar do estado do Paraná, 2013

Instituto Ambiental do Paraná, Monitoramento da qualidade das águas dos rios da região metropolitana de Curitiba, no período de 2002 a 2005/ Instituto Ambiental do Paraná;. p.79; Curitiba: IAP, 2005

Instituto das Águas do Paraná; Disponível em <
<http://www.aguasparana.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=264><
 , Acesso em: Novembro, 2017.

Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba (IPPUC);
 Nosso Bairro: Cidade Industrial/ Lucimara Wons, Coord. _ Curitiba: IPPUC, 2015.

IPARDES, Caderno estatístico do município de Araucária, 2017.

IPARDES, Caderno estatístico do município de Curitiba, 2017.

JÄRUP, L. Hazards of heavy metal contamination. v. 68, p. 167–182, 2003.

Ji, Y. L., Wang, H., Liu, P., Zhao, X. F., Zhang, Y., Wang, Q., Xu, D. X. Effects of maternal cadmium exposure during late pregnant period on testicular steroidogenesis in male offspring. **Toxicology Letters**, v. 205, n. 1, p. 69–78, 2011.

Johnston, J. E., Valentiner, E., Maxson, P., Miranda, M. L., & Fry, R. C. (2014). Maternal cadmium levels during pregnancy associated with lower birth weight in infants in a North Carolina cohort. *PLoS ONE*, 9(10).
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0109661>

JOO, H.; CHAT, R. B.; BELL, M. L. Spatial analysis of concentrations of multiple air pollutants using NASA DISCOVER-AQ aircraft measurements : Implications for exposure assessment. v. 160, n. October 2017, p. 487–498, 2018.

Keri, R. A., Ho, S., Hunt, P. A., Knudsen, K. E., Soto, A. M., Prins, G. S. An evaluation of evidence for the carcinogenic activity of bisphenol A. v. 24, p. 240–252, 2007. <https://doi.org/10.1016/j.reprotox.2007.06.008>

Kim, Y., Ha, E. H., Park, H., Ha, M., Kim, Y., Hong, Y. C., Kim, B. N. (2013). Prenatal lead and cadmium co-exposure and infant neurodevelopment at 6 months of age: The Mothers and Children's Environmental Health (MOCEH) study. *NeuroToxicology*, 35(1), 15–22. <https://doi.org/10.1016/j.neuro.2012.11.006>

Kornblith, E. S., Casey, S. L., Lobdell, D. T., Colledge, M. A., Bowler, R. M. Environmental exposure to manganese in air : Tremor , motor and cognitive symptom profiles. **Neurotoxicology**, 2017.

Krewski, D., Yokel, R. A., Nieboer, E., Borchelt, D., Cohen, J., Harry, J., Rondeau, V. Human health risk assessment for aluminium, aluminium oxide, and aluminium hydroxide. **Journal of Toxicology and Environmental Health - Part B: Critical**

Reviews, 2007.

Leal, G.C.S.G., Farias, M.S.S., Araujo, A.F. (2008). O PROCESSO DE INDUSTRIALIZAÇÃO E SEUS IMPACTOS NO MEIO AMBIENTE URBANO, *QUALIT@S Revista Eletrônica*, ISSN 1677-4280 V7.n.1.

Lee, D., Jr, D. R. J., Park, H. Y., & Carpenter, D. O. A role of low dose chemical mixtures in adipose tissue in carcinogenesis. *Environment International*, v. 108, n. August, p. 170–175, 2017.

LEI Nº 9.433. Disponível em < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9433.htm>. Acesso em: 26/06/17.

Lin, Y. Y., Hwang, Y. H., Chen, P. C., Chen, B. Y., Wen, H. J., Liu, J. H., & Guo, Y. L. (2012). Contribution of gestational exposure to ambient traffic air pollutants to fetal cord blood manganese. *Environmental Research*, 112, 1–7. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2011.11.006>

Lindbohm, M. L., Hemminki, K., Kyyronen, P. Spontaneous abortions among women employed in the plastics industry. *American Journal of Industrial Medicine*, 8(6), 579–586. 1985. <https://doi.org/10.1002/ajim.4700080609>

Maiellaro, M., Costa, M. C., Vitoretti, L. B., Júnior, J. A. G., Câmara, N. O. S., Lima, W. T., Farsky, S.H.P., Franco, A. L.S. (2014). Exposure to low doses of formaldehyde during pregnancy suppresses the development of allergic lung inflammation in offspring. *Toxicology and Applied Pharmacology*, 278(3), 266–274. <https://doi.org/10.1016/j.taap.2014.05.003>

MENDEL, R. R.; SCHWARZ, G. Molybdenum cofactor biosynthesis in plants and humans. *Coordination Chemistry Reviews*, v. 255, n. 9–10, p. 1145–1158, 2011.

Micheli, A., Meneghini, E., Mariottini, M., Baldini, M., Baili, P., Di Salvo, F., & Sant, M. (2014). Risk of death for hematological malignancies for residents close to an Italian petrochemical refinery: a population-based case-control study. *Cancer Causes and Control*, 25(12), 1635–1644. <https://doi.org/10.1007/s10552-014-0468-1>

Mikołajewska, K., Stragierowicz, J., & Gromadzińska, J. (2016). Bisphenol A - Application, sources of exposure and potential risks in infants, children and pregnant women. *Medycyna Pracy*, 27(2), 209–241. <https://doi.org/10.13075/ijomeh.1896.00343>

MOORTHY, B.; CHU, C.; CARLIN, D. J. Polycyclic Aromatic Hydrocarbons : From Metabolism to Lung Cancer. *TOXICOLOGICAL SCIENCES*, v. 145, n. 1, p. 5–15, 2015.

Moreau, X., Jong, L. De, Pech, N., Arag, G. D. Multi-scale biomarker evaluation of the toxicity of a commercial azo dye (Disperse Red 1) in an animal model , the freshwater cnidarian *Hydra attenuata*. v. 96, p. 62–73, 2016.

MORRISON, S. J.; MUSHOVIC, P. S.; NIESEN, P. L. Early Breakthrough of Molybdenum and Uranium in a Permeable Reactive Barrier. *ENVIRONMENTAL SCIENCE & TECHNOLOGY*, v. 40, n. 6, p. 2018–2024, 2006.

Mousavian, N. A., Mansouri, N., & Nezhadkurki, F. (2017). Estimation of heavy metal exposure in workplace and health risk exposure assessment in steel industries in Iran. *Measurement*, *102*, 286–290.

<https://doi.org/10.1016/j.measurement.2017.02.015>

Oberdörster, G., Maynard, A., Donaldson, K., Castranova, V., Fitzpatrick, J., Ausman, K., Olin, S. Principles for characterizing the potential human health effects from exposure to nanomaterials : elements of a screening strategy. v. 35, p. 1–35, 2005.

OBERDÖRSTER, G.; OBERDÖRSTER, E.; OBERDÖRSTER, J. Review Nanotoxicology : An Emerging Discipline Evolving from Studies of Ultrafine Particles. v. 113, n. 7, p. 823–839, 2005.

ODABASI, M.; BAYRAM, A. Investigation of Soil Concentrations of Persistent Organic Pollutants , Trace Elements , and Anions Due to Iron – Steel Plant Emissions in an Industrial Region in Turkey. n. x, p. 375–388, 2010.

Oliveira, G. A. R., Ferraz, E. R. A., Chequer, F. M. D., Grando, M. D., Angeli, J. P. F., Tsuboy, M. S., Oliveira, D. P.; Chlorination treatment of aqueous samples reduces , but does not eliminate , the mutagenic effect of the azo dyes Disperse Red 1 , Disperse Red 13 and Disperse Orange 1. **Mutation Research - Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis**, v. 703, n. 2, p. 200–208, 2010.

Pacyna, E. G.; Pacyna, J. M. Global Emission Of Mercury From Anthropogenic Sources In 1995. p. 149–165, 2002.

Raabe, G. K., & Wong, O. (1996). Leukemia mortality by cell type in petroleum workers with potential exposure to benzene. *Environmental Health Perspectives*, *104*(SUPPL. 6), 1381–1392. <https://doi.org/10.2307/3433194>

Rahman, S. M., Kippler, M., Ahmed, S., Palm, B., El Arifeen, S., & Vahter, M. (2015). Manganese exposure through drinking water during pregnancy and size at birth: A prospective cohort study. *Reproductive Toxicology*, *53*(October 2003), 68–74. <https://doi.org/10.1016/j.reprotox.2015.03.008>

Ramos, C., Nardeli, C., Campos, K., Pena, K., Machado, D., Bandeira, A., Bezerra, F. Experimental and Toxicologic Pathology The exposure to formaldehyde causes renal dysfunction , inflammation and redox imbalance in rats. **Experimental and Toxicologic Pathology**, v. 69, n. 6, p. 367–372, 2017.

Rasheed, T., Bilal, M., Nabeel, F., Iqbal, M. N., Li, C., Zhou, Y. Science of the Total Environment Fluorescent sensor based models for the detection of environmentally-related toxic heavy metals. v. 615, p. 476–485, 2017.

RESOLUÇÃO CONAMA Nº 20, Disponível em: < <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res2086.html>>. Acesso em: 26/06/17.

RESOLUÇÃO Nº 436. Disponível em: < <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=660>>. Acesso em:

26/06/17.

RIIHIMÄKI, V.; AITIO, A. Occupational exposure to aluminum and its biomonitoring. v. 42, n. February, p. 827–853, 2012.

Röllin, H. B., Kootbodien, T., Theodorou, P., Odland, J. Ø. Prenatal exposure to manganese in South African coastal communities. *Environmental Science: Processes & Impacts*, v. 16, n. 8, p. 1903, 2014.

Rueff, J., Teixeira, J. P., Silva, L., & Francisco, J. Clinica Chimica Acta Genetic effects and biotoxicity monitoring of occupational styrene exposure. **Clinica Chimica Acta**, v. 399, n. 1–2, p. 8–23, 2009.

Santos, D.R; Uso de biomarcadores na avaliação da resposta de peixes à poluição aquática nos reservatórios do irai e passaúna, Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Biologia Celular e Molecular da UFPR, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Biologia Celular e Molecular, 2013

Santos, D. R., Yamamoto, F. Y., Neto, F. F., Randi, M. A. F., Garcia, J. E., Costa, D. D. M., Ribeiro, C. A. O. The applied indicators of water quality may underestimate the risk of chemical exposure to human population in reservoirs utilized for human supply—Southern Brazil. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 23, n. 10, p. 9625–9639, 2016.

Schreiner, C. A. Review of mechanistic studies relevant to the potential carcinogenicity of asphalts. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 59(2), 270–284. 2011. <https://doi.org/10.1016/j.yrtph.2010.10.010>

Schüler-faccini, L., Leite, J. C. L., Sanseverino, M. T. V., Pere, R. M. Avaliação de teratógenos na população brasileira. **Ciencia e Saude Coletiva**, v. 7, n. 1, p. 65–71, 2002.

Shapiro, G. D., Dodds, L., Arbuckle, T. E., Ashley-Martin, J., Fraser, W., Fisher, M., Ettinger, A. S. (2015). Exposure to phthalates, bisphenol A and metals in pregnancy and the association with impaired glucose tolerance and gestational diabetes mellitus: The MIREC study. *Environment International*, 83, 63–71. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2015.05.016>

Shirai, S., Suzuki, Y., Yoshinaga, J., & Mizumoto, Y. (2010). Maternal exposure to low-level heavy metals during pregnancy and birth size. *Journal of Environmental Science and Health. Part A, Toxic/hazardous Substances & Environmental Engineering*, 45(11), 1468–74. <https://doi.org/10.1080/10934529.2010.500942>

SHRIVASTAVA, A. K. Health hazards of foundries and forges. **Transactions of 57th IFC 2009**, v. 834003, p. 269–272, 2009.

Sioen, I., Den Hond, E., Nelen, V., Van de Mierop, E., Croes, K., Van Larebeke, N., Schoeters, G. (2013). Prenatal exposure to environmental contaminants and behavioural problems at age 7-8years. *Environment International*, 59, 225–231. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2013.06.014>

SMEDLEY, P. L.; KINNIBURGH, D. G. Molybdenum in natural waters : A review of

occurrence , distributions and controls. **Applied Geochemistry**, v. 84, p. 387–432, 2017.

SMITH, M. T. Advances in Understanding Benzene Health Effects and Susceptibility. **Annu Rev Public Health**, p. 133–148, 2010.

SNYDER, R. Overview of the Benzene Problem OVERVIEW OF THE TOXICOLOGY OF BENZENE. 2000.

Tkatcheva, V., Poirier, D., Chong-kit, R., Furdui, V. I., Burr, C., Leger, R., Simmons, D. B. D. Lithium an emerging contaminant : Bioavailability , effects on protein expression , and homeostasis disruption in short-term exposure of rainbow trout. **Aquatic Toxicology**, v. 161, p. 85–93, 2015.

ULUISIK, I.; KARAKAYA, H. C.; KOC, A. Journal of Trace Elements in Medicine and Biology The importance of boron in biological systems. **Journal of Trace Elements in Medicine and Biology**, v. 45, n. October 2017, p. 156–162, 2017.

Vandenberg, L. N., Hauser, R., Marcus, M., Olea, N., & Welshons, W. V. Human exposure to bisphenol A (BPA). v. 24, p. 139–177, 2007.

Vázquez-Salas, R. A., López-Carrillo, L., Menezes-Filho, J. A., Rothenberg, S. J., Cebrián, M. E., Schnaas, L., Torres-Sánchez, L. (2014). Prenatal molybdenum exposure and infant neurodevelopment in Mexican children. *Nutritional Neuroscience*, 17(2), 72–80. <https://doi.org/10.1179/1476830513Y.0000000076>

Wu, C., Zhang, Y., Chai, L., & Wang, H. (2017). Oxidative stress, endocrine disruption, and malformation of *Bufo gargarizans* embryo exposed to sub-lethal cadmium concentrations. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 49, 97–104. <https://doi.org/10.1016/j.etap.2016.12.005>

XAVIER, C.F.; Avaliação da influência do uso e ocupação do solo e de características geomorfológicas sobre a qualidade das Águas de dois Reservatórios da Região metropolitana de Curitiba- Paraná. Dissertação apresentada como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Solos. Programa de Pós-Graduação em Ciências do Solo, UFPR.; 2005.

Xiong, J., Zhang, P., Huang, S., Zhang, Y. Comprehensive influence of environmental factors on the emission rate of formaldehyde and VOCs in building materials : Correlation development and exposure assessment. **Environmental Research**, v. 151, p. 734–741, 2016.

Yokel, R. A., Krewski, D., Nieboer, E., Borchelt, D., Cohen, J., Harry, J., Rondeau, V. Human Health Risk Assessment for Aluminium , Aluminium Oxide , and Aluminium Hydroxide. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part B*, 10:1–269, 2007

Yu, X. D., Zhang, J., Yan, C. H., & Shen, X. M. (2014). Prenatal exposure to manganese at environment relevant level and neonatal neurobehavioral development. *Environmental Research*, 133, 232–238. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2014.04.012>

Yu, Y., Li, Q., Wang, H., Wang, B., Wang, X., Ren, A., Tao, S. Risk of human exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons : A case study in Beijing, China.

Environmental Pollution, v. 205, p. 70–77, 2015.

Zawilla, N. H., Taha, F. M., Kishk, N. A., Farahat, S. A., Farghaly, M., & Hussein, M. (2014). Occupational exposure to aluminum and its amyloidogenic link with cognitive functions. *Journal of Inorganic Biochemistry*, 139, 57–64.
<https://doi.org/10.1016/j.jinorgbio.2014.06.003>

ANEXO I - Resolução CONAMA nº 382/2006

Conforme consta no ANEXO I, este estabelece os seguintes limites de emissão para poluentes atmosféricos provenientes de processos de geração de calor a partir da combustão externa de óleo combustível:

Potência térmica nominal (MW)	MP ⁽¹⁾	NO _x ⁽¹⁾ (como NO ₂)	SO _x ⁽¹⁾ (como SO ₂)
MW < 10	300	1600	2700
10 ≤ MW ≤ 70	250	1000	2700
MW > 70	100	1000	1800

⁽¹⁾ os resultados devem ser expressos na unidade de concentração mg/Nm³, em base seca a 3% de oxigênio.

Já o ANEXO II trata dos limites de emissão para poluentes atmosféricos provenientes de processos de geração de calor a partir da combustão externa de gás natural, são eles:

Potência térmica nominal (MW)	NO _x ⁽¹⁾ (como NO ₂)
MW < 10	NA ⁽²⁾
10 ≤ MW ≤ 70	400
MW > 70	320

⁽¹⁾ os resultados devem ser expressos na unidade de concentração mg/Nm³, em base seca a 3% de oxigênio.

⁽²⁾ Não aplicável.

O ANEXO III estabelece os limites de emissão para poluentes atmosféricos provenientes de processos de geração de calor a partir da combustão externa de biomassa de cana-de-açúcar.

Potência térmica nominal (MW)	MP ⁽¹⁾	NO _x ⁽¹⁾ (como NO ₂)
MW < 50	520	NA
50 ≤ MW ≤ 100	450	350
MW > 100	390	350

⁽¹⁾ os resultados devem ser expressos na unidade de concentração mg/Nm³, em base seca a 8% de oxigênio.

NA - Não aplicável.

Segundo o ANEXO IV ficam estabelecidos, na tabela a seguir, os seguintes limites de emissão para poluentes atmosféricos provenientes de processos de geração de calor a partir da combustão de derivados da madeira:

Potência térmica nominal (MW)	MP ⁽¹⁾	NOx ⁽¹⁾ (como NO ₂)
MW < 10	730	NA
10 ≤ MW ≤ 50	520	650
MW > 50	300	650

⁽¹⁾ os resultados devem ser expressos na unidade de concentração mg/Nm³, em base seca a 8% de oxigênio.

NA - Não aplicável.

Ficam estabelecidos, pelo ANEXO V, os seguintes limites de emissão para poluentes atmosféricos oriundos de processos de geração de energia elétrica por turbinas a gás:

Tabela 1. Turbinas com potência maior que 100 MWe.

Turbina por tipo de combustível	Limites de Emissão			
	NOx ⁽¹⁾ (como NO ₂)	CO ⁽¹⁾	SOx ⁽¹⁾	MP ⁽¹⁾
Gás natural	50	65	NA	NA
Comb. auxiliar líquido	135	NA	200	50

⁽¹⁾ Os resultados devem ser expressos na unidade de concentração mg/Nm³, em base seca a 15% de oxigênio.

NA - Não aplicável

Tabela 2. Turbinas a gás com capacidade menor que 100 MWe que estejam em empreendimentos nos quais o somatória total de geração elétrica for superior a 100 MWe.

Turbina por tipo de combustível	Limites de Emissão			
	NOx ⁽¹⁾ (como NO ₂)	CO ⁽¹⁾	SOx ⁽¹⁾	MP ⁽¹⁾
Gás natural	90	65	NA	NA
Comb. auxiliar líquido	135	NA	200	50

⁽¹⁾ Os resultados devem ser expressos na unidade de concentração mg/Nm³, em base seca a 15% de oxigênio.

NA - Não aplicável

Com o ANEXO VI ficam estabelecidos os limites de emissão para poluentes atmosféricos gerados em processos de refinarias de petróleo conforme os itens a seguir, discriminados por tipo de fonte:

3.1 Fornos e caldeiras queimando gás de refinaria.

Potência térmica nominal (MW)	MP ⁽¹⁾	SO _x (1)(como SO ₂)
MW < 10	150	70
10 ≤ MW ≤ 70	125	70
MW > 70	50	70

⁽¹⁾ As concentrações devem ser expressas em mg/Nm³, em base seca a 3% de oxigênio.

3.2 Unidade de craqueamento catalítico fluido - Caldeiras de monóxido de carbono ou recuperadoras dos gases dos regeneradores.

MP ⁽¹⁾ a 8% O ₂	SO _x ⁽¹⁾ (como SO ₂) a 3% O ₂	NO _x ⁽¹⁾ (como NO ₂) a 3% O ₂
75 ⁽²⁾	1.200	600

⁽¹⁾ As concentrações devem ser expressas em mg/Nm³, em base seca e na concentração de oxigênio especificada para cada poluente.

⁽²⁾ Não sendo contabilizada a massa de sulfato.

3.3 Unidade de recuperação de enxofre - URE.

As UREs devem atender durante todo o seu ciclo de vida uma eficiência de recuperação mínima de enxofre, de acordo com a tabela a seguir.

	URE com 2 estágios	URE com 3 estágios
Eficiência de recuperação mínima de enxofre	94%	96%

3.4 Conversor de amônia.

Eficiência de destruição de amônia	NOx (expresso como NO ₂) Base seca - 1% de O ₂
98%	720 mg/Nm ³

De acordo com o ANEXO VII, ficam estabelecidos os seguintes limites de emissão para poluentes atmosféricos provenientes de processos de fabricação de celulose:

Equipamento	MP ⁽¹⁾	ERT ⁽¹⁾ (expresso como SO ₂)	SO _x ⁽¹⁾ (expresso como SO ₂)	NO _x ⁽¹⁾ (expresso como NO ₂)
Caldeira de Recuperação (≤2000 tSS ⁽²⁾ /d de capacidade nominal)	240	15	100	470
Caldeira de Recuperação (>2000 tSS ⁽²⁾ /d de capacidade nominal)	150	15	100	470
Tanque de Dissolução	0,5 kg/tSS ⁽²⁾	0,08 kg/tSS ⁽²⁾	NA ⁽³⁾	NA ⁽³⁾
Forno de Cal	180	30	NA ⁽³⁾	470

(1) os resultados devem ser expressos na unidade de concentração mg/Nm³, em base seca a 8% de oxigênio, com exceção dos limites estabelecidos para o tanque de dissolução;

(2) tSS - toneladas de sólidos secos;

(3) N.A. - não aplicável.

Segundo o ANEXO VIII, estes são os limites de emissão para poluentes atmosféricos provenientes de processos de fusão secundária de chumbo:

Processo	Limites de Emissão ⁽¹⁾		
	MP	SOx (como SO ₂)	Pb
Recuperação de chumbo	50	500	5
Refino de chumbo	NA	NA	0,2
Produção de óxido de chumbo ou zarcão	NA	NA	5 ⁽²⁾
Produção de grades para baterias	NA	NA	0,4
Linha de produção e montagem de baterias	NA	NA	1
Preparo da massa	NA	NA	1
Empastamento	NA	NA	1
Moinho de óxido	NA	NA	1
Enchimento de placas	NA	NA	1
Produção de sais de chumbo	NA	NA	1
Soldas de chumbo	NA	NA	1
Banhos de chumbo	NA	NA	0,2

⁽¹⁾ Os resultados devem ser expressos na unidade de concentração mg/Nm³, em base seca e sem diluição.

⁽²⁾ para a “produção de óxido de chumbo ou zarcão” o limite de emissão será expresso em mg de chumbo emitido na chaminé por kg chumbo alimentado no reator.

NA - Não aplicável

Pelo ANEXO IX, ficam estabelecidos, nas tabelas a seguir, os limites de emissão para poluentes atmosféricos provenientes de processos de produção de alumínio primário existentes:

Tabela 1. Limites de emissão para fábricas de alumínio primário com capacidade de produção acima de 120.000 toneladas por ano.

Fontes de Emissão (Unidades de medida)	Limites de emissão	
	Material Particulado	Fluoreto Total
Forno de Calcinação (kg/t Alumina)	2,00	NA
Sala de Cubas (kg/t Al) ⁽²⁾	4,80	1,15
Forno de Cozimento de Anodos (kg/t Equivalente Al)	0,50	0,20
Total da Redução (kg/t Al) ^{(1) (3) (4)}	5,00	1,25

(1) As emissões das fontes das salas de cubas e do forno de cozimento de anodos são limitadas pelos valores acima, desde que a soma destas emissões não ultrapassem os valores fixados para o Total da Redução por meio de medições realizadas numa mesma campanha;

(2) Soma das emissões da saída do sistema de controle primário e lanterim;

(3) A emissão Total da Redução, compreende as emissões das Salas de Cubas e Fornos de Cozimento de Anodos;

(4) Os limites de emissão para empresa existente com tecnologia de anodos Soderberg com capacidade superior a 120.000 t/ano serão estabelecidos pelo órgão ambiental licenciador, devendo estar compatível com os limites fixados para o Total da Redução, desta tabela;

NA - Não Aplicável.

Tabela 2. Limites de emissão para fábricas de alumínio primário com capacidade de produção igual ou menor que 120.000 toneladas por ano.

Fontes de Emissão (Unidades de medida)	Limites de emissão	
	Material Particulado	Fluoreto Total
Forno de Calcinação de Hidrato (kg/t Alumina)	2,00	NA
Sala de Cubas (kg/t Al)	7,5	2,5

NA - Não Aplicável.

Por meio do ANEXO X, são estabelecidos os seguintes limites de emissão para poluentes atmosféricos provenientes de fornos de fusão de vidro:

Tipo	Classificação	(kg/tvf) ⁽¹⁾
Particulado	Receita soda-cal	0,4
	Receita borossilicato	0,8
	Receita chumbo e outras	NA
NO _x	Vidro claro (Incolor) ⁽²⁾	
	Doméstico	4,5
	Plano	4,3
	Embalagem	3,2
	Especial: lâmpadas	4,5
	Especial: fibras de vidro isolantes e isoladores elétricos	4,5
	Vidro colorido ⁽³⁾	
	Doméstico	7,5
	Plano	6,7
	Embalagem	5,4
SO _x	Combustível: gás natural	1,4
	Combustível: óleo combustível	5,0

(1) (kg/tvf) = quilograma por tonelada de vidro fundido;

(2) Não inclui vidros incolores com receitas que contém nitratos em concentrações iguais ou superiores a 1%;

(3) Inclui vidros incolores com receitas que contém nitratos em concentrações iguais ou superiores a 1%.

Conforme consta no ANEXO XI, os limites estabelecidos de emissão para poluentes atmosféricos provenientes de processos de produção de cimento são:

Equipamentos	MP*	Óxidos de nitrogênio (como NO ₂)
Fornos de clínquer sem coprocessamento	50 ⁽¹⁾⁽⁴⁾	1000 ⁽³⁾⁽⁴⁾
Fornos de clínquer com coprocessamento	50 ⁽¹⁾⁽⁴⁾	800 ⁽³⁾⁽⁴⁾
Resfriadores de clínquer	50	NA
Moinhos de cimento	50	NA
Secadores de escória e de areia	50 ⁽²⁾	NA
Ensacadeiras	50	NA

* os resultados devem ser expressos na unidade de concentração mg/Nm³, em base seca e com o teor de oxigênio definido para cada fonte.

(1) teor de oxigênio - 11%

(2) teor de oxigênio - 18%

(3) teor de oxigênio - 10%

(4) Para fornos de clínquer via úmida e via semiúmida (vertical) os valores de emissão serão definidos pelo órgão ambiental licenciador.

NA - Não aplicável

O ANEXO XII estabelece os limites de emissão de poluentes atmosféricos gerados na produção de fertilizantes, ácido sulfúrico, ácido nítrico e ácido fosfórico

Tabela 1 - Limites máximos de emissão para fontes fixas existentes nas unidades de fabricação de fertilizantes.

Unidade de Produção	Fontes de emissão	Amônia ⁽¹⁾	Fluoretos Totais ⁽¹⁾	MP ⁽¹⁾
Misturadoras	Misturadores /Peneiramento/ Transferências	NA	NA	75
Beneficiamento Concentrado Fosfático	Secagem	NA	NA	150
	Moagem e Transferências	NA	NA	75
Fertilizantes Fosfatados (exceto MAP e DAP)**	Acidulação/Granulação (Granuladores / Secadores e Resfriadores)	NA	0,10 kg/t P ₂ O ₅ alim.	75
	Classificação e Transferências	NA	NA	75
Fertilizantes Fosfatados: MAP e DAP	Neutralização /Amoniação/Granulação	0,02 kg/t produto	0,03 kg/t P ₂ O ₅ alim.	75
	Secadores e Resfriadores	NA		75
	Classificação e Transferências	NA	NA	
Fertilizantes Nitrogenados	Evaporação, Granulação e Perolação	60*	NA	75
	Secadores, Resfriadores, Classificação e Transferências	NA	NA	75

(1) Expressos em mg/Nm³ - base seca, a menos que explicitado de outra forma;

NA = Não aplicável.

* Não se aplica em unidades de ureia existentes com tecnologia de perolação.

** Não se aplica às unidades de produção de termofosfato.

Tabela 2 - Limites máximos de emissão para fontes fixas existentes na fabricação de ácido sulfúrico.

Unidade de Produção	Fontes de emissão	SO ₂ ⁽¹⁾	SO ₃ ⁽¹⁾
Ácido Sulfúrico (H ₂ SO ₄)*	Torre de absorção de H ₂ SO ₄ - Dupla absorção	2,0 kg/t de H ₂ SO ₄ a 100%	0,15 kg/t H ₂ SO ₄ a 100%

(1) resultados expressos em base seca.

* Não se aplicam às plantas de simples absorção convertidas para dupla absorção e plantas de ácido sulfúrico integradas a processos de ustulação de minério.

Tabela 3 - Limites máximos de emissão para fontes fixas existentes na fabricação de ácido nítrico.

Unidade de Produção	Fontes de emissão	NO _x (como NO ₂) ¹
Ácido Nítrico (HNO ₃)*	Torre de absorção de HNO ₃	1,6 kg/t de HNO ₃ a 100%

(1) resultados expressos em base seca ;

* Não se aplicam às plantas de baixa pressão ou baixa escala de produção, menor que 120 t/dia.

Tabela 4 - Limites máximos de emissão para fontes fixas existentes na fabricação de ácido fosfórico.

Unidade de Produção	Fontes de emissão	Fluoreto Total ⁽¹⁾	MP ⁽¹⁾
Ácido Fosfórico (H ₃ PO ₄)	Reação de formação de H ₃ PO ₄ , filtragem e concentração	0,04 kg/t de P ₂ O ₅ alimentado	75 mg/Nm ³

(1) Resultados expressos em base seca.

De acordo com o ANEXO XIII, tais são os limites de emissão para poluentes atmosféricos gerados nas indústrias siderúrgicas integradas e semi-integradas e usinas de pelotização de minério de ferro:

3. Ficam estabelecidos os seguintes limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos gerados em Indústrias Siderúrgicas Integradas e Semi-Integradas:

Unidade de Produção	Fontes de Emissão Pontual	MP ⁽¹⁾	SO ₂ ⁽¹⁾	NO _x ⁽¹⁾ (como NO ₂)	% O ₂
Coqueria	Sistema de Despoeiramento do Desenformamento	40	NA	NA	NA
	Câmara de Combustão dos Fornos de Coque	50	800	700	7%
Sinterização	Sistema Primário de Despoeiramento	70	600	700	NA
	Sistema Secundário de Despoeiramento	70	NA	NA	
Alto forno a Coque	Sistema de Despoeiramento da Casa de Estocagem	40	NA	NA	
	Sistema de Despoeiramento da Casa ou Ala de Corrida	40	NA	NA	
Alto Forno a Carvão Vegetal	Sistema de Despoeiramento da Casa de Estocagem	50	NA	NA	
	Sistema de Despoeiramento da Casa ou Ala de Corrida	50	NA	NA	
Aciaria LD	Sistema Primário de Despoeiramento	80	NA	NA	
	Sistema Secundário de Despoeiramento	40	NA	NA	
	Sistema de Despoeiramento da Dessulfuração de Gusa	40	NA	NA	
	Sistema de Despoeiramento dos Fornos de Cal	100	NA	470	
Aciaria Elétrica	Sistema Primário e Secundário de Despoeiramento ⁽²⁾	≤ 50 t/c: 50	NA	NA	NA
		> 50 t/c: 40			
Laminação	Fornos de Reaquecimento de Placas com Queima de Gases Siderúrgicos	60	1000	700	7%
Pelotização	Sistema de Exaustão do Forno de Pelotização	70	700	700	NA
Central Termelétrica	Caldeira com Queima de Gases Siderúrgicos	60	600	350	5%

⁽¹⁾ Os resultados devem ser expressos na unidade de concentração mg/Nm³, em base seca e no teor de O₂ explicitado. ⁽²⁾ t/c = toneladas de aço/corrida. NA = Não Aplicável.

6. Deverão ser atendidos os limites de emissão estabelecidos neste anexo para cada parâmetro das fontes da siderurgia conforme prazos (em anos) definidos a seguir:

Unidade de Produção	Fontes de Emissão Pontual	Parâmetros		
		MP	SO ₂	NO _x
Coqueria	Sistema de Despoeiramento do Desenformamento	5	NA	NA
	Câmara de Combustão dos Fornos de Coque	7	3	3
Sinterização	Sistema Primário de Despoeiramento	7	3	3
	Sistema Secundário de Despoeiramento	7	NA	NA
Alto forno a Coque	Sistema de Despoeiramento da Casa de Estocagem	7	NA	NA
	Sistema de Despoeiramento da Casa ou Ala de Corrida	5	NA	NA
Alto Forno a Carvão Vegetal	Sistema de Despoeiramento da Casa de Estocagem	3	NA	NA
	Sistema de Despoeiramento da Casa ou Ala de Corrida	3	NA	NA
Aciaria LD	Sistema Primário de Despoeiramento	3	NA	NA
	Sistema Secundário de Despoeiramento	5	NA	NA
	Sistema de Despoeiramento da Dessulfuração de Gusa	5	NA	NA
	Sistema de Despoeiramento dos Fornos de Cal	3	NA	3
Aciaria Elétrica	Sistema Primário e Secundário de Despoeiramento	3	NA	NA
Laminação	Fornos de Reaquecimento de Placas com Queima de Gases Siderúrgicos	5	7	3
Pelotização	Sistema de Exaustão do Forno de Pelotização	3	3	3
Central Termelétrica	Caldeira com Queima de Gases Siderúrgicos	5	3	3

NA = Não Aplicável.

ANEXO II - Resolução CONAMA nº 20, de 18 de junho de 1986

Publicado no D.O.U. de 30/07/86

O CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA, no uso das atribuições que lhe confere o art. 7º, inciso IX, do Decreto 88.351, de 1º de junho de 1983, e o que estabelece a RESOLUÇÃO CONAMA Nº 003, de 5 de junho de 1984;

Considerando ser a classificação das águas doces, salobras e salinas essencial à defesa de seus níveis de qualidade, avaliados por parâmetros e indicadores específicos, de modo a assegurar seus usos preponderantes;

Considerando que os custos do controle de poluição podem ser melhor adequados quando os níveis de qualidade exigidos, para um determinado corpo d'água ou seus diferentes trechos, estão de acordo com os usos que se pretende dar aos mesmos;

Considerando que o enquadramento dos corpos d'água deve estar baseado não necessariamente no seu estado atual, mas nos níveis de qualidade que deveriam possuir para atender às necessidades da comunidade;

Considerando que a saúde e o bem-estar humano, bem como o equilíbrio ecológico aquático, não devem ser afetados como consequência da deterioração da qualidade das águas;

Considerando a necessidade de se criar instrumentos para avaliar a evolução da qualidade das águas, em relação aos níveis estabelecidos no enquadramento, de forma a facilitar a fixação e controle de metas visando atingir gradativamente os objetivos permanentes;

Considerando a necessidade de reformular a classificação existente, para melhor distribuir os usos, contemplar as águas salinas e salobras e melhor especificar os parâmetros e limites associados aos níveis de qualidade requeridos, sem prejuízo de posterior aperfeiçoamento ;

RESOLVE estabelecer a seguinte classificação das águas, doces, salobras e salinas do Território Nacional:

Art. 1º - São classificadas, segundo seus usos preponderantes, em nove classes, as águas doces, salobras e salinas do Território Nacional :

ÁGUAS DOCES

I - Classe Especial - águas destinadas:

- a) ao abastecimento doméstico sem prévia ou com simples desinfecção.
- b) à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas.

II - Classe 1 - águas destinadas:

- a) ao abastecimento doméstico após tratamento simplificado;

- b) à proteção das comunidades aquáticas;
- c) à recreação de contato primário (natação, esqui aquático e mergulho);
- d) à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao Solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película.
- e) à criação natural e/ou intensiva (aquicultura) de espécies destinadas á alimentação humana.

III - Classe 2 - águas destinadas:

- a) ao abastecimento doméstico, após tratamento convencional;
- b) à proteção das comunidades aquáticas;
- c) à recreação de contato primário (esqui aquático, natação e mergulho);
- d) à irrigação de hortaliças e plantas frutíferas;
- e) à criação natural e/ou intensiva (aquicultura) de espécies destinadas à alimentação humana.

IV - Classe 3 - águas destinadas:

- a) ao abastecimento doméstico, após tratamento convencional;
- b) à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras;
- c) à dessedentação de animais.

V - Classe 4 - águas destinadas:

- a) à navegação;
- b) à harmonia paisagística;
- c) aos usos menos exigentes.

ÁGUAS SALINAS

VI - Classe 5 - águas destinadas:

- a) à recreação de contato primário;
- b) à proteção das comunidades aquáticas;
- c) à criação natural e/ou intensiva (aquicultura) de espécies destinadas à alimentação humana.

VII - Classe 6 - águas destinadas:

- a) à navegação comercial;
- b) à harmonia paisagística;
- c) à recreação de contato secundário.

ÁGUAS SALOBRAS

VIII - Classe 7 - águas destinadas:

- a) à recreação de contato primário;
- b) à proteção das comunidades aquáticas;

c) à criação natural e/ou intensiva (aquicultura) de espécies destinadas à alimentação humana.

IX - Classe 8 - águas destinadas:

- a) à navegação comercial;
- b) à harmonia paisagística;
- c) à recreação de contato secundário

Art. 2º - Para efeito desta resolução são adotadas as seguintes definições.

- a) CLASSIFICAÇÃO: qualificação das águas doces, salobras e salinas com base nos usos preponderantes (sistema de classes de qualidade).
- b) ENQUADRAMENTO: estabelecimento do nível de qualidade (classe) a ser alcançado e/ou mantido em um segmento de corpo d'água ao longo do tempo.
- c) CONDIÇÃO: qualificação do nível de qualidade apresentado por um segmento de corpo d'água, num determinado momento, em termos dos usos possíveis com segurança adequada.
- d) EFETIVAÇÃO DO ENQUADRAMENTO: conjunto de medidas necessárias para colocar e/ou manter a condição de um segmento de corpo d'água em correspondência com a sua classe.
- e) ÁGUAS DOCES: águas com salinidade igual ou inferior a 0,50 ‰.
- f) ÁGUAS SALOBRAS: águas com salinidade igual ou inferior a 0,5 ‰ e 30 ‰.
- g) ÁGUAS SALINAS: águas com salinidade igual ou superior a 30 ‰.

Art. 3º - Para as águas de Classe Especial, são estabelecidos os limites e/ou condições seguintes:

COLIFORMES: para o uso de abastecimento sem prévia desinfecção os coliformes totais deverão estar ausentes em qualquer amostra.

Art. 4º - Para as águas de classe 1, são estabelecidos os limites e/ou condições seguintes:

- a) materiais flutuantes, inclusive espumas não naturais: virtualmente ausentes;
- b) óleos e graxas: virtualmente ausentes;
- c) substâncias que comuniquem gosto ou odor: virtualmente ausentes;
- d) corantes artificiais: virtualmente ausentes;
- e) substâncias que formem depósitos objetáveis: virtualmente ausentes;
- f) coliformes: para o uso de recreação de contato primário deverá ser obedecido o Art. 26 desta Resolução. As águas utilizadas para a irrigação de hortaliças ou plantas frutíferas que se desenvolvam rentes ao Solo e que são consumidas cruas, sem remoção de casca ou película, não devem ser poluídas por excrementos humanos, ressaltando-se a

necessidade de inspeções sanitárias periódicas. Para os demais usos, não deverá ser excedido um limite de 200 coliformes fecais por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 5 amostras mensais colhidas em qualquer mês; no caso de não haver na região meios disponíveis para o exame de coliformes fecais, o índice limite será de 1.000 coliformes totais por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 5 amostras mensais colhidas em qualquer mês.

- g) DBO₅ dias a 20°C até 3 mg/l O₂;
- h) OD, em qualquer amostra, não inferior a 6 mg/l O₂;
- i) Turbidez até 40 unidades nefelométrica de turbidez (UNT);
- j) cor: nível de cor natural do corpo de água em mg Pt/l
- l) pH: 6,0 a 9,0;
- m) substâncias potencialmente prejudiciais (teores máximos) :

Alumínio:	0,1 mg/l Al
Amônia não ionizável:	0,02 mg/l NH ₃ .
Arsênio:	0,05 mg/l As
Bário:	1,0 mg/l Ba.
Berílio:	0,1 mg/l Be
Boro:	0,75 mg/l B
Benzeno :	0,01 mg/l
Benzo-a-pireno:	0,00001 mg/l
Cádmio:	0,001 mg/l Cd
Cianetos:	0,01 mg/l CN
Chumbo:	0,03 mg/l Pb
Cloretos:	250 mg/l Cl
Cloro Residual:	0,01 mg/l Cl
Cobalto:	0,2 mg/l Co
Cobre:	0,02 mg/l Cu
Cromo Trivalente:	0,5 mg/l Cr
Cromo Hexavalente:	0,05 mg/l Cr
1,1 dicloroetano :	0,0003 mg/l
1,2 dicloroetano:	0,01 mg/l
Estanho;	2,0 mg/l Sn
Índice de Fenóis:	0,001 mg/l C ₆ H ₅ OH
Ferro solúvel:	0,3 mg/l Fe

Fluoretos:	1,4 mg/l F
Fosfato total:	0,025 mg/l P
Lítio:	2,5 mg/l Li
Manganês:	0,1 mg/l Mn
Mercúrio:	0,0002 mg/l Hg
Níquel:	0,025 mg/l Ni
Nitrato:	10 mg/l N
Nitrito:	1,0 mg/l N
Prata:	0,01mg/l Ag
Pentaclorofenol:	0,01 mg/l
Selênio:	0,01mg/l Se
Sólidos dissolvidos totais:	500 mg/l
Substâncias tenso-ativas quereagem com o azul de metileno :	0,5 mg/l LAS
Sulfatos:	250 mg/l SO ₄
Sulfetos (como H ₂ S não dissociado):	0,002 mg/l S
Tetracloroetano:	0,01 mg/l
Tricloroetano:	0,03 mg/l
Tetracloroeto de carbono:	0,003 mg/l
2, 4, 6 triclorofenol:	0,01 mg/l
Urânio total:	0,02 mg/l U
Vanádio:	0,1 mg/l V
Zinco:	0,18 mg/l Zn
Aldrin:	0,01 mg/l
Clordano:	0,04 µg/l
DDT;	0,002 µg/l
Dieldrin:	0,005 µg/l
Endrin:	0,004 µg/l
Endossulfan:	0,056 µg/l
Epóxido de Heptacloro:	0,01 µg/l
Heptacloro:	0,01 µg/l
Lindano (gama.BHC)	0,02 µg/l
Metoxicloro:	0,03 µg/l

Dodecacloro + Nonacloro:	0,001 µg/l
Bifenilas Policloradas (PCB'S):	0,001 µg/l
Toxafeno:	0,01 µg/l
Demeton:	0,1 µg/l
Gution:	0,005 µg/l
Malation:	0,1 µg/l
Paration:	0,04 µg/l
Carbaril:	0,02 µg/l
Compostos organofosforados e carbamatos totais:	10,0 µg/l em Paration
2,4 - D:	4,0 µg/l
2,4,5 - TP:	10,0 µg/l
2,4,5 - T:	2,0 µg/l

Art. 5º - Para as águas de Classe 2, são estabelecidos os mesmos limites ou condições da Classe 1, à exceção dos seguintes:

- a) não será permitida a presença de corantes artificiais que não sejam removíveis por processo de coagulação, sedimentação e filtração convencionais;
- b) Coliformes: para uso de recreação de contato primário deverá ser obedecido o Art. 26 desta Resolução. Para os demais usos, não deverá ser excedido uma limite de 1.000 coliformes fecais por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 5 amostras mensais colhidas em qualquer mês; no caso de não haver, na região, meios disponíveis para o exame de coliformes fecais, o índice limite será de até 5.000 coliformes totais por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 5 amostras mensais colhidas em qualquer mês;
- c) Cor: até 75 mg Pt/l
- d) Turbidez: até 100 UNT;
- e) DBO₅ dias a 20°C até 5 mg/l O₂;
- f) OD, em qualquer amostra, não inferior a 5 mg/l O₂.

Art. 6º - Para as águas de Classe 3 são estabelecidos os limites ou condições seguintes:

- a) materiais flutuantes, inclusive espumas não naturais: virtualmente ausentes;
- b) óleos e graxas: virtualmente ausentes;
- c) substâncias que comuniquem gosto ou odor: virtualmente ausentes;
- d) não será permitida a presença de corantes artificiais que não sejam removíveis por processo de coagulação, sedimentação e filtração convencionais;
- e) substâncias que formem depósitos objetáveis: virtualmente ausentes;

f) número de coliformes fecais até 4.000 por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 5 amostras mensais colhidas em qualquer mês; no caso de não haver, na região, meios disponíveis para o exame de coliformes fecais, índice limite será de até 20.000 coliformes totais por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 5 amostras mensais colhidas em qualquer mês;

g) DBO₅ dias a 20°C até 10 mg/l O₂;

h) OD, em qualquer amostra, não inferior a 4 mg/l O₂

1) Turbidez: até 100 UNT;

j) Cor: até 75 mg Pt/l;

l) pH: 6,0 a 9,0

m) Substâncias potencialmente prejudiciais (teores máximos) :

Alumínio:	0,1 mg/l Al
Arsênio:	0,05 mg/l As
Bário:	1,0 mg/l Ba
Berílio:	0,1 mg/l Be
Boro:	0,75 mg/l B
Benzeno:	0,01 mg/l
Benzo-a-pireno:	0,00001 mg/l
Cádmio:	0,01 mg/l Cd
Cianetos:	0,2 mg/l CN
Chumbo:	0,05 mg/l Pb
Cloretos:	250 mg/l Cl
Cobalto:	0,2 mg/l Co
Cobre:	0,5 mg/l Cu
Cromo Trivalente:	0,5 mg/l Cr
Cromo Hexavalente:	0,05 mg/l Cr
1,1 dicloroetano:	0,0003 mg/l
1.2 dicloroetano:	0,01 mg/l
Estanho:	2,0 mg/l Sn
Índice de Fenóis:	0,3 mg/l C ₆ H ₅ OH
Ferro solúvel:	5,0 mg/l Fe
Fluoretos:	1,4 mg/l F
Fosfato total:	0,025 mg/l P
Lítio:	2,5 mg/l Li

Manganês:	0,5 mg/l Mn
Mercúrio:	0,002 mg/l Hg
Níquel:	0,025 mg/l Ni
Nitrato:	10 mg/l N
Nitrito:	1,0 mg/l N
Nitrogênio amoniacal:	1,0 mg/l N
Prata:	0,05 mg/l Ag
Pentaclorofenol:	0,01 mg/l
Selênio:	0,01mg/l Se
Sólidos dissolvidos totais:	500 mg/l
Substâncias tenso-ativas que reagem com o azul de metileno:	0,5 mg/l LAS
Sulfatos:	250 mg/l SO ₄
Sulfatos (como H ₂ S não dissociado):	0,3 mg/l S
Tetracloroetano:	0,01 mg/l
Tricloroetano:	0,03 mg/l
Tetracloro de Carbono:	0,003 mg/l
2, 4, 6 triclorofenol:	0,01 mg/l
Urânio total:	0,02 mg/l U
Vanádio:	0,1 mg/l V
Zinco:	5,0 mg/l Zn
Aldrin:	0,03 µg/l
Clordano:	0,3 µg/l
DDT:	1,0 µg/l
Dieldrin:	0,03 µg/l
Endrin:	0,2 µg/l
Endossulfan:	150 µg/l
Epóxido de Heptacloro:	0,1 µg/l
Heptacloro:	0,1 µg/l
Lindano (gama-BHC):	3,0 µg/l
Metoxicloro:	30,0 µg/l
Dodecacloro + Nonacloro:	0,001 µg/l
Bifenilas Policloradas (PCB'S):	0,001 µg/l

Toxafeno:	5,0 µg/l
Demeton:	14,0 µg/l
Gution:	0,005 µg/l
Malation:	100,0 µg/l
Paration:	35,0 µg/l
Carbaril:	70,0 µg/l
Compostos organofosforados e carbamatos totais em Paration:	100,0 µg/l
2,4 - D:	20,0 µg/l
2,4,5 - TP:	10,0 µg/l
2,4,5 - T:	2,0 µg/l

Art. 7º - Para as águas de Classe 4, são estabelecidos os limites ou condições seguintes:

- a) materiais flutuantes, inclusive espumas não naturais: virtualmente ausentes;
- b) odor e aspecto: não objetáveis;
- c) óleos e graxas: toleram-se iridicências;
- d) substâncias facilmente sedimentáveis que contribuam para o assoreamento de canais de navegação: virtualmente ausentes;
- e) índice de fenóis até 1,0 mg/l C₆H₅OH ;
- f) OD superior a 2,0 mg/l O₂, em qualquer amostra;
- g) pH: 6 a 9.

ÁGUAS SALINAS

Art. 8º - Para as águas de Classe 5, são estabelecidos os limites ou condições seguintes:

- a) materiais flutuantes: virtualmente ausentes;
- b) óleos e graxas: virtualmente ausentes;
- c) substâncias que produzem odor e turbidez: virtualmente ausentes;
- d) corantes artificiais: virtualmente ausentes;
- e) substâncias que formem depósitos objetáveis: virtualmente ausentes;
- f) coliformes: para o uso de recreação de contato primário deverá ser obedecido o Art. 26 desta Resolução. Para o uso de criação natural e/ou intensiva de espécies destinadas à alimentação humana e que serão ingeridas cruas, não deverá ser excedida uma concentração média de 14 coliformes fecais por 100 mililitros, com não mais de 10% das amostras excedendo 43 coliformes fecais por 100 mililitros. Para os demais usos não deverá ser excedido um limite de 1,000 coliformes fecais por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 5 amostras mensais colhidas em qualquer mês; no caso de não

haver, na região, meios disponíveis para o exame de coliformes fecais, o índice limite será de até 5,000 coliformes totais por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 5 amostras mensais colhidas em qualquer mês;

g) DBO₅ dias a 20°C até 5 mg/l O₂ ;

h) OD, em qualquer amostra, não inferior a 6 mg/l O₂ ;

i) pH: 6,5 à 8,5, não devendo haver uma mudança do pH natural maior do que 0,2 unidade;

j) substâncias potencialmente prejudiciais (teores máximos) :

Alumínio:	1,5 mg/l Al
Amônia não ionizável:	0,4 mg/l NH ₃
Arsênio:	0,05 mg/l As
Bário:	1,0 mg/l Ba
Berílio:	1,5 mg/l Be
Boro:	5,0 mg/l B
Cádmio:	0,005 mg/l Cd
Chumbo:	0,01 mg/l Pb
Cianetos:	0,005 mg/l CN
Cloro residual:	0,01 mg/l Cl
Cobre:	0,05 mg/l Cu
Cromo hexavalente:	0,05 mg/l Cr
Estanho:	2,0 mg/l Sn
Índice de fenóis:	0,001 mg/l C ₆ H ₅ OH
Ferro:	0,3 mg/l Fe
Fluoretos:	1,4 mg/l F
Manganês:	0,1 mg/l Mn
Mercúrio:	0,0001 mg/l Hg
Níquel:	0,1 mg/l Ni
Nitrato:	10,0 mg/l N
Nitrito:	1,0 mg/ N
Prata:	0,005 m/l Ag
Selênio:	0,01 mg/l Se
Substâncias tensoativas que reagem com o azul de metileno:	0,5 mg/l - LAS

Sulfetos com H ₂ S:	0,002 mg/l S
Tálio:	0,1 mg/l Tl
Urânio Total:	0,5 mg/l U
Zinco:	0,17 mg/l Zn
Aldrin:	0,003 µg/l
Clordano:	0,004 µg/l
DDT:	0,001 µg/l
Demeton:	0,1 µg/l
Dieldrin:	0,003 µg/l
Endossulfan:	0,034 µg/l
Endrin:	0,004 µg/l
Epóxido de Heptacloro:	0,001 µg/l
Heptacloro:	0,001 µg/l
Metoxicloro:	0,03 µg/l
Lindano (gama - BHC):	0,004 µg/l
Dodecacloro + Nonadoro:	0,001 µg/l
Gution:	0,01 µg/l
Malation:	0,1 µg/l
Paration:	0,04 µg/l
Toxafeno:	0,005 µg/l
Compostos organofosforados e carbamatos totais:	10,0 µg/l em Paration
2,4 .- D:	10,0 µg/l
2, 4, 5 - TP:	10,0 µg/l
2, 4, 5 - T	10,0 µg/l

Art. 9º - Para as águas de Classe 6, são estabelecidos os limites ou condições seguintes:

- a) materiais flutuantes; virtualmente ausentes;
- b) óleos e graxas: toleram-se iridicências;
- c) substâncias que produzem odor e turbidez: virtualmente ausentes;
- d) corantes artificiais: virtualmente ausentes;
- e) substâncias que formem depósitos objetáveis: virtualmente ausentes;
- f) coliformes: não deverá ser excedido um limite de 4,000 coliformes fecais por 100 ml em 80% ou mais de pelo menos 5 amostras mensais colhidas em qualquer mês; no caso de não haver na região meio disponível para o exame de coliformes fecais, o índice limite

será de 20.000 coliformes totais por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 5 amostras mensais colhidas em qualquer mês;

g) DBO₅ dias a 20°C até 10 mg/l O₂

h) OD, em qualquer amostra, não inferior a 4 mg/l O₂;

i) pH: 6,5, a 8,5, não devendo haver uma mudança do pH natural maior do que 0,2 unidades;

ÁGUAS SALOBRAS

Art. 10 - Para as águas de Classe 7, são estabelecidos os limites ou condições seguintes:

a) DBO₅ dias a 20°C até 5 mg/l O₂;

b) OD, em qualquer amostra, não inferior a 5 mg/l O₂;

c) pH: 6,5 a 8,5

d) óleos e graxas: virtualmente ausentes:

e) materiais flutuantes: virtualmente ausentes;

f) substâncias que produzem cor, odor e turbidez: virtualmente ausentes;

g) substâncias que formem depósitos objetáveis: virtualmente ausentes;

h) coliformes; para uso de recreação de contato primário deverá ser obedecido o Art. 26 desta Resolução, Para o uso de criação natural e/ou intensiva de espécies destinadas à alimentação humana e que serão ingeridas cruas, não deverá ser excedido uma concentração média de 14 coliformes fecais por 100 mililitros com não mais de 10% das amostras excedendo 43 coliformes fecais por 100 mililitros. Para os demais usos não deverá ser excedido um limite de 1.000 coliformes fecais por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 5 amostras mensais, colhidas em qualquer mês; no caso de não haver na região, meios disponíveis para o exame de coliformes fecais, o índice limite será de até 5.000 coliformes totais por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 5 amostras mensais, colhidas em qualquer mês;

i) substâncias potencialmente prejudiciais (teores máximos) ;

Amônia:	0,4 mg/l NH ₃
Arsênio:	0,05 mg/l As
Cádmio:	0,005 mg/l Cd
Cianetos:	0,005 mg/l CN
Chumbo:	0,01 mg/l Pb
Cobre:	0,05 mg/l Cu
Cromo hexavalente:	0,05 mg/l Cr
Índice de fenóis:	0,001 mg/l C ₆ H ₅ OH

Fluoretos:	1,4 mg/l F
Mercúrio:	0,0001 mg/l Hg
Níquel:	0,1 mg/l Ni
Sulfetos como H ₂ S:	0,002 mg/l S
Zinco:	0,17 mg/l Zn
Aldrin:	0,003 µg/l
Clordano:	0,004 µg/l
DDT:	0,001 µg/l
Demeton:	0,1 µg/l
Dieldrin:	0,003 µg/l
Endrin:	0,004 µg/l
Endossulfan:	0,034 µg/l
Epóxido de heptacloro:	0,001 µg/l
Gution:	0,01 µg/l
Heptacloro:	0,001 µg/l
Lindano (gama . BHC):	0,004 µg/l
Malation:	0,1 µg/l
Metoxicloro:	0,03 µg/l
Dodecacloro + Nonacloro:	0,001 µg/l
Paration:	0,04 µg/l
Toxafeno:	0,005 µg/l
Compostos organofosforados e carbamatos totais:	10,0 µg/l em Paration
2,4 - D:	10,0 µg/l
2, 4, 5 - T:	10,0 µg/l
2, 4, 5 - TP:	10,0 µg/l

Art.11 - Para as águas de Classe 8, são estabelecidos os limites ou condições seguintes:

- a) pH: 5 a 9
- b) OD, em qualquer amostra, não inferior a 3,0 mg/l O₂;
- c) óleos e graxas: toleram-se iridicências;
- d) materiais flutuantes: virtualmente ausentes;
- e) substâncias que produzem cor, odor e turbidez: virtualmente ausentes;
- f) substâncias facilmente sedimentáveis que contribuam para o assoreamento de canais de navegação: virtualmente ausentes;

g) coliformes: não deverá ser excedido um limite de 4.000 coliformes fecais por 100 ml em 80% ou mais de pelo menos 5 amostras mensais colhidas em qualquer mês; no caso de não haver, na região, meios disponíveis para o exame de coliformes recais, o índice será de 20.000 coliformes totais por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 5 amostras mensais colhidas em qualquer mês;

Art. 12 - Os padrões de qualidade das águas estabelecidos nesta Resolução constituem-se em limites individuais para cada substância. Considerando eventuais ações sinérgicas entre as mesmas, estas ou outras não especificadas, não poderão conferir às águas características capazes de causarem efeitos letais ou alteração de comportamento, reprodução ou fisiologia da vida.

§ 1º - As substâncias potencialmente prejudiciais a que se refere esta Resolução, deverão ser investigadas sempre que houver suspeita de sua presença,

§ 2º - Considerando as limitações de ordem técnica para a quantificação dos níveis dessas substâncias, os laboratórios dos organismos competentes deverão estruturar-se para atenderem às condições propostas. Nos casos onde a metodologia analítica disponível for insuficiente para quantificar as concentrações dessas substâncias nas águas, os sedimentos e/ou biota aquática deverão ser investigados quanto a presença eventual dessas substâncias.

Art. 13 - Os limites de DBO, estabelecidos para as Classes 2 e 3, poderão ser elevados, caso o estudo da capacidade de autodepuração do corpo receptor demonstre que os teores mínimos de OD, previstos, não serão desobedecidos em nenhum ponto do mesmo, nas condições críticas de vazão ($Q_{crit.} = Q_{7,10}$, onde $Q_{7,10}$, é a média das mínimas de 7 (sete) dias consecutivos em 10 (dez) anos de recorrência de cada seção do corpo receptor).

Art. 14 - Para os efeitos desta Resolução, consideram-se entes, cabendo aos órgãos de controle ambiental, quando necessário, quantificá-los para cada caso.

Art. 15 - Os órgãos de controle ambiental poderão acrescentar outros parâmetros ou tornar mais restritivos os estabelecidos nesta Resolução, tendo em vista as condições locais.

Art. 16 - Não há impedimento no aproveitamento de águas de melhor qualidade em usos menos exigentes, desde que tais usos não prejudiquem a qualidade estabelecida para essas águas.

Art. 17 - Não será permitido o lançamento de poluentes nos mananciais sub-superficiais.

Art. 18 - Nas águas de Classe Especial não serão tolerados lançamentos de águas residuárias, domésticas e industriais, lixo e outros resíduos sólidos, substâncias

potencialmente tóxicas, defensivos agrícolas, fertilizantes químicos e outros poluentes, mesmo tratados. Caso sejam utilizadas para o abastecimento doméstico deverão ser submetidas a uma inspeção sanitária preliminar.

Art. 19 - Nas águas das Classes 1 a 8 serão tolerados lançamentos de desejos, desde que, além de atenderem ao disposto no Art. 21 desta Resolução, não venham a fazer com que os limites estabelecidos para as respectivas classes sejam ultrapassados.

Art. 20 - Tendo em vista os usos fixados para as Classes, os órgãos competentes enquadrarão as águas e estabelecerão programas de controle de poluição para a efetivação dos respectivos enquadramentos, obedecendo ao seguinte:

- a) o corpo de água que, na data de enquadramento, apresentar condição em desacordo com a sua classe (qualidade inferior à estabelecida), será objeto de providências com prazo determinado visando a sua recuperação, excetuados os parâmetros que excedam aos limites devido às condições naturais;
- b) o enquadramento das águas federais na classificação será procedido pela SEMA, ouvidos o Comitê Especial de Estudos Integrados de Bacias Hidrográfica; - CEEIBH e outras entidades públicas ou privadas interessadas;
- c) o enquadramento das águas estaduais será efetuado pelo órgão estadual competente, ouvidas outras entidades públicas ou privadas interessadas;
- d) os órgãos competentes definirão as condições específicas de qualidade dos corpos de água intermitentes;
- e) os corpos de água já enquadrados na legislação anterior, na data da publicação desta Resolução, serão objetos de reestudo a fim de a ela se adaptarem;
- f) enquanto não forem feitos os enquadramentos, as águas doces serão consideradas Classe 2, as salinas Classe 5 e as salobras Classe 7, porém, aquelas enquadradas na legislação anterior permanecerão na mesma classe até o reenquadramento;
- g) os programas de acompanhamento da condição dos corpos de água seguirão normas e procedimentos a serem estabelecidos pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA.

Art. 21 - Os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados, direta ou indiretamente, nos corpos de água desde que obedeçam às seguintes condições:

- a) pH entre 5 a 9;
- b) temperatura : inferior a 40°C, sendo que a elevação de temperatura do corpo receptor não deverá exceder a 3°C;

- c) materiais sedimentáveis: até 1 ml/litro em teste de 1 hora em cone Imhoff. Para o lançamento em lagos e lagoas, cuja velocidade de circulação seja praticamente nula, os materiais sedimentáveis deverão estar virtualmente ausentes;
- d) regime de lançamento com vazão máxima de até 1,5 vezes a vazão média do período de atividade diária do agente poluidor;
- e) óleos e graxas:
- óleos minerais até 20 mg/l
 - óleos vegetais e gorduras animais até 50 mg/l;
- f) ausência de materiais flutuantes;
- g) valores máximos admissíveis das seguintes substâncias:

Amônia:	5,0 mg/l N
Arsênio total:	0,5 mg/l As
Bário:	5,0 mg/ Ba
Boro:	5,0 mg/l B
Cádmio:	0,2 mg/l Cd
Cianetos:	0,2 mg/l CN
Chumbo:	0,5 mg/l Pb
Cobre:	1,0 mg/l Cu
Cromo hexavalente:	0,5 mg/l Cr
Cromo trivalente:	2,0 mg/l Cr
Estanho:	4,0 mg/l Sn
Índice de fenóis:	0,5 mg/l C ₆ H ₅ OH
Ferro solúvel:	15,0 mg/l Fe
Fluoretos:	10,0 mg/l F
Manganês solúvel:	1,0 mg/l Mn
Merúrio:	0,01 mg/l Hg
Níquel:	2,0 mg/l Ni
Prata:	0,1 mg/l Ag
Selênio:	0,05 mg/l Se
Sulfetos:	1,0 mg/l S
Sulfito:	1,0 mg/l SO ₃
Zinco:	5,0 mg/l Zn
Compostos organofosforados e carbonatos totais:	1,0 mg/l em Paration

Sulfeto de carbono:	1,0 mg/l
Tricloroeteno:	1,0 mg/l
Clorofórmio :	1,0 mg/l
Tetracloroeto de Carbono:	1,0 mg/l
Dicloroeteno:	1,0 mg/l
Compostos organoclorados não listados acima (pesticidas, solventes, etc):	0,05 mg/l
outras substâncias em concentrações que poderiam ser prejudiciais: de acordo com limites a serem fixados pelo CONAMA.	

h) tratamento especial, se provierem de hospitais e outros estabelecimentos nos quais haja despejos infectados com microorganismos patogênicos.

Art. 22 - Não será permitida a diluição de efluentes industriais com águas não poluídas, tais como água de abastecimento, água de mar e água de refrigeração.

Parágrafo Único - Na hipótese de fonte de poluição geradora de diferentes despejos ou emissões individualizadas, os limites constantes desta regulamentação aplicar-se-ão a cada um deles ou ao conjunto após a mistura, a critério do órgão competente.

Art. 23 - Os efluentes não poderão conferir ao corpo receptor características em desacordo com o seu enquadramento nos termos desta Resolução.

Parágrafo Único - Resguardados os padrões de qualidade do corpo receptor, demonstrado por estudo de impacto ambiental realizado pela entidade responsável pela emissão, o competente poderá autorizar lançamentos acima dos limites estabelecidos no Art. 21, fixando o tipo de tratamento e as condições para esse lançamento.

Art. 24 - Os métodos de coleta e análise das águas devem ser os especificados nas normas aprovadas pelo Instituto Nacional de Metrologia, Normatização e Qualidade Industrial - INMETRO ou, na ausência delas, no Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WPCF, última edição, ressalvado o disposto no Art. 12. O índice de fenóis deverá ser determinado conforme o método 510 B do Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 16ª edição, de 1985.

Art. 25 - As indústrias que, na data da publicação desta Resolução, possuírem instalações ou projetos de tratamento de seus despejos, aprovados por órgão integrante do Sistema Nacional do Meio Ambiente - SISNAMA, que atendam à legislação anteriormente em vigor, terão prazo de três (3) anos, prorrogáveis até cinco (5) anos, a critério do Estadual Local, para se enquadrarem nas exigências desta Resolução. No entanto, as citadas instalações de tratamento deverão ser mantidas em operação com a capacidade,

condições de funcionamento e demais características para as quais foram aprovadas, até que se cumpram as disposições desta Resolução.

BALNEABILIDADE

Art. 26 - As águas doces, salobras e salinas destinadas à balneabilidade (recreação de contato primário) serão enquadradas e terão sua condição avaliada nas categorias EXCELENTE, MUITO BOA, SATISFATÓRIA e IMPRÓPRIA, da seguinte forma:

a) EXCELENTE (3 estrelas) : Quando em 80% ou mais de um conjunto de amostras obtidas em cada uma das 5 semanas anteriores, colhidas no mesmo local, houver, no máximo, 250 coliformes fecais por 1,00 mililitros ou 1.250 coliformes totais por 100 mililitros;

b) MUITO BOAS (2 estrelas): Quando em 80% ou mais de um conjunto de amostras obtidas em cada uma das 5 semanas anteriores, colhidas no mesmo local, houver, no máximo, 500 coliformes fecais por 100 mililitros ou 2.500 coliformes totais por 100 mililitros;

c) SATISFATÓRIAS (1 estrela): Quando em 80% ou mais de um conjunto de amostras obtidas em cada uma das 5 semanas anteriores, colhidas no mesmo local, houver, no máximo 1.000 coliformes fecais por 100 mililitros ou 5.000 coliformes totais por 100 mililitros;

d) IMPRÓPRIAS: Quando ocorrer, no trecho considerado, qualquer uma das seguintes circunstâncias:

1. não enquadramento em nenhuma das categorias anteriores, por terem ultrapassado os índices bacteriológicos nelas admitidos;
2. ocorrência, na região, de incidência relativamente elevada ou anormal de enfermidades transmissíveis por via hídrica, a critério das autoridades sanitárias;
3. sinais de poluição por esgotos, perceptíveis pelo olfato ou visão;
4. recebimento regular, intermitente ou esporádico, de esgotos por intermédio de valas, corpos d'água ou canalizações, inclusive galerias de águas pluviais, mesmo que seja de forma diluída;
5. presença de resíduos ou despejos, sólidos ou líquidos, inclusive óleos, graxas e outras substâncias, capazes de oferecer riscos à saúde ou tornar desagradável a recreação;
6. pH menor que 5 ou maior que 8,5 ;
7. presença, na água, de parasitas que afetem o homem ou a constatação da existência de seus hospedeiros intermediários infectados;

8. presença, nas águas doces, de moluscos transmissores potenciais de esquistossomo, caso em que os avisos de interdição ou alerta deverão mencionar especificamente esse risco sanitário;

9. outros fatores que contra-indiquem, temporariamente ou permanentemente, o exercício da recreação de contato primário.

Art. 27 - No acompanhamento da condição das praias ou balneários as categorias EXCELENTE, MUITO BOA e SATISFATÓRIA poderão ser reunidas numa única categoria denominada PRÓPRIA.

Art. 28 - Se a deterioração da qualidade das praias ou balneários ficar caracterizada como decorrência da lavagem de vias públicas pelas águas da chuva, ou como consequência de outra causa qualquer, essa circunstância deverá ser mencionada no Boletim de condição das praias e balneários.

Art. 29 - A coleta de amostras será feita, preferencialmente, nos dias de maior afluência do público às praias ou balneários.

Art. 30 - Os resultados dos exames poderão, também, se referir a períodos menores que 5 semanas, desde que cada um desses períodos seja especificado e tenham sido colhidas e examinadas, pelo menos, 5 amostras durante o tempo mencionado.

Art. 31 - Os exames de colimetria, previstos nesta Resolução, sempre que possível, serão feitos para a identificação e contagem de coliformes fecais, sendo permitida a utilização de índices expressos em coliformes totais, se a identificação e contagem forem difíceis ou impossíveis.

Art. 32 - À beira mar, a coleta de amostra para a determinação do número de coliformes fecais ou totais deve ser, de preferência, realizada nas condições de maré que apresentem, costumeiramente, no local, contagens bacteriológicas mais elevadas.

Art. 33 - As praias e outros balneários deverão ser interditados se o órgão de controle ambiental, em qualquer dos seus níveis (Municipal, Estadual ou Federal), constatar que a má qualidade das águas de recreação primária justifica a medida.

Art. 34 - Sem prejuízo do disposto no artigo anterior, sempre que houver uma afluência ou extravasamento de esgotos capaz de oferecer sério perigo em praias ou outros balneários, o trecho afetado deverá ser sinalizado, pela entidade responsável, com bandeiras vermelhas constando a palavra POLUÍDA em cor negra.

DISPOSIÇÕES GERAIS

Art. 35 - Aos órgãos de controle ambiental compete a aplicação desta Resolução, cabendo-lhes a fiscalização para o cumprimento da legislação, bem como a aplicação das penalidades previstas, inclusive a interdição de atividades industriais poluidoras.

Art. 36 - Na inexistência de entidade estadual encarregada do controle ambiental ou se, existindo, apresentar falhas, omissões ou prejuízo sensíveis aos usos estabelecidos para as águas, a Secretaria Especial do Meio Ambiente poderá agir diretamente, em caráter supletivo.

Art. 37 - Os estaduais de controle ambiental manterão a Secretaria Especial do Meio Ambiente informada sobre os enquadramentos dos corpos de água que efetuarem, bem como das normas e padrões complementares que estabelecerem.

Art. 38 - Os estabelecimentos industriais, que causam ou possam causar poluição das águas, devem informar ao órgão de controle ambiental, o volume e o tipo de seus efluentes, os equipamentos e dispositivos antipoluidores existentes, bem como seus planos de ação de emergência, sob pena das sanções cabíveis, ficando o referido órgão obrigado a enviar cópia dessas informações ao IBAMA, à STI (MIC), ao IBGE (SEPLAN) e ao DNAEE (MME).

Art. 39 - Os Estados, Territórios e o Distrito Federal, através dos respectivos órgãos de controle ambiental, deverão exercer sua atividade orientadora, fiscalizadora e punitiva das atividades potencialmente poluidoras instaladas em seu território, ainda que os corpos de água prejudicados não sejam de seu domínio ou jurisdição.

Art. 40 - O não cumprimento ao disposto nesta Resolução acarretará aos infratores as sanções previstas na Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, e sua regulamentação pelo Decreto nº 88.351, de 01 de junho de 1983.

Art. 41 - Esta Resolução entrará em vigor na data de sua publicação, revogadas as disposições em contrário.