

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE UnB PLANALTINA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GESTÃO E REGULAÇÃO DE  
RECURSOS HÍDRICOS - PROFÁGUA**

**THAIANNE RESENDE HENRIQUES FÁBIO**

**Análise e propostas de melhorias ao formulário de efluentes líquidos do  
Relatório de Atividades Potencialmente Poluidoras e Utilizadoras de Re-  
cursos Ambientais do IBAMA**

Brasília  
2023

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO - MESTRADO PROFISSIONAL EM GESTÃO E REGULAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS**

**THAIANNE RESENDE HENRIQUES FÁBIO**

**Análise e propostas de melhorias ao formulário de efluentes líquidos do Relatório de Atividades Potencialmente Poluidoras e Utilizadoras de Recursos Ambientais do IBAMA**

Dissertação de Mestrado submetida ao Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos - ProfÁgua, na Universidade de Brasília – UnB, como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos.

**Área de concentração:** Instrumentos da Política de Recursos Hídricos.

**Linha de pesquisa:** Metodologias para implementação dos instrumentos de gestão de recursos hídricos.

**ORIENTADORA: PROF. DR.<sup>a</sup> CLAUDIA PADOVESI FONSECA**

Ficha catalográfica elaborada automaticamente,  
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

RF119a Resende Henriques Fábio, Thaianne  
Análise e propostas de melhorias ao formulário de efluentes líquidos do Relatório de Atividades Potencialmente Poluidoras e Utilizadoras de Recursos Ambientais do IBAMA / Thaianne Resende Henriques Fábio; orientador Claudia Padovesi Fonseca. -- Brasília, 2023.  
71 p.

Dissertação (Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos) -- Universidade de Brasília, 2023.

1. monitoramento ambiental. 2. poluição das águas. 3. regulamentação hídrica. 4. Brasil. I. Padovesi Fonseca, Claudia, orient. II. Título.

**Thaianne Resende Henriques Fábio**

**ANÁLISE E PROPOSTAS DE MELHORIAS AO FORMULÁRIO DE  
EFLUENTES LÍQUIDOS DO RELATÓRIO DE ATIVIDADES PO-  
TENCIALMENTE POLUIDORAS E UTILIZADORAS DE RECUR-  
SOS AMBIENTAIS DO IBAMA**

**Banca Examinadora:**

---

**Professora Doutora Claudia Padovesi Fonseca (Orientadora)**

**Profªgua – Universidade de Brasília (UnB)**

---

**Professora Doutor Carlos José Sousa Passos - UnB (Avaliador interno)**

**Profªgua – Universidade de Brasília (UnB)**

---

**Professora Doutora Lucijane Monteiro de Abreu - UnB (Avaliadora interna)**

**Profªgua – Universidade de Brasília (UnB)**

**Brasília, 17 de julho de 2023**

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus por ter me dado força e coragem para encarar um mestrado no meio de uma pandemia, com dois filhos pequenos e um trabalho exigente. O apoio da minha família foi fundamental, obrigada esposo Fabrício por ficar cuidando dos meninos enquanto eu ficava nas aulas que iam até muito de noite e por todo companheirismo. Obrigada filhos Arthur e Guilherme por entenderem que a mamãe renunciou a preciosos momentos que podíamos ter passado mais juntos para investir no seu conhecimento e crescimento profissional. Obrigada querida orientadora Claudia Padovesi pela divisão de conhecimento, aprendi muito com você. E por fim, mas não menos importante, obrigada turma do mestrado por todo o apoio, por todos os lembretes e pelo compartilhamento de informações e de experiências, sem vocês eu não iria conseguir.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001, agradeço também ao Programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos - Pro-Água, Projeto CAPES/ANA AUXPE No. 2717/2015, pelo apoio técnico científico aportado até o momento.

## RESUMO

A qualidade da água condiciona sua disponibilidade para diversos usos, tais como o abastecimento humano, recreação, produção de alimentos e industrial. O monitoramento ambiental é de grande importância para informar as tendências de evolução da qualidade das águas, especialmente a longo prazo, pois permite a quantificação das variáveis físicas, químicas e biológicas, e assim, viabiliza o diagnóstico ambiental daquela água. Os dados nacionais mais atualizados sobre efluentes gerados pelas atividades potencialmente poluidoras e lançados nos corpos hídricos brasileiros estão disponíveis no Relatório de Atividades Potencialmente Poluidoras e Utilizadoras de Recursos Ambientais (RAPP) do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama). Porém, foi identificado que as informações do formulário de Efluentes Líquidos do RAPP não englobam dados qualitativos dos efluentes. Sendo assim, o presente estudo utilizou o método dedutivo, com pesquisa documental e uma abordagem quantitativa com o objetivo geral de propor uma ampliação do monitoramento da qualidade das águas no Brasil, tendo como objetivo específico analisar e interpretar o formulário de Efluentes Líquidos do RAPP do Ibama e como produto final: apresentar perspectiva com propostas de melhorias ao formulário de Efluentes Líquidos do RAPP do Ibama. Para a realização da análise do formulário de efluentes líquidos foi necessário realizar o download da tabela disponível no site do Ibama, dados Abertos no link: <http://dadosabertos.ibama.gov.br>. Observando que em 2022 houve um preenchimento de 23.109 formulários de efluentes líquidos no RAPP, com dados referentes aos efluentes lançados em 2021, sendo que aproximadamente 6.500 pessoas jurídicas declararam lançar seus efluentes líquidos diretamente no corpo hídrico e que realizavam o monitoramento desse corpo hídrico. Com as análises realizadas nesse estudo, foi possível constatar que o monitoramento da qualidade das águas do Brasil poderia ser aumentado em pelo menos mais esses 6.500 pontos de monitoramento. Sugere-se assim que o formulário traga informações das condicionantes dos licenciamentos ambientais desses empreendimentos, demonstrando assim a qualidade do efluente e do corpo hídrico que será lançado esse efluente.

**Palavras-chave:** monitoramento ambiental; poluição das águas; regulamentação hídrica; Brasil

## **ABSTRACT**

The quality of water is a condition for various uses, such as human supply, recreation, food production and industrial. Environmental monitoring is of great importance to inform trends in the evolution of water quality, especially in the long term, as it allows the quantification of physical, chemical and biological variables, and thus enables the environmental diagnosis of that water. The most up-to-date data on effluents generated by potentially polluting activities and released into Brazilian water bodies are available in the Report on Potentially Polluting Activities and Users of Environmental Resources (RAPP) of the Brazilian Institute for the Environment and Renewable Natural Resources (Ibama). However, it was identified that the information on the RAPP Liquid Effluents form does not include qualitative data on the effluents. Therefore, the present study used the deductive method, with documentary research and a quantitative approach with the general objective of proposing an expansion of the monitoring of water quality in Brazil, with the specific objective of analyzing and interpreting the Liquid Effluents form from the Ibama's RAPP and as a final product: present perspective with proposals for improvements to Ibama's RAPP Liquid Effluents form. In order to carry out the analysis of the liquid effluent form, it was necessary to download the table available on the Ibama website, Open data at the link: <http://dadosabertos.ibama.gov.br>. Noting that in 2022, 23,109 forms of liquid effluents were filled out at the RAPP, with data referring to the effluents released in 2021, with approximately 6,500 legal entities reporting that they discharge their liquid effluents directly into the water body and that they carried out the monitoring development of this water body. With the analyzes carried out in this study, it was possible to verify that the monitoring of the quality of the waters in Brazil could be increased in at least these 6,500 monitoring points. It is therefore suggested that the form bring information on the conditions of the environmental licensing of these enterprises, thus demonstrating the quality of the effluent and the water body that will be released.

**Keywords:** environmental monitoring; Water pollution; water regulation; Brazil.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>9</b>
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>10</b>
	2.1. Legislações relativas ao monitoramento da qualidade das águas .....	10
	2.2. Legislações relativas ao monitoramento da qualidade da água potável .....	11
	2.3. Padrões de qualidade da água para contaminantes .....	11
	2.4. Enquadramento dos corpos hídricos brasileiros .....	16
	2.5. Poluição hídrica .....	21
	2.6. Relatório de Atividades Potencialmente Poluidoras e Utilizadoras de Recursos Ambientais (RAPP) .....	27
	2.7. Monitoramento da qualidade da água .....	32
	2.8. Monitoramento da qualidade da água potável .....	38
<b>3</b>	<b>OBJETIVOS .....</b>	<b>39</b>
	3.1. OBJETIVO GERAL .....	39
	3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	40
<b>4</b>	<b>METODOLOGIA .....</b>	<b>40</b>
	4.1 Coleta dos Dados .....	41
	4.2 Preparação dos Dados .....	44
	4.3 Análise dos Dados .....	44
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>46</b>
	5.1. Análise dos dados de 2021 das pessoas jurídicas que entregaram o RAPP referente ao formulário Efluentes Líquidos .....	47
	5.1.1. Eficiência do tratamento conforme laudo técnico .....	48
	5.1.2. Tipo tratamento realizado no efluente .....	49
	5.1.3. Nível de tratamento realizado: primário, secundário e terciário .....	51
	5.1.4. Tipo de compartimento ambiental em que o efluente foi liberado: água, solo ou ar..	53
	5.1.5. Quantidade média anual da vazão do efluente .....	57
	5.2. Análise dos dados de empreendimentos com vazão acima de 1.000m <sup>3</sup> /ano em 2021 ..	59
	5.3. Resultados e discussões gerais .....	61
<b>6</b>	<b>PERSPECTIVAS .....</b>	<b>63</b>
<b>7</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>65</b>
<b>8</b>	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>66</b>



## **1 INTRODUÇÃO**

O Brasil possui uma das maiores reservas de água doce do mundo, com cerca de 12% de deflúvio superficial disponível, um clima predominantemente tropical e grande dimensão territorial (SILVA, 2020). Apesar desta abundância, os mananciais no Brasil possuem uma distribuição no território não uniforme. Como exemplo, a bacia Amazônica possui quase 80% da água que escoar pelo território brasileiro (ANA, 2022a), porém apresenta apenas 5,1% da população do Brasil (MPF, 2017).

A distribuição hídrica não uniforme no Brasil, aliada ao crescimento urbano desordenado, com ocupações irregulares e esgotamento sanitário deficitário, os problemas no abastecimento de água e na coleta de resíduos, e a ausência de arborização e de áreas verdes nas cidades, afetam sobremaneira a qualidade da água dos rios, principalmente os rios urbanos (ANA, 2022a).

A água é essencial para a vida e o controle de seu uso é basilar para o planejamento futuro. Dessa forma, o monitoramento pela quantidade e qualidade da água se faz cada vez mais urgente. O setor de recursos hídricos sempre se ocupou majoritariamente do monitoramento quanto aos aspectos da quantidade de água, e, por outro lado, minoritariamente das questões relacionadas à qualidade. Em 2020, a Rede Hidrometeorológica Nacional (RHN) possuía aproximadamente 23 mil estações, sendo que apenas 32% das estações gerenciadas pela ANA monitoraram qualidade da água em 2020 (ANA, 2022a).

Uma vez que o aumento dos problemas de poluição das águas ocasiona a diminuição da disponibilidade hídrica nas bacias, faz-se necessário aumentar o monitoramento da qualidade das águas. Essa informação é comprovada quando um manancial sofre, por exemplo, poluição através da contaminação por um acidente ambiental, como um rompimento de uma barragem de rejeito (BRASIL, 2015). Com isso, esse manancial não pode mais ser utilizado como fonte de abastecimento para a população, fazendo-se necessário o monitoramento de sua qualidade da água.

Constituem-se como algumas das diretrizes gerais de ação para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH): (1) a gestão sistêmica dos recursos hídricos, sem dissociação dos aspectos de quantidade e qualidade; (2) a adequação da gestão de recursos hídricos às diversidades físicas, bióticas, demográficas, econômicas, sociais e culturais das diversas regiões do País; (3) e a integração da gestão de recursos hídricos com a gestão ambiental; a articulação da gestão de recursos hídricos com a do uso do solo (BRASIL, 1997).

Hoje o Brasil dispõe de estrutura e recursos descentralizados nos marcos da Rede Nacional de Qualidade das Águas (RNQA), que permitem realizar o

monitoramento da qualidade das águas, abrangendo diversos locais do país (ANA, 2022a). Além dessas, existem informações produzidas por meio do auto-monitoramento no escopo das condicionantes de licenciamento ambiental, que podem incrementar o monitoramento realizado hoje (BRASIL, 2011).

No que tange às informações sobre efluentes gerados pelas atividades potencialmente poluidoras e lançados nos corpos hídricos brasileiros, os dados mais atualizados estão disponíveis no site do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama) – Dados Abertos (link: <http://dadosabertos.ibama.gov.br>). Os dados desse formulário de Efluentes Líquidos não demonstram dados qualitativos dos efluentes.

Nesse sentido, faz-se necessário que esse formulário seja analisado, de forma a abranger informações que possibilitem qualificar os corpos hídricos brasileiros em locais onde há a geração de efluentes pelas atividades potencialmente poluidoras, justificando a importância desse trabalho.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### *2.1. Legislações relativas ao monitoramento da qualidade das águas*

No Brasil, as regulamentações para o monitoramento da qualidade das águas são estabelecidas pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), que é a instância responsável por estabelecer normas e padrões de qualidade ambiental para o país. Algumas das principais resoluções do CONAMA relacionadas ao monitoramento da qualidade das águas são:

- Resolução CONAMA nº 357/2005: Estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes em corpos de água, além de definir os parâmetros de qualidade da água para diversos usos, como abastecimento público, irrigação, recreação, entre outros.
- Resolução CONAMA nº 396/2008: Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências.
- Resolução CONAMA nº 430/2011: Estabelece as condições e padrões de qualidade do meio ambiente para o lançamento de efluentes líquidos, visando a proteção da saúde pública e dos ecossistemas aquáticos.

Essas são algumas das principais regulamentações do monitoramento da qualidade das águas no Brasil, mas existem outras resoluções e normas específicas para diferentes setores e atividades que podem impactar a qualidade das águas.

### *2.2. Legislações relativas ao monitoramento da qualidade da água potável*

As regulamentações para a qualidade da água potável no Brasil são estabelecidas pelo Ministério da Saúde, por meio da Portaria de Consolidação nº 5/2017. Essa portaria consolida as normas e regulamentações existentes sobre a qualidade da água para consumo humano e define os padrões microbiológicos, físico-químicos e de radioatividade que devem ser observados para garantir a potabilidade da água.

Além da Portaria de Consolidação nº 5/2017, outras normas e regulamentações relacionadas à qualidade da água potável no Brasil são:

- Portaria MS nº 291/1991: Define os padrões de potabilidade da água para consumo humano.
- Portaria MS nº 518/2004: Estabelece os procedimentos e responsabilidades para o controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano, em sistemas públicos e particulares.
- Portaria MS nº 2.914/2011: Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano.

Essas normas e regulamentações relacionadas à qualidade da água potável no Brasil, estabelecem os padrões e critérios técnicos para garantir a segurança e a saúde da população que consome água para consumo humano.

A qualidade da água condiciona sua disponibilidade para seus diversos usos, tais como o abastecimento humano, recreação, produção de alimentos e industrial, estando diretamente relacionada com as diversas atividades econômicas, além de possuir alto impacto na saúde pública e na qualidade de vida de todos, sendo essencial para o equilíbrio e funcionamento de ecossistemas (ANA, 2017).

### *2.3. Padrões de qualidade da água para contaminantes*

Os parâmetros de qualidade da água definidos em normativos, são substâncias ou outros indicadores representativos da qualidade da água. Para eles são adotados padrões, que são valores-limite (valores máximos permitidos) como requisito normativo da qualidade de água ou efluente.

A Resolução CONAMA nº 357/2005 fixa padrões de qualidade da presença de contaminantes químicos para fins de determinar a classe de enquadramento das águas (doces, salinas, salobras e subterrâneas), de modo a assegurar seus usos preponderantes. Destacamos do rol de parâmetros listados para investigação os Poluentes Orgânicos Persistentes (POPs).

Os POPs são poluentes que possuem características de persistência no ambiente, são capazes de ser transportados por longas distâncias pelo ar, água e solo, e de se acumularem em tecidos gordurosos dos organismos vivos, sendo toxicologicamente preocupantes para a saúde humana e o meio ambiente global, por estarem associados a diversos males. São substâncias químicas que têm sido utilizadas tanto como pesticidas, quanto em aplicações industriais, e liberados de modo não intencional em atividades antropogênicas.

A Convenção de Estocolmo foi adotada em 1998, no Brasil entrou em vigor pelo Decreto Legislativo nº 204 de 16 de junho de 2004, foi promulgada pelo Decreto Executivo nº 5.472 de 20 de junho de 2005 e tem o objetivo de proteger a saúde humana e o meio ambiente dos efeitos danosos dos POPs. Ao ser adotada, listava inicialmente 12 POPs, essencialmente pesticidas, além das dioxinas e furanos, porém, com o decorrer dos anos, a lista de POPs foi sendo ampliada por decisões das Partes, hoje correspondendo a 28 POPs (Brasil, 2005).

A Convenção de Estocolmo determina que os Países-Parte adotem medidas de controle relacionadas a todas as etapas do ciclo de vida - produção, importação, exportação, uso e destinação final - das substâncias POPs listadas em seus Anexos. A Convenção visa a eliminação e/ou restrição dos POPs, seus estoques e resíduos, a redução de sua liberação no meio ambiente, além da identificação e gestão de áreas contaminadas por essas substâncias. O artigo 11 da Convenção ainda destaca a necessidade do monitoramento da presença de POPs no ambiente e em seres humanos (Brasil, 2005).

A Resolução CONAMA nº 430/2011, veda em seu Art. 8º o lançamento de POPs nos efluentes, observada a legislação em vigor. Seu parágrafo único prescreve que, nos processos nos quais possam ocorrer a formação de dioxinas e furanos, deverá ser utilizada a tecnologia adequada para a sua redução, até a completa eliminação.

A carga poluidora orgânica é a maior causadora de alteração da qualidade dos corpos hídricos e, refere-se à quantidade de compostos orgânicos presentes em um determinado corpo hídrico, que são provenientes de fontes naturais ou atividades humanas e podem causar impactos ambientais negativos. Essa carga inclui substâncias como matéria orgânica em decomposição, óleos, gorduras, proteínas, carboidratos e outros compostos orgânicos. A carga poluidora orgânica pode ser medida em termos de demanda bioquímica de oxigênio (DBO), que é a quantidade de oxigênio necessária para degradar a matéria orgânica por meio de processos biológicos aeróbicos. Quanto maior a carga orgânica, maior será a DBO e mais depleção de oxigênio ocorrerá no corpo d'água, o que pode levar à morte de organismos aquáticos e à degradação do ecossistema (Kefford et al, 2010).

Existem várias fontes de carga poluidora orgânica, incluindo esgotos domésticos e industriais não tratados, descargas de águas pluviais contaminadas, atividades agrícolas e pecuárias, além de resíduos de alimentos e produtos químicos. O aumento da população humana, o crescimento industrial e as práticas agrícolas intensivas contribuem para o aumento da carga poluidora orgânica nos corpos d'água (Pitt, Clark & Field, 2004).

A poluição orgânica tem impactos significativos no meio ambiente. A depleção de oxigênio resultante da decomposição dos compostos orgânicos pode levar à morte de peixes e outros organismos aquáticos, causando desequilíbrio nos ecossistemas aquáticos. Além disso, a poluição orgânica também pode promover o crescimento excessivo de algas e plantas aquáticas, levando à eutrofização dos corpos d'água. Isso pode causar a formação de áreas mortas, onde a falta de oxigênio impede a vida aquática (SMITH et al, 1999).

O lançamento de agrotóxicos e nutrientes em áreas agrícolas é considerado um outro tipo de contaminação e ocorre quando substâncias químicas, como agrotóxicos e fertilizantes, são aplicadas nas lavouras e acabam sendo carregadas pela chuva ou pela irrigação, atingindo corpos d'água, como rios, lagos e aquíferos subterrâneos. Esses produtos químicos podem contaminar a água, causando impactos negativos no ecossistema aquático e na saúde humana (EPA, 2022).

Estima-se que 80% da poluição que alcança o ambiente marinho origina-se em terra firme, nas cidades, geradas pelos setores industrial e agropecuário, transportada pelo ar e pela água dos rios até chegar aos oceanos. Essa poluição é causada por diversas substâncias químicas e resíduos, tais como: poluentes orgânicos persistentes (POPs), mercúrio e elementos-traço, desreguladores endócrinos (DE), como ftalatos e bisfenóis, agrotóxicos, medicamentos, óleos, resíduos sólidos nas suas diversas tipologias e microplásticos, produtos de higiene e beleza.

As principais consequências deste problema são a difícil decomposição ou degradabilidade das substâncias e materiais presentes na água, persistência, bioacumulação e toxicidade, trazendo prejuízos à saúde humana e aos seres vivos que dependem deste habitat, bem como impedindo a sobrevivência destes por limitações motora, sufocamento, inanição ou mesmo envenenamento.

Dentre os poluentes encontrados nos oceanos, os plásticos e microplásticos vêm ganhando atenção, principalmente pela grande quantidade de plástico lançada nos oceanos ano a ano, bem como devido a sua característica de não se decompor (exige centenas de anos), mas se desintegrar em pedaços cada vez menores, permanecendo nos ambientes, acumulando ou liberando substâncias químicas.

O plástico como resíduo já foi identificado em todos os oceanos, em diversas praias continentais e ilhas oceânicas afastadas, na superfície e fundo do mar, sedimentos marinhos e ilhas flutuantes de resíduos no meio do oceano, identificado também como responsável pela morte de diversos animais marinhos e dependentes deste ambiente, como golfinhos, tartarugas, peixes, aves, focas e pinguins. Já os microplásticos, além destes ambientes, foram encontrados no ar e nos organismos dos seres vivos, tais como em moluscos, ostras e peixes, seres humanos e em itens de alimentação, a exemplo do sal de cozinha e água mineral.

No Brasil, Olivatto et al. (2018) mostram que poucos estudos foram realizados sobre a temática, contudo os estudos realizados identificaram contaminação por microplásticos nas águas superficiais e sedimentos da Baía da Guanabara (RJ), na região costeira do estado de São Paulo, em praias de Pernambuco, em pássaros na região Sul do Brasil correlacionando-as com a presença de POPs, em mexilhões no estuário de Santos (SP), em peixes no Rio Amazonas e em estuários no Nordeste do país, sendo identificados até na Ilha de Trindade.

O resíduo plástico é caracterizado por um problema de saneamento básico, educação e responsabilidade dos fabricantes, importadores, distribuidores, comerciantes e da sociedade, trazendo à tona temas como produção e consumo sustentável, buscando-se evitar que chegue aos rios e oceanos e transforme-se em microplásticos. Por sua vez, o microplástico vem sendo considerado um poluente emergente, tendo em vista seu papel de atuar no organismo como uma substância química por sua composição em si, podendo liberar monômeros e aditivos potencialmente tóxicos, como plastificantes, retardadores de chama e agentes antimicrobianos que são incorporados aos plásticos durante a fabricação, assim como por adsorver diversos outros poluentes presentes nas águas ou no meio que o conteve, liberando-as nos organismos e na água, como diclorodifeniltricloroetano (DDT), os bisfenilas policloradas (PCB) e os éteres difenilpolibromados (PBDE).

Segundo o Guia de Poluentes Oceânicos do IPEN (2018), à medida que a extensão e os impactos da crise da poluição por plásticos marinhos continuam a se desdobrar, o papel que a poluição por microplásticos desempenha como fonte de poluição por si só, bem como atua como um vetor de concentração de outras substâncias químicas poluentes dos oceanos, está se tornando mais claro.

Além do problema da poluição em si, sua quantificação e mapeamento no mundo, os plásticos ainda carecem de regulamentações acerca das suas definições e terminologias de modo garantir que os produtos atendam aos requisitos dos fabricantes, consumidores e dos compromissos assumidos do produto com o mercado, bem como a certificar as características a que se propõe e atuar na

variedade de plásticos utilizados em um único produto (falta de padronização no uso de polímeros nas embalagens por parte da indústria), possibilitando a destinação adequada pós consumo deste material e a sua fácil reciclagem.

É comum encontrar, nos Projetos de Lei do Congresso Nacional, o uso das nomenclaturas sem que estas sejam definidas e, muitas vezes, utilizadas com outro sentido, abrindo possibilidades de interpretações diversas. As terminologias mais utilizadas neste contexto são: biodegradável, compostável, oxibiodegradável, bioplástico / base renovável (bio-based), fonte não renovável, entre outras.

Como dados, temos o relatório “Perfil 2017”, elaborado pela Associação Brasileira de Indústrias Plásticas (Abiplast), que indica que o plástico reciclado equivale a 7,8% das resinas consumidas no Brasil, demonstrando o baixo retorno dos plásticos à indústria para serem transformados em novos materiais. Também temos o compromisso assumido pela Associação Brasileira da Indústria de Higiene Pessoal, Perfumaria e Cosméticos - ABIHPEC, entidade privada que representa 94% do segmento e atua na defesa dos interesses deste Setor nas diversas esferas públicas, que apresentou ao Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima (MMA), no dia 04 de junho de 2018, compromisso voluntário de se juntar ao esforço mundial na substituição do uso de microesferas plásticas (MEPs) utilizadas em produtos enxaguáveis, por outros ingredientes com função semelhante, mas biodegradáveis, no prazo de três anos, ou seja, até o final de 2021 .

Ações contra poluição marinha estão também descritas nos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), consolidados pela Cúpula das Nações Unidas, em 2015, com a adoção do documento “Transformando nosso Mundo: a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável”.

O ODS 14 “Vida na Água” - “Conservação e uso sustentável dos oceanos, dos mares e dos recursos marinhos para o desenvolvimento sustentável” está diretamente relacionado à temática por meio da Meta 14.1: “Até 2025, prevenir e reduzir significativamente a poluição marinha de todos os tipos, especialmente a advinda de atividades terrestres, incluindo detritos marinhos e a poluição por nutrientes”.

Além disso, está estritamente relacionado também ao ODS 12 “Produção e Consumo Sustentável: “Até 2020, alcançar o manejo ambientalmente saudável dos produtos químicos e todos os resíduos, ao longo de todo o ciclo de vida destes, de acordo com os marcos internacionais acordados, e reduzir significativamente a liberação destes para o ar, água e solo, para minimizar seus impactos negativos sobre a saúde humana e o meio ambiente”.

Internacionalmente, o tema ganhou maior destaque ainda ao ser aprovada a Resolução 7 (UNEP/EA.3/Res.7), na 3ª Assembleia das Nações Unidas para o Meio Ambiente (UNEA), em janeiro de 2018, que decidiu reunir um grupo aberto de especialistas para examinar melhor as opções de combate ao lixo e microplásticos marinhos, cujas reuniões já ocorreram em maio e dezembro de 2018.

As Resoluções UNEA 1/6 e 2/11 trazem medidas para reduzir os resíduos plásticos e microplásticos em ambientes marinhos, inclusive sugere que os governos adotem medidas para eliminar gradualmente o uso de microplásticos primários em produtos, principalmente cosméticos e de cuidados pessoais.

Em fevereiro de 2022, na retomada da quinta sessão da Assembleia Ambiental das Nações Unidas (UNEA-5.2), foi adotada uma resolução histórica (5/14) para desenvolver um instrumento internacional juridicamente vinculativo sobre a poluição plástica, inclusive no ambiente marinho com a ambição concluir as negociações até o final de 2024.

O instrumento deve ser baseado em uma abordagem abrangente que aborda todo o ciclo de vida do plástico. O Comitê de Negociação Intergovernamental (INC - *Intergovernmental Negotiating Committee*) considerará como promover a produção e o consumo sustentáveis de plásticos, desde o design do produto até o gerenciamento ambientalmente correto de resíduos, por meio da eficiência de recursos e abordagens de economia circular.

A primeira sessão do INC para desenvolver um instrumento internacional juridicamente vinculativo sobre a poluição plástica, inclusive no ambiente marinho, ocorreu no Centro de Convenções e Exposições de Punta del Este, de 28 de novembro a 2 de dezembro de 2022. A segunda sessão do INC ocorreu em Paris, de 29 de maio a 02 de junho de 2023. O Brasil participou dessas sessões e se colocou favorável a criação de um instrumento internacional juridicamente vinculativo sobre a poluição plástica.

A questão dos plásticos e microplásticos, portanto, envolve tanto a temática de gestão de substâncias como de resíduos sólidos, desde o controle das substâncias que o compõe, a liberação de microplásticos até o estudo de como evitar que atinjam o ambiente após o uso e sejam incorporados à cadeia de reciclagem, integrados a uma regulamentação que proíba o uso intencional destas partículas tão resistentes aos produtos cosméticos e de higiene.

#### *2.4. Enquadramento dos corpos hídricos brasileiros*

No Brasil é adotado o enquadramento por classes de qualidade, fazendo com que os padrões de qualidade estabelecidos para cada classe sejam formados pelos padrões mais restritivos dentre todos os usos contemplados naquela



classe (BRASIL, 2008). De tal forma que quanto melhor a qualidade da água almejada, menores são as permissões de lançamentos de cargas poluidoras e maiores serão as despesas para tratamento de esgotos, uma vez que é necessário realizar tratamentos mais complexos para a remoção de poluentes (ANA, 2020).

A Resolução CONAMA nº 357/2005, cria algumas definições que serão importantes para esse estudo, são elas:

“carga poluidora: quantidade de determinado poluente transportado ou lançado em um corpo de água receptor, expressa em unidade de massa por tempo;

classe de qualidade: conjunto de condições e padrões de qualidade de água necessários ao atendimento dos usos preponderantes, atuais ou futuros;

classificação: qualificação das águas doces, salobras e salinas em função dos usos preponderantes (sistema de classes de qualidade) atuais e futuros;

condição de qualidade: qualidade apresentada por um segmento de corpo d'água, num determinado momento, em termos dos usos possíveis com segurança adequada, frente às Classes de Qualidade;

condições de lançamento: condições e padrões de emissão adotados para o controle de lançamentos de efluentes no corpo receptor;

controle de qualidade da água: conjunto de medidas operacionais que visa avaliar a melhoria e a conservação da qualidade da água estabelecida para o corpo de água;

corpo receptor: corpo hídrico superficial que recebe o lançamento de um efluente;

enquadramento: estabelecimento da meta ou objetivo de qualidade da água (classe) a ser, obrigatoriamente, alcançado ou mantido em um segmento de corpo de água, de acordo com os usos preponderantes pretendidos, ao longo do tempo;

monitoramento: medição ou verificação de parâmetros de qualidade e quantidade de água, que pode ser contínua ou periódica, utilizada para

acompanhamento da condição e controle da qualidade do corpo de água;

padrão: valor limite adotado como requisito normativo de um parâmetro de qualidade de água ou efluente;

parâmetro de qualidade da água: substâncias ou outros indicadores representativos da qualidade da água.”

Ainda de acordo com o Artigo 3º da Resolução CONAMA nº 357/2005, sobre a classificação dos corpos de água, temos que:

“As águas doces, salobras e salinas do Território Nacional são classificadas, segundo a qualidade requerida para os seus usos preponderantes, em treze classes de qualidade.

Parágrafo único. As águas de melhor qualidade podem ser aproveitadas em uso menos exigente, desde que este não prejudique a qualidade da água, atendidos outros requisitos pertinentes.”

A Lei nº 9.433/1997 estabelece como um de seus objetivos assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões

de qualidade adequados aos respectivos usos; além de estabelecer o enquadramento como um dos instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos (BRASIL, 1997). Essa lei informa que o enquadramento visa:

“I - assegurar às águas qualidade compatível com os usos mais exigentes a que forem destinadas;

II - diminuir os custos de combate à poluição das águas, mediante ações preventivas permanentes.”

Conforme Resolução CONAMA nº 357/2005 não é aceito o lançamento de efluentes, mesmo que tratados, em as águas de classe especial, devendo ter sua condição natural preservada. Para as demais classes, são admitidos lançamento no meio ambiente de poluentes, devendo sempre ser respeitado os padrões e condições determinados na Resolução CONAMA nº 357/2005, sendo a classe 1 com os maiores níveis de qualidade da água e as classes 4 (águas-doces) e 3 (águas salobras e salinas) os menores níveis de qualidade. Sendo que estes níveis de qualidade determinam os usos que são possíveis no corpo d’água. Por exemplo, nas águas-doces de classe 4 os níveis de qualidade permitem apenas os usos menos exigentes de navegação e harmonia paisagística. (ANA, 2020).

Nas figuras 1, 2 e 3 serão apresentadas as relações entre as classes de enquadramento e os usos respectivos a que se destinam as salinas, águas-doces e salobras.

**Figura 1: Classes de enquadramento das águas salinas, segundo os usos a que se destinam.**












USOS DAS ÁGUAS SALINAS	CLASSES DE ENQUADRAMENTO			
	ESPECIAL	1	2	3
Preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas 	Classe mandatória em Unidades de Conservação de Proteção Integral			
Proteção das comunidades aquáticas 				
Recreação de contato primário 				
Aquicultura 				
Recreação de contato secundário 				
Pesca 				
Navegação 				
Harmonia paisagística 				

**Fonte: Agência Nacional das Águas e Saneamento Básico (ANA), 2020.**

Os usos das águas salinas da classe especial são destinados à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral e à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas. Já as águas de classe 1

podem ser destinadas à recreação de contato primário, conforme Resolução CONAMA no 274, de 2000; à proteção das comunidades aquáticas; e à aquicultura e à atividade de pesca. Por sua vez as águas dos corpos hídricos enquadrados como classe 2 podem ser destinadas à pesca amadora; e à recreação de contato secundário. Por fim, quanto aos classificados como classe 3, as águas que podem ser destinadas à navegação; e à harmonia paisagística.

**Figura 2: Classes de enquadramento das águas-doces, segundo os usos a que se destinam.**











USOS DAS ÁGUAS DOCES	CLASSES DE ENQUADRAMENTO				
	ESPECIAL	1	2	3	4
Preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas 	Classe mandatória em Unidades de Conservação de Proteção Integral				
Proteção das comunidades aquáticas 		Classe mandatória em Terras Indígenas			
Recreação de contato primário 					
Aquicultura 					
Abastecimento para consumo humano 	Após desinfecção	Após tratamento simplificado	Após tratamento convencional	Após tratamento convencional ou avançado	
Recreação de contato secundário 					
Pesca 					
Irrigação 		Hortalças consumidas cruas e frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película	Hortalças, frutíferas, parques, jardins, campos de esporte e lazer,	Culturas arbóreas, cerealiíferas e forrageiras	
Dessedentação de animais 					
Navegação 					
Harmonia paisagística 					

**Fonte: Agência Nacional das Águas e Saneamento Básico (ANA), 2020.**

As águas doces são classificadas em especial e de classe 1 a 4. Conforme Resolução CONAMA 357/2005 os usos de suas águas classificadas em classe especial são destinados ao abastecimento para consumo humano, com desinfecção; à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; e à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral. Para a classe 1, as águas podem ser destinadas ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado; à proteção das comunidades aquáticas; à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA nº 274, de 2000; à irrigação de hortalças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película; e à proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas. Já para a classe 2, as águas que podem ser destinadas: ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; à proteção das comunidades aquáticas; à recreação de

contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA n° 274, de 2000; à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e à aquicultura e à atividade de pesca. Ficando ainda menos restritivo, os usos para a classe 3 podem ser ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado; à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras; à pesca amadora; à recreação de contato secundário; e à dessedentação de animais. Por fim, o uso menos restritivo é o da classe 4, que possui destinação apenas para navegação e harmonia paisagística.

**Figura 3: Classes de enquadramento das águas salobras, segundo os usos a que se destinam.**

USOS DAS ÁGUAS SALOBRAS		CLASSES DE ENQUADRAMENTO			
		ESPECIAL	1	2	3
Preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas		Classe mandatória em Unidades de Conservação de Proteção Integral			
Proteção das comunidades aquáticas					
Recreação de contato primário					
Aquicultura					
Abastecimento para consumo humano			Após tratamento convencional ou avançado		
Irrigação			Hortaliças consumidas cruas, frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película, parques, jardins, campos de esporte e lazer.		
Recreação de contato secundário					
Pesca					
Navegação					
Harmonia paisagística					

**Fonte: Agência Nacional das Águas e Saneamento Básico (ANA), 2020.**

Conforme demonstrado na imagem acima, as águas salobras são assim classificadas em classe especial, com águas destinadas à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral e à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas. E possui ainda classes de 1 a 3. As águas salobras classe 1 podem ser destinadas à recreação de contato primário, conforme Resolução CONAMA n° 274, de 2000; à proteção das comunidades aquáticas; à aquicultura e à atividade de pesca; ao abastecimento para consumo humano após tratamento convencional ou avançado; e 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 irrigação de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto. Já a classe 2, as águas que podem ser

destinadas à pesca amadora; e à recreação de contato secundário. E por fim, a classe menos restritiva é a classe 3, destinadas apenas para navegação e harmonia paisagística.

### *2.5. Poluição hídrica*

A qualidade de um corpo hídrico pode ser representada por meio de análise dos diversos elementos presentes na água, representando assim as características físicas, químicas e biológicas do ambiente aquático. A qualidade de água depende ainda de variáveis naturais ligadas ao regime de chuvas, escoamento superficial, geologia e cobertura vegetal, e por impactos causados pelo homem, como o lançamento de efluentes, manejo dos solos, entre outros (FARIA e PADOVESI-FONSECA, 2020).

Assim sendo, são vários os fatores de poluição hídrica, serão apontados e detalhados alguns desses fatores (PEREIRA, 2014), como:

- esgoto sanitário lançado no corpo hídrico sem tratamento;
- ligações cruzadas de esgoto na rede de drenagem;
- efluente industrial lançado após uma falha de produção, que ocasiona um acidente ambiental;
- lançamento de agrotóxicos e nutrientes em área agrícola; e
- efluente industrial lançado no corpo hídrico sem tratamento ou com tratamento inadequado, sem atingir os parâmetros da legislação vigente.

De acordo com a NBR 9649 sistema de esgotamento sanitário é o conjunto de condutos, instalações e equipamentos destinados a coletar, transportar, condicionar e encaminhar, somente esgoto sanitário, a uma disposição final conveniente, de modo contínuo e higienicamente seguro (ABNT, 1986).

O art. 2º da Resolução nº 54, de 28 de novembro de 2005 do CNRH, define água residuária como:

“esgoto, água descartada, efluentes líquidos de edificações, indústrias, agroindústrias e agropecuária, tratadas ou não. As águas residuais contêm grau de impurezas que variam de acordo com sua utilização, mas que sempre contêm agentes contaminantes e potencialmente prejudiciais à saúde humana e à natureza de modo geral.”

De acordo com a Resolução CONAMA nº 430, de 13 de maio de 2011, efluente é o termo usado para caracterizar os despejos líquidos provenientes de diversas atividades ou processos.

O fator de poluição hídrica por esgoto sanitário ocorre por razões diversas. Uma delas é a falha no setor público de não conseguir priorizar o saneamento em suas políticas públicas, principalmente no que tange ao esgotamento sanitário. É uma responsabilidade que necessita do dispêndio alto de recurso

financeiro e percorre anos de desenvolvimento, fazendo com que os políticos priorizem investimentos que consigam ser concluídos em um mandato de 4 anos.

Espera-se que com a Lei Federal nº 14.026, de 15 de julho de 2020, que atualiza o marco legal do saneamento básico e altera a Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000, essa realidade seja alterada, uma vez que busca promover a regulação dos serviços prestados em saneamento e ações de universalização de oferta, objetivando no menor prazo possível, da universalização do abastecimento de água potável, esgotamento sanitário (coleta, tratamento e destinação final), gestão de resíduos sólidos urbanos (coleta, tratamento e disposição final), além do adequado manejo de águas pluviais urbanas, com o consequente controle de enchentes.

A coexistência entre os sistemas centralizados e descentralizados visa a ampliar a acessibilidade da população brasileira ao sistema de coleta e tratamento de esgoto doméstico. A gestão descentralizada de tratamento de esgoto doméstico oferece-se como uma alternativa viável diante do difícil acesso à rede pública de esgoto, da inexistência de sistemas centralizados ou de existência de municípios com baixa densidade populacional, por exemplo (ROSÁRIO, 2016).

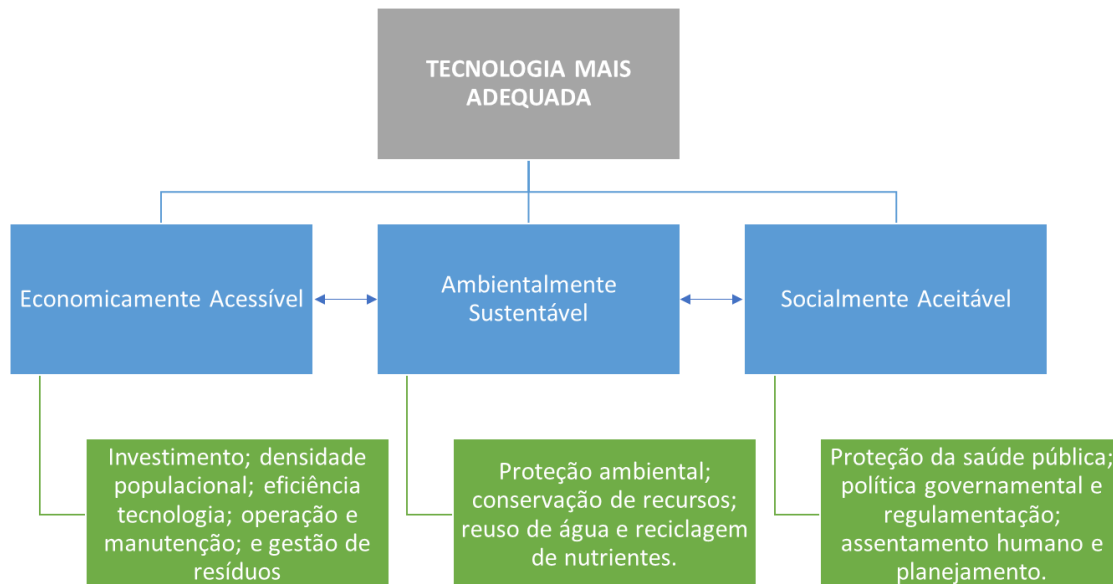
Os tratamentos de esgoto descentralizados ou individuais são aqueles que coletam, tratam e fazem a disposição final ou reúso do esgoto em local próximo à sua geração, diferentemente do que ocorre nos sistemas centralizados tradicionais (TONETTI, 2018).

O tratamento descentralizado tem-se mostrado como uma alternativa ao tratamento das águas residuárias domésticas. O efluente é tratado próximo ao local de geração, se mostrando como uma maneira sustentável de gerenciamento de esgotos domésticos, possibilitando a utilização do efluente na própria comunidade. Existem diversos sistemas de tratamento que, se construídos, operados e mantidos adequadamente, produzem efluente passível de utilização, reduzindo assim efeitos negativos para o meio ambiente e para a saúde pública (MASSOUD et al., 2009).

Em relação ao custo do tratamento de esgoto descentralizado, é importante considerar que o custo pode variar dependendo de vários fatores, como o tamanho da comunidade ou do sistema, a localização geográfica, a tecnologia utilizada e os requisitos regulatórios específicos. Em algumas situações, o tratamento de esgoto descentralizado pode realmente ter custos mais altos do que o tratamento centralizado devido a volumes menores. Sistemas centralizados geralmente se beneficiam de economias de escala, processando grandes volumes de esgoto de comunidades inteiras, o que pode resultar em custos operacionais e de manutenção mais baixos por unidade de esgoto tratado.

No entanto, é importante ressaltar que a descentralização do tratamento de esgoto também pode ter suas vantagens. Em áreas rurais ou remotas, por exemplo, onde as infraestruturas centralizadas podem ser inviáveis, os sistemas descentralizados podem ser a melhor opção.

**Figura 4: Características da tecnologia mais adequada**



**Fonte: Adaptado de Massoud et al., 2009.**

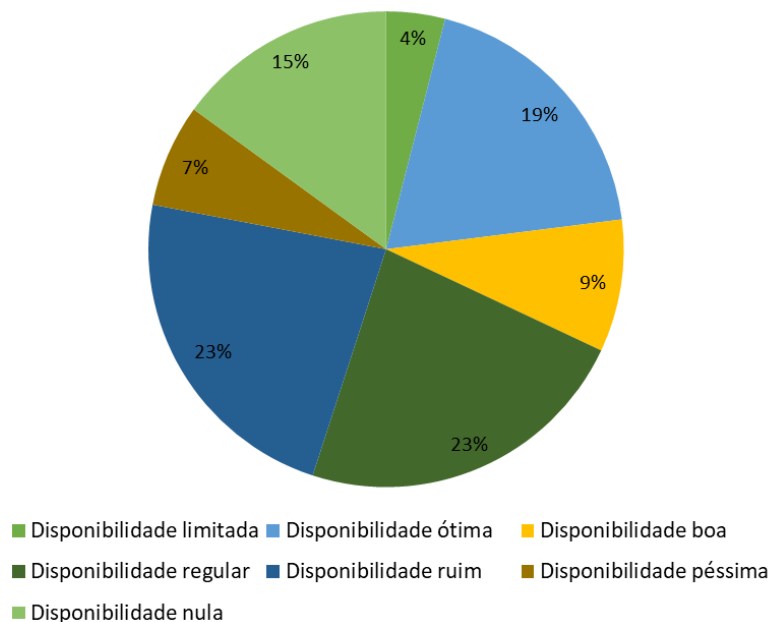
No País, de toda a carga orgânica gerada (9,1 mil toneladas de DBO/dia), apenas 39% são removidas com a infraestrutura de tratamento de esgotos existente nas sedes dos municípios brasileiros. Como resultado, em termos de carga orgânica remanescente, cerca de 5,5 mil toneladas DBO/dia podem alcançar os corpos receptores (ANA, 2017).

De acordo com o Atlas Esgoto 2017, mais da metade dos municípios brasileiros dispõem de corpos receptores com capacidade de diluição ótima, boa ou regular. Ou seja, possuem vazão suficiente para diluir os efluentes sanitários nas sedes urbanas conseguindo manter, após tratamento adequado dos esgotos, os padrões dos corpos receptores nas classes 1 ou 2 de enquadramento. No entanto, em termos populacionais, eles somam cerca de 20% da população urbana do País, indicando que a solução para cidades de pequeno porte pode demandar sistemas mais simplificados para o tratamento e destinação final dos esgotos (ANA, 2017).

A figura 5 classifica a capacidade de diluição dos esgotos em sete categorias, sendo aplicada às sedes urbanas dos municípios brasileiros considerando se o corpo receptor atual responsável pelo recebimento da maior parcela da carga de esgotos das cidades com sistema existente e, na ausência de

sistema de esgotamento sanitário, o corpo receptor com maior disponibilidade hídrica na área urbana ou proximidades (ANA, 2017).

**Figura 5: Capacidade de diluição dos esgotos no Brasil**



**Fonte: Adaptado de ANA (2017).**

Cerca de 45% das sedes urbanas se caracterizam por possuir nas suas proximidades corpos d'água com capacidade de diluição ruim, péssima ou nula. Ou seja, não dispõem de corpos receptores que possibilitem diluir os efluentes sanitários, mesmo que tratados, sem resultar em qualidade de água compatível apenas com classes de enquadramento menos restritivas, classe 3 ou 4. São municípios cujas sedes urbanas se localizam em regiões de cabeceira dos rios ou de baixos índices pluviométricos. A exemplo do semiárido brasileiro, ou situados em grandes aglomerações urbanas. Para esses municípios, as soluções de tratamento e destinação final dos esgotos, do ponto de vista dos recursos hídricos, podem exigir arranjos mais sofisticados como a utilização de tecnologias de tratamento de esgotos avançadas e/ou utilizar corpos receptores mais distantes (ANA, 2017).

O segundo fator de poluição hídrica aludido é referente às ligações cruzadas de esgoto na rede de drenagem. Esse problema tem o mesmo fundamento do esgotamento sanitário supracitado, pois depende diretamente de investimentos por parte do poder público para que o esgoto das residências seja coletado corretamente e levado até ao seu tratamento (PEREIRA, 2004).

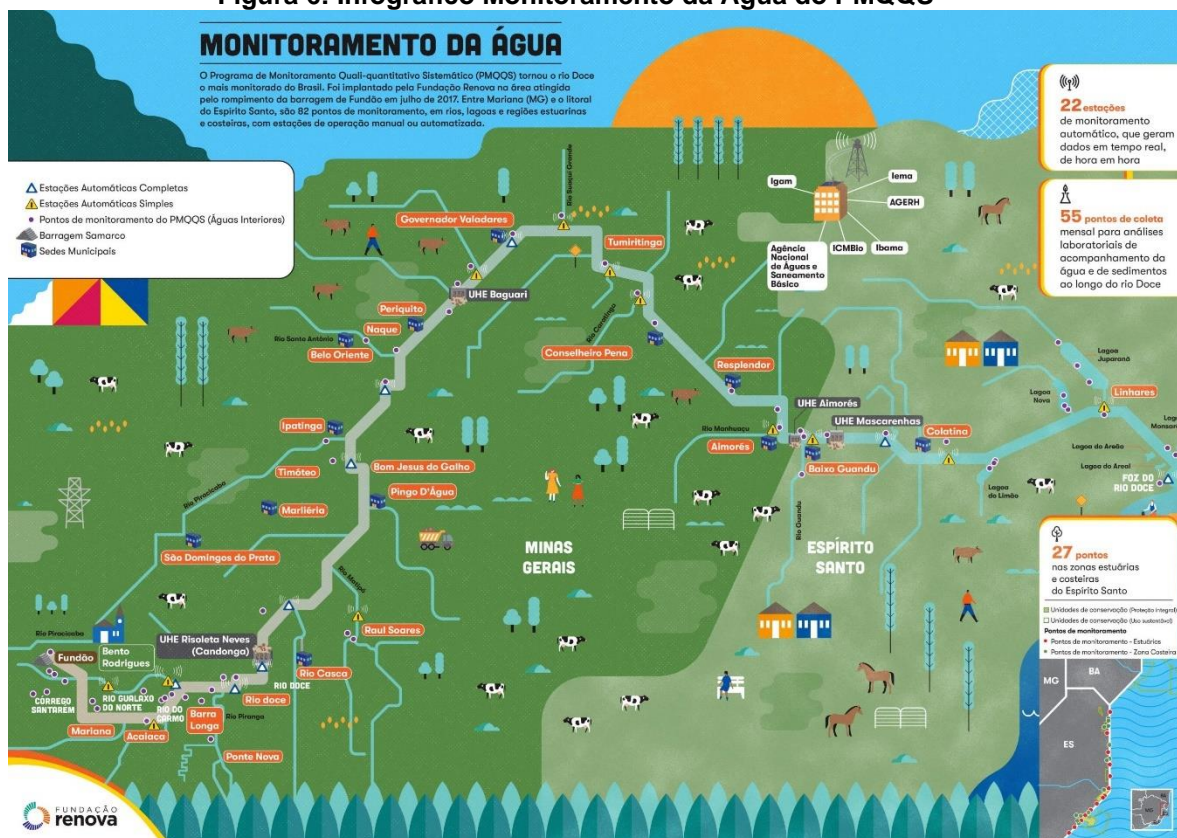
O outro fator de poluição hídrica mencionado é o efluente industrial lançado em corpos hídricos sem nenhum tratamento após uma falha de produção ou outra causalidade. Como exemplo temos os acidentes ambientais decorrentes do rompimento de barragens de minérios que causaram grande poluição hídrica, em Mariana/MG (5 de novembro de 2015) e em Brumadinho/MG (25 de janeiro de 2019).



O rompimento da barragem de Fundão, ocorrido em novembro de 2015, foi classificado pela Defesa Civil de Minas Gerais como nível IV, isto é, “desastre de porte muito grande”, o que significa que os danos causados são extremamente significativos e os prejuízos muito vultosos e consideráveis. Localizada no município de Mariana, em Minas Gerais, a barragem pertencia à mineradora Samarco Mineração S.A.. Cerca de 40 milhões de metros cúbicos de rejeitos de mineração foram liberados percorrendo mais de 650 quilômetros no sistema fluvial, impactando o córrego Santarém, o rio Guaxaxo do Norte, o rio do Carmo, o rio Doce, bem como os seus tributários, até alcançar a foz do Rio Doce no litoral do Espírito Santo (GOLDER ASSOCIATES, 2017).

Desde o rompimento da Barragem de Fundão, foi implantado um monitoramento emergencial nos rios afetados contemplando análises de amostras de água e sedimento ao longo da bacia do rio Doce. O Programa de Monitoramento Quali-quantitativo Sistemático de Água e Sedimento (PMQQS) foi implementado em 31 de julho de 2017 com o objetivo principal de acompanhar, ao longo do tempo, a recuperação da bacia hidrográfica do rio Doce e zona costeira e estuárias adjacentes. A Figura 6 apresenta o infográfico do Monitoramento da Água do PMQQS, com as 22 estações de monitoramento automático (caixas laranjas), que geram dados em tempo real, de hora em hora e os 55 pontos de coleta mensal para análises laboratoriais de acompanhamento da água e de sedimentos ao longo do rio Doce (Monitoramento Rio Doce, 2023).

**Figura 6: Infográfico Monitoramento da Água do PMQQS**



Fonte: Monitoramento Rio Doce (2023).

As principais alterações que podem ser esperadas na qualidade das águas, em relação aos acidentes envolvendo barragens de rejeito, são: na turbidez devido ao grande volume de sólidos em suspensão; nos parâmetros físico-químicos como pH e condutividade elétrica, sais solúveis, alcalinidade, óleo, graxa e reagentes orgânicos; e, a depender do minério e estéreis envolvidos, pode haver também alteração nas concentrações dos metais pesados Cádmio (Cd), Níquel (Ni), Cromo (Cr), Cobalto (Co), Mercúrio (Hg), Vanádio (V), Zinco (Zn), Arsênio (As), Chumbo (Pb), Cobre (Cu), Lítio (Li).

Em casos de acidentes o monitoramento da qualidade das águas é essencial para determinar a extensão dos danos causados pelo acidente e se os corpos hídricos responsáveis pelo abastecimento de água urbano e rural estão com qualidade compatível para esse uso.

Os agrotóxicos utilizados na agricultura, como herbicidas, inseticidas e fungicidas, são projetados para eliminar pragas e doenças das plantações. No Brasil, o registro dos agrotóxicos está condicionado à aprovação de três órgãos do governo: o Ministério da Agricultura, que avalia a eficiência dos defensivos no combate às pragas; a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa), que afere possíveis danos relacionados à saúde humana; e o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama), responsável por avaliar impactos ambientais dos químicos (BRASIL, 1989).

No entanto, quando os agrotóxicos são aplicados de maneira inadequada ou em excesso, eles podem ser carregados pela água da chuva ou da irrigação, chegando aos corpos d'água próximos. Isso pode levar à contaminação da água e prejudicar a vida aquática, matando peixes, anfíbios e outras formas de vida aquática. Além disso, a presença de agrotóxicos na água pode afetar negativamente a qualidade e a segurança da água para consumo humano (HLADIK E KOLPIN, 2017).

A aplicação excessiva de fertilizantes agrícolas, que contêm nutrientes como nitrogênio e fósforo, também pode ser uma fonte de poluição hídrica (SMITH et al, 1999). Quando esses fertilizantes são lavados para corpos d'água, eles podem causar um fenômeno chamado eutrofização. O excesso de nutrientes estimula o crescimento excessivo de algas na água, formando grandes aglomerados conhecidos como florações de algas. À medida que essas algas morrem e se decompõem, consomem oxigênio na água, levando à redução dos níveis de oxigênio dissolvido. Isso pode resultar na morte de peixes e outras formas de vida aquática devido à falta de oxigênio (DO-DDS, 2006).

A respeito do último fator de poluição hídrica informado, o efluente industrial lançado no corpo hídrico sem tratamento ou com tratamento inadequado, sem atingir os parâmetros da legislação vigente, essa é uma realidade que será abordada nesse trabalho, uma vez que alguns empreendimentos com atividades potencialmente

poluidoras declaram ao Ibama, pelo Relatório de Atividades Potencialmente Poluidoras e Utilizadoras de Recursos Ambientais (RAPP) que realizam lançamento de efluentes líquidos fora dos parâmetros da legislação vigente nos corpos hídricos brasileiros. O RAPP tem como função a obtenção de dados e informações para colaborar com procedimentos de fiscalização e controle ambiental.

Outra maneira de controle, são as condicionantes do licenciamento ambiental, que são cláusulas que estabelecem as condições, restrições, medidas administrativas e ambientais que deverão ser observadas pelo empreendedor para o gerenciamento dos impactos ambientais decorrentes da instalação e operação de empreendimentos e atividades objeto do licenciamento.

É importante ressaltar que as condicionantes ambientais podem variar de acordo com o tipo de empreendimento, a localização geográfica e as características específicas do corpo hídrico receptor. Portanto, cada caso deve ser avaliado individualmente pelo órgão ambiental competente, levando em consideração a legislação e as normas aplicáveis. Essas condicionantes podem incluir requisitos relacionados ao tratamento de efluentes, parâmetros de qualidade da água, as condições e restrições para o despejo dos efluentes, como os limites de concentração de poluentes, a frequência e os pontos de amostragem para monitoramento, prazos de implantação de medidas mitigadoras, entre outros.

Após a obtenção da licença ambiental, o empreendimento é responsável por realizar o monitoramento regular da qualidade da água nos pontos de lançamento e em áreas afetadas pelo efluente. Além disso, o órgão ambiental pode realizar fiscalizações para verificar o cumprimento das condicionantes estabelecidas na licença.

É fundamental que o empreendimento cumpra todas as obrigações e condicionantes estabelecidas na licença ambiental para garantir a proteção ambiental e evitar possíveis sanções e penalidades legais. O não cumprimento das condicionantes pode resultar em multas, suspensão da licença ou até mesmo no cancelamento da licença.

Cabe destacar que as informações produzidas nas condicionantes das licenças ambientais, sobre o monitoramento do efluente e dos corpos hídricos realizados pelos empreendimentos licenciados, não são interligadas ao formulário de efluentes líquidos do RAPP.

#### *2.6. Relatório de Atividades Potencialmente Poluidoras e Utilizadoras de Recursos Ambientais (RAPP)*

Os dados declarados sobre os efluentes gerados pelas atividades potencialmente poluidoras e lançados nos corpos hídricos brasileiros estão disponíveis no site do Ibama – Dados Abertos (link: <http://dadosabertos.ibama.gov.br>). Sendo o RAPP é instrumento de preenchimento obrigatório, instituído pela Lei nº 10.165/2000 e deve ser preenchido por todas as pessoas físicas e jurídicas

que exerçam as atividades do Anexo VIII (Tabela 1) da Lei nº 6.938/81 (Política Nacional do Meio Ambiente):

“Art. 17-C. É sujeito passivo da TCFA todo aquele que exerça as atividades constantes do Anexo VIII desta Lei”. § 1º O sujeito passivo da TCFA é obrigado a entregar até o dia 31 de março de cada ano relatório das atividades exercidas no ano anterior, cujo modelo será definido pelo Ibama, para o fim de colaborar com os procedimentos de controle e fiscalização. § 2º O descumprimento da providência determinada no § 1º sujeita o infrator a multa equivalente a vinte por cento da TCFA devida, sem prejuízo da exigência desta.”

**Tabela 1: Atividades potencialmente poluidoras e utilizadoras de recursos ambientais obrigadas a preencher o RAPP**

<b>Categoria</b>	<b>Descrição</b>
<b>Extração e Tratamento de Minerais</b>	- pesquisa mineral com guia de utilização; lavra a céu aberto, inclusive de aluvião, com ou sem beneficiamento; lavra subterrânea com ou sem beneficiamento, lavra garimpeira, perfuração de poços e produção de petróleo e gás natural.
<b>Indústria de Produtos Minerais Não Metálicos</b>	- beneficiamento de minerais não metálicos, não associados a extração; fabricação e elaboração de produtos minerais não metálicos tais como produção de material cerâmico, cimento, gesso, amianto, vidro e similares.
<b>Indústria Metalúrgica</b>	- fabricação de aço e de produtos siderúrgicos, produção de fundidos de ferro e aço, forjados, arames, relaminados com ou sem tratamento; de superfície, inclusive galvanoplastia, metalurgia dos metais não-ferrosos, em formas primárias e secundárias, inclusive ouro; produção de laminados, ligas, artefatos de metais não-ferrosos com ou sem tratamento de superfície, inclusive galvanoplastia; relaminação de metais não-ferrosos, inclusive ligas, produção de soldas e anodos; metalurgia de metais preciosos; metalurgia do pó, inclusive peças moldadas; fabricação de estruturas metálicas com ou sem tratamento de superfície, inclusive; galvanoplastia, fabricação de artefatos de ferro, aço e de metais não-ferrosos com ou sem tratamento de superfície, inclusive galvanoplastia, têmpera e cementação de aço, recozimento de arames, tratamento de superfície.
<b>Indústria Mecânica</b>	- fabricação de máquinas, aparelhos, peças, utensílios e acessórios com e sem tratamento térmico ou de superfície.
<b>Indústria de material Elétrico, Eletrônico e Comunicações</b>	- fabricação de pilhas, baterias e outros acumuladores, fabricação de material elétrico, eletrônico e equipamentos para telecomunicação e informática; fabricação de aparelhos elétricos e eletrodomésticos.
<b>Indústria de Material de Transporte</b>	- fabricação e montagem de veículos rodoviários e ferroviários, peças e acessórios; fabricação e montagem de aeronaves; fabricação e reparo de embarcações e estruturas flutuantes.
<b>Indústria de Madeira</b>	- serraria e desdobramento de madeira; preservação de madeira; fabricação de chapas, placas de madeira aglomerada, prensada e compensada; fabricação de estruturas de madeira e de móveis.
<b>Indústria de Papel e Celulose</b>	- fabricação de celulose e pasta mecânica; fabricação de papel e papelão; fabricação de artefatos de papel, papelão, cartolina, cartão e fibra prensada.
<b>Indústria de Borracha</b>	- beneficiamento de borracha natural, fabricação de câmara de ar, fabricação e condicionamento de pneumáticos; fabricação de laminados e fios de borracha; fabricação de espuma de borracha e de artefatos de espuma de borracha, inclusive látex.
<b>Indústria de Couros e Peles</b>	- secagem e salga de couros e peles, curtimento e outras preparações de couros e peles; fabricação de artefatos diversos de couros e peles; fabricação de cola animal.
<b>Indústria Têxtil, de Vestuário, Calçados e Artefatos de Tecidos</b>	- beneficiamento de fibras têxteis, vegetais, de origem animal e sintéticos; fabricação e acabamento de fios e tecidos; tingimento, estamparia e outros acabamentos em peças do vestuário e artigos diversos de tecidos; fabricação de calçados e componentes para calçados.
<b>Indústria de Produtos de Matéria Plástica.</b>	- fabricação de laminados plásticos, fabricação de artefatos de material plástico.

<b>Indústria do Fumo</b>	- fabricação de cigarros, charutos, cigarrilhas e outras atividades de beneficiamento do fumo.
<b>Indústrias Diversas</b>	- usinas de produção de concreto e de asfalto.
<b>Indústria Química</b>	- produção de substâncias e fabricação de produtos químicos, fabricação de produtos derivados do processamento de petróleo, de rochas betuminosas e da madeira; fabricação de combustíveis não derivados de petróleo, produção de óleos, gorduras, ceras, vegetais e animais, óleos essenciais, vegetais e produtos similares, da destilação da madeira, fabricação de resinas e de fibras e fios artificiais e sintéticos e de borracha e látex sintéticos, fabricação de pólvora, explosivos, detonantes, munição para caça e desporto, fósforo de segurança e artigos pirotécnicos; recuperação e refino de solventes, óleos minerais, vegetais e animais; fabricação de concentrados aromáticos naturais, artificiais e sintéticos; fabricação de preparados para limpeza e polimento, desinfetantes, inseticidas, germicidas e fungicidas; fabricação de tintas, esmaltes, lacas, vernizes, impermeabilizantes, solventes e secantes; fabricação de fertilizantes e agroquímicos; fabricação de produtos farmacêuticos e veterinários; fabricação de sabões, detergentes e velas; fabricação de perfumarias e cosméticos; produção de álcool etílico, metanol e similares.
<b>Indústria de Produtos Alimentares e Bebidas</b>	- beneficiamento, moagem, torrefação e fabricação de produtos alimentares; matadouros, abatedouros, frigoríficos, charqueadas e derivados de origem animal; fabricação de conservas; preparação de pescados e fabricação de conservas de pescados; beneficiamento e industrialização de leite e derivados; fabricação e refinação de açúcar; refino e preparação de óleo e gorduras vegetais; produção de manteiga, cacau, gorduras de origem animal para alimentação; fabricação de fermentos e leveduras; fabricação de rações balanceadas e de alimentos preparados para animais; fabricação de vinhos e vinagre; fabricação de cervejas, chopes e maltes; fabricação de bebidas não-alcoólicas, bem como engarrafamento e gaseificação e águas minerais; fabricação de bebidas alcoólicas.
<b>Serviços de Utilidade</b>	- produção de energia termoelétrica; tratamento e destinação de resíduos industriais líquidos e sólidos; disposição de resíduos especiais tais como: de agroquímicos e suas embalagens; usadas e de serviço de saúde e similares; destinação de resíduos de esgotos sanitários e de resíduos sólidos urbanos, inclusive aqueles provenientes de fossas; dragagem e derrocamentos em corpos d'água; recuperação de áreas contaminadas ou degradadas.
<b>Transporte, Terminais, Depósitos e Comércio</b>	- transporte de cargas perigosas, transporte por dutos; marinas, portos e aeroportos; terminais de minério, petróleo e derivados e produtos químicos; depósitos de produtos químicos e produtos perigosos; comércio de combustíveis, derivados de petróleo e produtos químicos e produtos perigosos.
<b>Turismo</b>	- complexos turísticos e de lazer, inclusive parques temáticos.
<b>Uso de Recursos Naturais</b>	- silvicultura; exploração econômica da madeira ou lenha e subprodutos florestais; importação ou exportação da fauna e flora nativas brasileiras; atividade de criação e exploração econômica de fauna exótica e de fauna silvestre; utilização do patrimônio genético natural; exploração de recursos aquáticos vivos; introdução de espécies exóticas ou geneticamente modificadas; uso da diversidade biológica pela biotecnologia.

**Fonte: BRASIL, 1981.**

A figura a seguir apresenta a tela geral do formulário de efluentes líquidos do RAPP do Ibama (BRASIL, 2020).

Figura 7: Tela geral do Formulário de Efluentes líquidos do RAPP

**EFLUENTE(S) LIQUIDO(S)**
X

**Efluentes Líquidos**

Ano:\*

Categoria de Atividade:\*

Detalhe:\*

Quantidade:\*  m<sup>3</sup>/h.

Descrever Monitoramento Utilizado:  
Caracteres: 500/500

Eficiência do tratamento:\*  0 - 100

Tipo de Tratamento:\*

Nível de Tratamento:\*

Compartimento Ambiental da Emissão:\*

**Total de Poluente Emitido**

**Preenchimento obrigatório para poluentes constantes na lista**  
(Caso não encontre, o preenchimento não é necessário)

Selecione o Poluente\*    Código

Quantidade\*  Unidade:\*  \ ANO.

Identificação do Tipo de Emissão:

Método de Medição Utilizado:

Identificação do Método:

Qual:  
Caracteres: 200/200

Condição de Sigilo:

**Grid Poluentes Potenciais**

Nenhum registro encontrado

**Registro(s) Encontrado(s)**

Nº	Ano	Categoria	Qtd Efluente	Qtd Eficiência	Tratamento	Nível Trat.	Comp. Emissão	OPERAÇÃO
1	2013	Indústria de Produtos Alimentares e Bebidas	600	1	Compostagem	Primário	Solo	<input type="button" value="✎"/> <input type="button" value="🗑"/>

(\*) preenchimento obrigatório

Fonte: BRASIL,2020.

O formulário recolhe informações sobre os efluentes líquidos lançados no período de 1 de janeiro a 31 de dezembro do ano ao qual o relatório se refere. O item “Ano” refere ao ano desejado de realizar o preenchimento. O item “Categoria da Atividade” é relativo a atividade do Cadastro Técnico Federal de Atividades Potencialmente Poluidoras ou Utilizadoras de Recursos Ambientais - CTF/APP - relacionada a este Formulário. Em complementação, o item “Detalhe” faz referência a descrição da atividade do CTF/APP relacionada a este Formulário. As categorias e os detalhes de atividades disponíveis são aqueles inscritos no CTF/APP.

O item “Quantidade” alude a média anual da vazão do efluente e qual é a unidade por ano que está sendo informada. O próximo item tem a finalidade de “Descrever o monitoramento utilizado”, nesse item o responsável pelo preenchimento deve em no máximo 500 caracteres, descrever o monitoramento realizado para acompanhar o

lançamento do efluente. No item “Eficiência do tratamento”, deve-se preencher com um valor de 0 a 100 para a eficiência do tratamento conforme laudo técnico.


O item “Tipo de tratamento” que possui como finalidade informar qual o tipo tratamento realizado no efluente, podendo selecionar entre os seguintes tipos:

- Adsorção
- Aeração
- Biológico
- Compostagem
- Fertirrigação/landfarming
- Fornos industriais
- Neutralização
- Outros
- Oxidação química
- Oxidações de cianetos
- Precipitação
- Queima a céu aberto
- Queima caldeira
- Reprocessamento/reciclagem externos
- Reprocessamento/reciclagem internos
- Secagem
- Tratamento incinerador
- Vermicompostagem

O “Nível de tratamento” é o item que refere ao nível de tratamento realizado, podendo ser selecionado: primário, secundário e terciário.

Quanto ao item “Compartimento ambiental da emissão” o empreendedor deve informar o tipo de compartimento ambiental em que o efluente foi liberado: água, solo ou ar. Se o tipo informado for água as seguintes informações são solicitadas:

**Figura 8: Tela do formulário Efluentes líquidos do RAPP quanto ao compartimento ambiental da emissão**



Compartimento Ambiental da Emissão: \* Água

Tipo de Emissão: Direta

Tipo do Corpo Receptor: -- seleccione --

Classe do Corpo Receptor: -- vazio --

Nome do Corpo Hídrico:

**Coordenadas Geográfica(s)**

Latitude:  (g)  (m)  (s) -- seleccione -- Longitude:  (g)  (m)  (s) [Ver no Mapa](#)

Fonte: BRASIL,2020.

O tipo de emissão por ser direta ou indireta, ou seja, o efluente é lançado diretamente em um corpo hídrico ou para outro empreendimento, respectivamente. Para emissão

direta, é necessário informar o tipo do corpo receptor, a classe do corpo receptor, o nome do corpo hídrico e as coordenadas geográficas da localização do corpo hídrico. Para classificar o corpo receptor no qual o efluente foi lançado, é necessário utilizar a Resolução Conama nº 357, de 17 de março de 2005. Para emissão indireta, deve-se informar o corpo receptor e o nome da empresa receptora do efluente.

### *2.7. Monitoramento da qualidade da água*

De acordo com Faria e Fonseca (2020) a política hídrica deve conter diretrizes compatíveis para uma gestão integrada da sociedade, e assumir a proteção das águas e seu uso sustentável. Tendo o monitoramento da qualidade da água de um determinado ambiente uma ferramenta muito útil na medição da qualidade ambiental das águas superficiais dos continentes.

O monitoramento é uma atividade essencial para a gestão dos recursos hídricos e para a avaliação da qualidade das águas dos rios e lagos, uma vez que possibilita a verificação de tendências e a identificação de áreas prioritárias para o controle da poluição hídrica, bem como sua adequação para os diferentes usos. Além disso, é fundamental para a elaboração de planos de recursos hídricos e o enquadramento dos corpos hídricos em classes de uso, pois fornecem subsídios a um diagnóstico completo dos corpos d'água de uma bacia hidrográfica (ANA, 2021).

O monitoramento da qualidade das águas propõe identificar, analisar e prevenir os problemas decorrentes da qualidade das águas, possibilitando identificar o cumprimento da legislação e dos limites licenciados para atividades potencialmente poluidoras. Faz-se necessário que o monitoramento ocorra de forma constante, não apenas de forma pontual como em locais de acidentes ambientais. Assim sendo, o monitoramento ambiental é de grande importância para informar as tendências de evolução da qualidade das águas, especialmente a longo prazo, pois permite a quantificação das variáveis físicas, químicas e biológicas, e assim, viabiliza o diagnóstico ambiental daquela água (FARIA e PADOVESI-FONSECA, 2020).

De acordo com a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, o monitoramento consiste na:

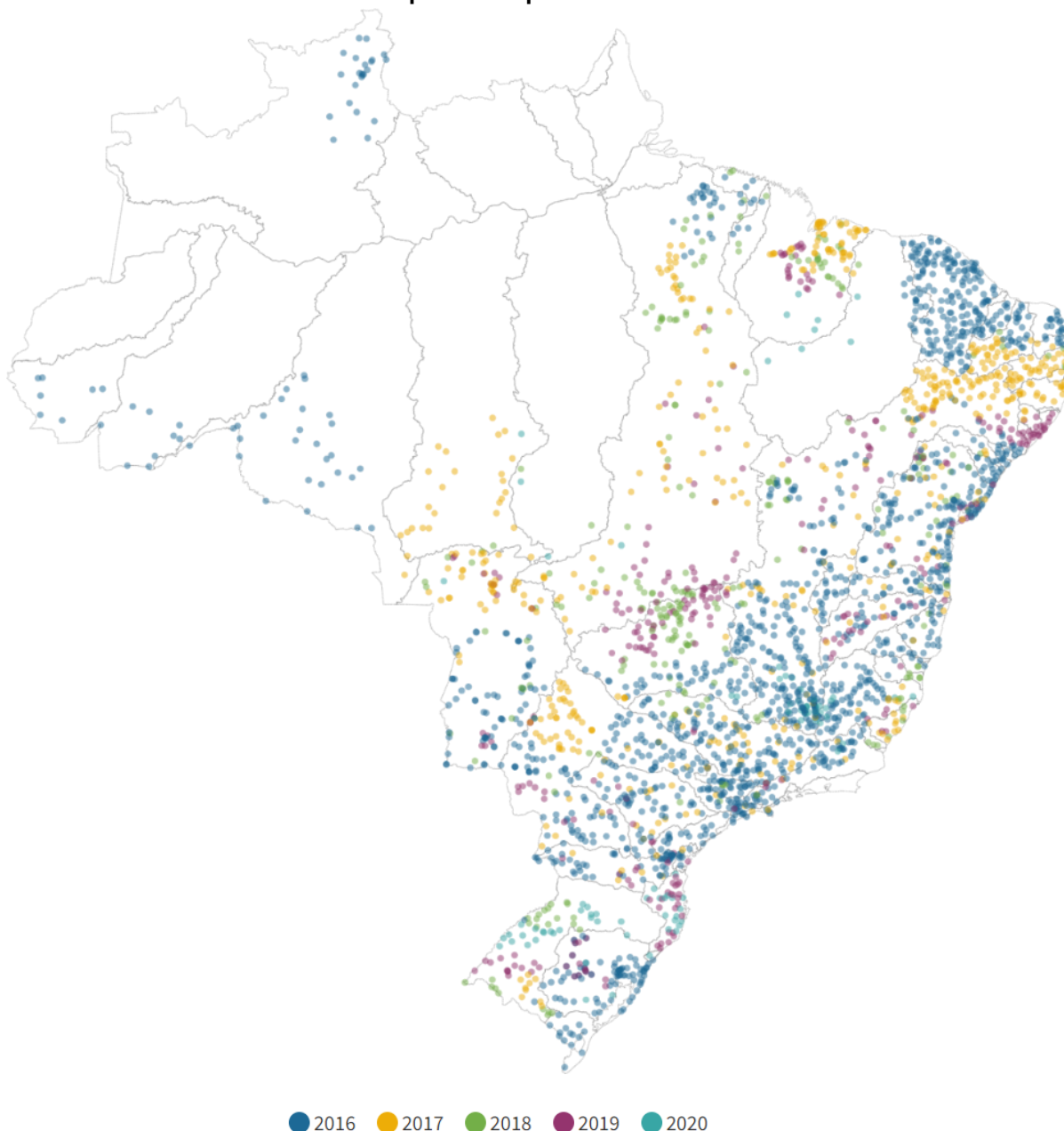
“medição ou verificação de parâmetros de qualidade e quantidade de água, que pode ser contínua ou periódica, utilizada para acompanhamento da condição e controle da qualidade do corpo de água” (BRASIL, 2005).

Processos de tomada de decisões governamentais e de proposição de políticas públicas são subsidiados por diversas etapas que auxiliam na definição adequada do problema a ser solucionado, definição de estratégias de ação e opções para solução do problema, identificação dos atores, oportunidades, desafios, entre outros. Uma das etapas possíveis de serem executadas, e uma das mais comuns, é o levantamento de informações que serve de suporte aos gestores públicos para auxiliar na compreensão da situação atual.



A ANA e algumas unidades da federação operam redes de monitoramento de qualidade das águas que integram a RNQA. A quantidade de pontos de monitoramento da RNQA praticamente dobrou nos últimos anos, passando de 1.486 em 2016 para 2.938 pontos em 2020. A Figura 7 apresenta a evolução do monitoramento realizado no escopo da RNQA nos últimos anos.

**Figura 9: Rede Nacional de Monitoramento de Qualidade da Água (RNQA), estações implantadas por ano**



**Fonte: Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), 2022a.**

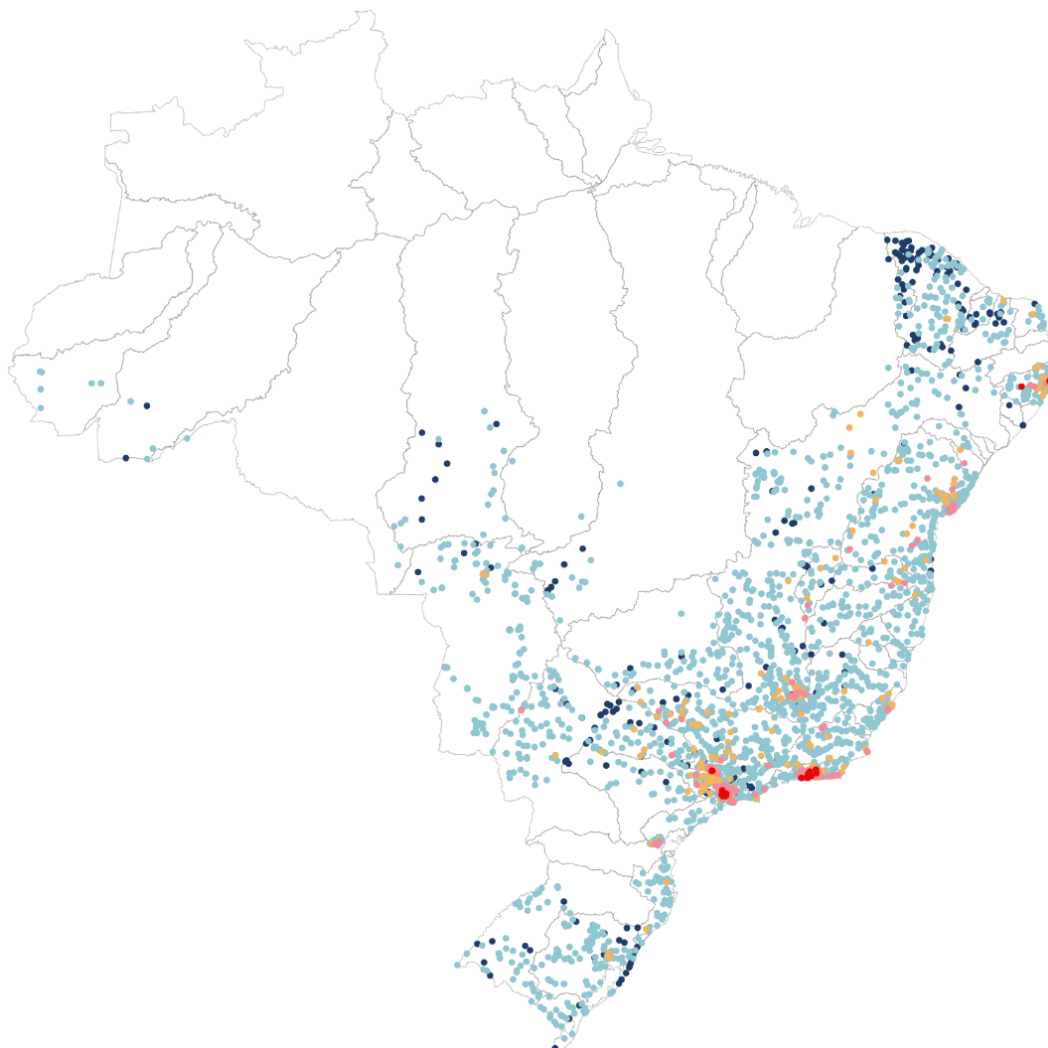
O índice de qualidade da água (IQA) foi criado em 1970 nos EUA, e no Brasil começou a ser utilizado em 1975 pela CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo), sendo que nas décadas seguintes, outros estados

brasileiros adotaram o IQA, e atualmente é o principal índice de qualidade da água utilizado no país. Os parâmetros utilizados na determinação do IQA são: oxigênio dissolvido, coliformes termotolerantes, potencial hidrogeniônico (pH), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), temperatura da água, nitrogênio total, fósforo total, turbidez e resíduo total. A maioria dos parâmetros avaliados pelo IQA são contaminantes, encontrados no lançamento de esgotos domésticos, porém não engloba outros importantes parâmetros importantes como substâncias tóxicas (metais pesados, pesticidas e compostos orgânicos), protozoários patogênicos e substâncias que interferem nas propriedades organolépticas da água (BRASIL, 2022).

A figura 10 representa o IQA no Brasil, onde os menores valores indicam maior comprometimento da qualidade da água. É possível verificar que o país possui em sua maioria o IQA considerado Boa, e os pontos de amostragem que possuem mais índice considerado Péssima estão na região Sudeste do país.

**Figura 10: Índice de Qualidade da Água de 2019 e 2020 no Brasil**

● Ótima (79-100) ● Boa (51-79) ● Regular (36-51) ● Ruim (19-36) ● Péssima (0-19)



Fonte: Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), 2022a.

O Índice de Conformidade ao Enquadramento (ICE) foi originalmente desenvolvido em 1997 pelo Conselho Canadense de Ministros do Meio Ambiente. Sua finalidade é avaliar a condição de um corpo hídrico em relação a metas específicas de qualidade da água, fornecendo um valor que resume as informações obtidas a partir das variáveis de qualidade observadas. Esse índice mede a distância entre a condição atual do corpo d'água e a meta de qualidade estabelecida pelo enquadramento (CCME, 2001).

O ICE é composto por três fatores principais: abrangência, frequência e amplitude. Esses fatores são combinados por meio de um método matemático de cálculo estatístico, formando um vetor no espaço tridimensional. Cada fator desempenha um papel importante na determinação do índice final. A abrangência refere-se ao número de parâmetros de qualidade da água que não cumprem os limites desejáveis pelo menos uma vez no período de observação. A frequência está relacionada a porcentagem de vezes em que as variáveis de qualidade da água apresentaram resultados que não estavam em conformidade com o padrão estabelecido, em relação ao total de observações realizadas. O fator amplitude é calculado em três etapas, cuja representatividade, baseia-se na quantidade pela qual o valor testado falhou, ou seja, a diferença entre o valor do parâmetro medido e o limite da classe, em conformidade com o objetivo pretendido da qualidade da água. A combinação desses fatores por meio do cálculo estatístico resulta em um valor representativo do nível de conformidade do corpo d'água em relação aos objetivos de qualidade estabelecidos. (OLIVEIRA et al., 2018).

De acordo com o Conselho Canadense de Ministros do Meio Ambiente (2001), o Índice de Conformidade ao Enquadramento (ICE) possui cinco classificações:

1. Excelente (95-100): Indica que qualidade da água é protegida e a condição do corpo hídrico está muito próxima aos níveis naturais.
2. Bom (80-94): Indica que a qualidade da água é protegida, apresentando apenas pequeno grau de impacto.
3. Mediano (65-79): Indica que a qualidade da água é geralmente protegida, no entanto ocasionalmente é ameaçada ou danificada.
4. Marginal: Indica uma conformidade limitada, com desvios frequentes e significativos das metas estabelecidas, evidenciando uma qualidade da água é frequentemente danificada ou ameaçada.
5. Ruim: Indica uma não conformidade significativa, com qualidade da água quase sempre é danificada ou ameaçada.

Essa abordagem tridimensional do ICE permite uma avaliação mais abrangente e integrada da qualidade da água, fornecendo uma métrica

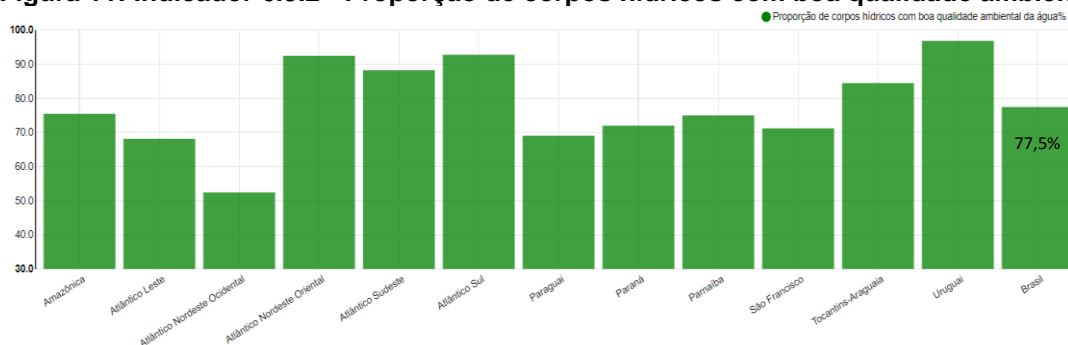
quantitativa para auxiliar na gestão e tomada de decisões relacionadas ao manejo dos recursos hídricos. (OLIVEIRA et al., 2018).

Um importante instrumento global para avaliação das condições de qualidade da água de um país é o Indicador 6.3.2 - Proporção de Corpos Hídricos com Boa Qualidade da Água, do “Objetivo do Desenvolvimento Sustentável (ODS) 6 – “Assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todos”. O indicador visa a quantificar a porcentagem de corpos d’água de um país, incluindo rios, reservatórios e águas subterrâneas, com boa qualidade da água. “Boa” indica qualidade que não prejudica a função do ecossistema e a saúde humana. Para fins do cálculo do indicador, foram considerados como de boa qualidade os pontos que tenderam aos limites da classe 2 da Resolução CONAMA nº 357/2005. É verificado se os registros dos parâmetros poluentes adotados atendem aos padrões de qualidade estabelecidos. Se 80% ou mais atendem, é atribuída qualidade da água boa ao corpo hídrico monitorado (ODS Brasil, 2023).

No Brasil o monitoramento dos indicadores do ODS 6 é um trabalho constante, realizado pela ANA em parceria com outros órgãos como o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), responsável pelo monitoramento de todos os 17 ODS, além do Ministério da Saúde (MS), o Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional (MDR) e o Serviço Geológico do Brasil (CPRM) (ANA, 2022b).

O indicador ODS 6.3.2. considera a quantidade de rios, reservatórios e aquíferos monitorados por bacia hidrográfica no país e a porcentagem desses corpos de água que apresentam boa qualidade no período analisado. De acordo com a figura 11 o Brasil possui 77,5% de proporção de corpos hídricos com boa qualidade da água.

**Figura 11: Indicador 6.3.2 - Proporção de corpos hídricos com boa qualidade ambiental**



**Fonte: ODS Brasil (2023).**

Tendo em vista a dimensão territorial e os diferentes contextos socioeconômicos do país, as Resoluções CONAMA nº 357/2005 e nº 396/2008 elencam contaminantes importantes de serem monitorados sistematicamente. Contudo, o

monitoramento desses contaminantes é aleatório e realizado por meio de coletas esporádicas. Esta questão é sinalizada na publicação “Panorama da qualidade das águas superficiais do Brasil: 2012”, que ressalta o complemento do cálculo dos indicadores de qualidade dos recursos hídricos realizados para este trabalho, com o IQA. A determinação da presença de outros tipos de poluentes na água é também importante, pois a esta podem estar associados outros tipos de riscos, não só ao equilíbrio ecológico, como também à saúde pública. Entre os poluentes a serem analisados, podem ser citados os agrotóxicos, os disruptores endócrinos e os orgânicos persistentes (ANA, 2012).

O monitoramento da qualidade das águas brasileiras pode, ainda, ser complementado mediante à disponibilização e à integração dos dados de auto-monitoramento já realizados por empreendimentos que possuem este procedimento como condicionante ambiental devidamente instituída pelos órgãos licenciadores à nível federal, estadual e municipal.

O Ibama, como indica a Lei nº 10.165, de 27/12/2000, é o responsável, através de Instruções Normativas, pela definição do modelo do RAPP (Brasil, 2000).

A Instrução Normativa do Ibama nº 22/2021 regulamenta o funcionamento do RAPP e apresenta, em seus anexos, os dados e informações a serem declarados nos formulários eletrônicos (Brasil, 2021). O formulário temático “efluentes líquidos” do RAPP solicita informações sobre os efluentes líquidos lançados no ano ao qual o relatório se refere. São informações listadas no formulário para serem preenchidas:

- Categoria e descrição da Atividade do Cadastro Técnico Federal (CTF) de Atividades Potencialmente Poluidoras ou Utilizadoras de Recursos Ambientais (CTF/APP);
- Quantidade média anual da vazão do efluente;
- Monitoramento realizado para acompanhar o lançamento do efluente;
- Eficiência do tratamento conforme laudo técnico;
- Tipo de tratamento realizado no efluente;
- Nível de tratamento realizado: primário, secundário e terciário;
- Tipo de compartimento ambiental em que o efluente foi liberado: água, solo ou ar.

Quando se é declarado que o efluente é liberado na água o declarante informa o tipo de emissão. Sendo que para emissão direta, o declarante informa o tipo do corpo receptor; o nome e as coordenadas geográficas da localização do corpo hídrico; e a classe do corpo receptor (conforme Resolução Conama nº 357, de 17 de março de 2005). Quando o efluente é liberado na água para emissão indireta, deve-se informar o corpo receptor e o nome da empresa receptora do efluente (Brasil, 2020).

De acordo com a Resolução CONAMA nº 430, de 13 de maio de 2011, lançamento direto é quando ocorre a condução direta do efluente ao corpo receptor. Já o lançamento indireto é quando ocorre a condução do efluente, submetido ou não a tratamento, por meio de rede coletora que recebe outras contribuições antes de atingir o corpo receptor (Brasil, 2011).

#### *2.8. Monitoramento da qualidade da água potável*

A fim de garantir a saúde e a qualidade de vida da população, a água destinada ao consumo humano é considerada um bem essencial, desde que seja distribuída em quantidade suficiente e atenda aos padrões de potabilidade estabelecidos pela legislação vigente. Nesse contexto, o Programa Nacional de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (Vigiagua), que segue os princípios do Sistema Único de Saúde (SUS), desempenha um papel fundamental para garantir a qualidade e segurança da água para consumo humano no Brasil (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2023).

O Sistema de Informação da Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (Sisagua), construído com base no programa Vigiagua e na Portaria MS nº 2.914/2011 (atualmente, Anexo XX da Portaria de Consolidação nº5/2017), tem como objetivo auxiliar o gerenciamento de riscos à saúde relacionados à qualidade da água destinada ao consumo humano, como parte integrante das ações de prevenção de agravos e de promoção da saúde, previstas no Sistema Único de Saúde (Brasil, 2017).

O Sisagua é responsável por armazenar informações cadastrais sobre os sistemas e soluções alternativas de abastecimento de água destinada ao consumo humano. Além disso, o sistema contém dados sobre a qualidade da água proveniente de cada uma das formas cadastradas, que são inferidos tanto pelos prestadores do serviço (controle) quanto pelo setor de saúde (vigilância).

A exposição humana a agrotóxicos é um problema de saúde pública e, por isso, o setor de saúde tem se empenhado em definir e implementar ações que visem à atenção integral à saúde das populações expostas a essas substâncias. É importante destacar que o plano de amostragem para os parâmetros de agrotóxicos deve considerar a avaliação de seus usos na bacia hidrográfica do manancial de contribuição, bem como a sazonalidade das culturas. Além disso, é responsabilidade do Setor Saúde realizar a vigilância da qualidade da água para consumo humano em sua área de competência, para avaliar se a água consumida pela população apresenta riscos à saúde humana, de acordo com o padrão de potabilidade (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2023).

Com o objetivo de orientar os técnicos da Vigilância em Saúde Ambiental (VSA) no monitoramento de agrotóxicos na água destinada ao consumo humano, o Ministério da Saúde desenvolveu o documento "Orientações técnicas

para o monitoramento de agrotóxicos na água para consumo humano". Dessa forma, as Unidades da Federação podem priorizar os municípios mais susceptíveis a essa contaminação e identificar fatores de risco, a fim de definir ações preventivas e corretivas para a vigilância da qualidade da água para consumo humano em todo o Brasil.

Visando desenvolver ações de vigilância em saúde para adotar medidas de promoção, prevenção e atenção integral à saúde das populações expostas a contaminantes que interferem na saúde humana e nas inter-relações entre o homem e o ambiente foi criado o Programa de Vigilância em Saúde de Populações Expostas a Contaminantes Químicos (VIGIPEQ). O programa está dividido em dois subprogramas: Vigilância em Saúde de Populações Expostas a Solos Contaminados (VIGISOLO) e Vigilância em Saúde de Populações Expostas à Poluição Atmosférica (VIGIAR).

Para acompanhar as informações e a população identificada pelos técnicos, foi desenvolvido o Sistema de Informação de Vigilância em Saúde de População Exposta a Solo Contaminado (SISSOLO). É possível agregar e analisar os dados coletados e propor estratégias de ação para cada tipo de população, contaminante ou área afetada.

Áreas consideradas de risco incluem atividades industriais, acidentes com produtos perigosos, disposição de resíduos industriais, depósitos de agrotóxicos, mineração, contaminação natural, postos de abastecimento, disposição final de resíduos urbanos e outras. As informações levantadas devem ser qualificadas para identificar possíveis exposições humanas e contaminação ambiental, contaminantes de interesse e rotas de exposição. Os protocolos propostos ajudam a organizar a demanda nos serviços de saúde, melhorando a qualidade de vida e reduzindo a morbimortalidade por exposição a áreas contaminadas por contaminantes químicos (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2023).

A comunicação de risco e o sistema de informação são importantes em todas as etapas do modelo de atuação, permitindo a divulgação e apropriação das informações, além de definir estratégias de ação necessárias para a atenção integral à saúde de populações expostas a contaminantes químicos (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2023).

### **3 OBJETIVOS**

#### *3.1. OBJETIVO GERAL*

Propor ampliação do monitoramento da qualidade das águas no Brasil com dados de condicionantes ambientais ao formulário de Efluentes Líquidos do Relatório de Atividades Potencialmente Poluidoras e Utilizadoras de Recursos Ambientais do IBAMA.

### 3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Analisar e interpretar o formulário de Efluentes Líquidos do Relatório de Atividades Potencialmente Poluidoras e Utilizadoras de Recursos Ambientais do Ibama.
2. Produto final: Apresentar perspectiva com propostas de melhorias ao formulário de Efluentes Líquidos do Relatório de Atividades Potencialmente Poluidoras e Utilizadoras de Recursos Ambientais do Ibama visando ampliar o monitoramento da qualidade das águas no Brasil.

## 4 METODOLOGIA

O estudo proposto será exploratório, pois tem como objetivo proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito, auxiliar na verificação dos fatos, identificar conceitos ou variáveis e sugerir hipóteses (SAMPIERI et al., 1991). A proposta do presente estudo enquadra-se na abordagem quantitativa.

Será utilizado o método dedutivo, utilizando-se da pesquisa documental. O estudo se propõe a consistir em uma revisão narrativa (não sistemática) das iniciativas e regulamentações quanto ao monitoramento da qualidade das águas no Brasil. Dessa maneira, a metodologia de pesquisa utilizada será a pesquisa documental, uma vez que de acordo com Antônio Carlos Gil (2002) a pesquisa documental difere-se da pesquisa bibliográfica apenas pela natureza das fontes, sendo as fontes da pesquisa documental os documentos, e nesse projeto de pesquisa os documentos utilizados são, predominantemente, os regulamentos.

Será utilizada a metodologia de pesquisa aplicada, de forma a abranger estudos elaborados com a finalidade de resolver problemas no âmbito das sociedades em que os pesquisadores vivem, visto que esse estudo tem por objetivo propor uma resolução ao problema da falta de informações da qualidade dos recursos hídricos no Brasil, através da análise e proposta de atualização do formulário de Efluentes Líquidos do RAPP do Ibama.

Esse trabalho teve como delimitação temporal para sua primeira fase, ou seja, a visão geral dos empreendimentos que preencheram o formulário de efluentes líquidos do RAPP o ano de 2000 até 2022. Posteriormente, visando trazer a análise mais recente, os dados a serem trabalhados de maneira detalhada nesse estudo foram preenchidos no ano de 2022 com referência aos efluentes lançados do ano de 2021.

A metodologia utilizada para o tratamento dos dados coletados no formulário de efluentes líquidos do RAPP do Ibama foi por meio do software Microsoft Excel, incluindo o uso da ferramenta de tabela dinâmica. O objetivo principal do tratamento dos dados foi analisar e obter informações relevantes sobre as



características e padrões dos efluentes líquidos das atividades potencialmente poluidoras. O processo de tratamento dos dados foi dividido em etapas distintas, conforme descrito a seguir.

#### 4.1 Coleta dos Dados

Inicialmente, foram obtidos os dados do formulário de efluentes líquidos do RAPP do Ibama por meio do download da tabela disponível no site do Ibama, Dados Abertos (link: <https://dadosabertos.ibama.gov.br/dataset/efluentes-liquidos>), com última atualização em 29 de julho de 2022. Importante destacar que os dados utilizados são públicos e disponíveis no link supracitado. A imagem a seguir representa a tela de acesso ao formulário, com delimitação em vermelho do formato escolhido, .csv

**Figura 12: Tela de acesso ao formulário de efluentes líquidos do RAPP do Ibama, com delimitação em vermelho do formato escolhido, .csv**



The screenshot shows the 'Efluentes Líquidos' dataset page on the IBAMA open data portal. The page includes a sidebar with 'Seguidores' (0) and 'Organização' (IBAMA MMA). The main content area features a description of the dataset and a list of available formats: 'Efluentes Líquidos' (HTML), 'Efluentes Líquidos' (CSV), 'Efluentes Líquidos' (Excel), and 'Efluentes Líquidos' (JSON). The 'CSV' option is highlighted with a red box, and an 'Explorar' button is visible next to it.

**Fonte: IBAMA. Efluentes Líquidos. Disponível em: <https://dadosabertos.ibama.gov.br/dataset/efluentes-liquidos>. Acesso em: 25 jun. 23.**

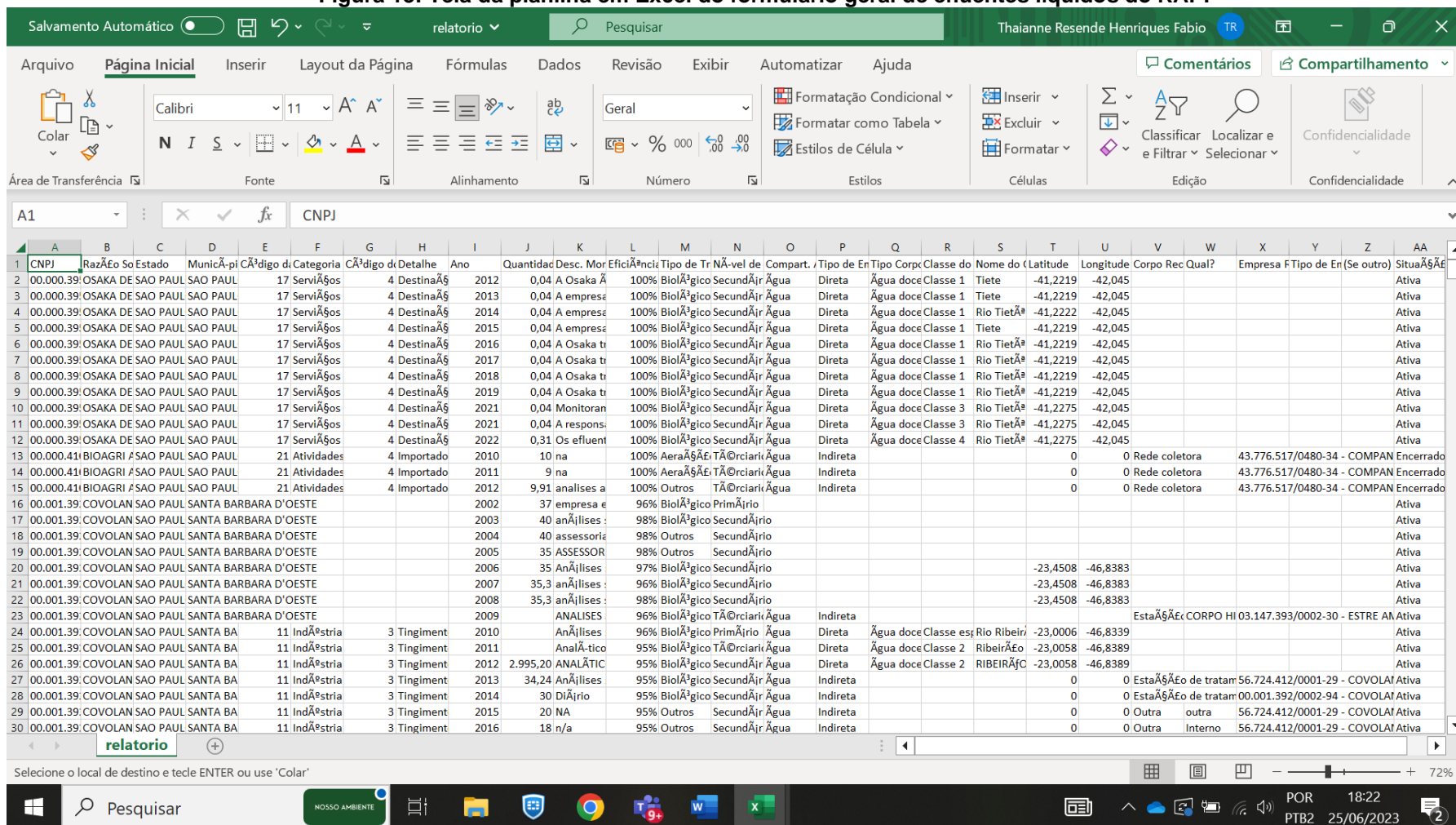
Os dados foram fornecidos no formato de planilhas eletrônicas no padrão .csv, compatível com o Microsoft Excel. O arquivo CSV (valores separados por vírgulas) é um arquivo de texto com formato específico para possibilitar o salvamento dos dados em um formato estruturado de tabela.XLSX.

As planilhas continham as seguintes informações: CNPJ, Razão Social, Estado, Município, Região, Código da Categoria, Categoria de Atividade, Código do Detalhe, Detalhe, Ano, Quantidade, Desc. Monitoramento Utilizado, Eficiência do tratamento, Tipo de Tratamento, Nível de Tratamento, Compart. Ambiental da Emissão, Tipo de Emissão, Tipo Corpo Receptor, Classe do Corpo Receptor, Nome do Corpo Hídrico, Latitude, Longitude, Corpo Receptor, Qual, Empresa

Receptora do Efluente, Tipo de Emissão Para o Solo (Se outro), Qual e Situação Cadastral.

A imagem a seguir demonstra tela da planilha Excel primária, ou seja, a que foi realizada o download do link <https://dadosabertos.ibama.gov.br/dataset/efluentes-liquidos> antes de qualquer preparação de dados.

**Figura 13: Tela da planilha em Excel do formulário geral de efluentes líquidos do RAPP**



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA
	CNPJ	Razão So Estado	Município	Código de Categoria	Código de Detalhe	Ano	Quantidade	Desc. Mor	Eficiência	Tipo de Tr	Nº-vel de	Compart.	Tipo de En	Tipo Corp	Classe do	Nome do	Latitude	Longitude	Corpo Rec	Qual?	Empresa F	Tipo de En	(Se outro)	Situa	Ass	Ass	
2	00.000.39	OSAKA DE SAO PAUL	SAO PAUL	17	Servi	2012	0,04	A Osaka	100%	Biol	Secund	Ár	Água	Direta	Água doce	Classe 1	Tiete	-41,2219	-42,045								Ativa
3	00.000.39	OSAKA DE SAO PAUL	SAO PAUL	17	Servi	2013	0,04	A empres	100%	Biol	Secund	Ár	Água	Direta	Água doce	Classe 1	Tiete	-41,2219	-42,045								Ativa
4	00.000.39	OSAKA DE SAO PAUL	SAO PAUL	17	Servi	2014	0,04	A empres	100%	Biol	Secund	Ár	Água	Direta	Água doce	Classe 1	Rio Tiet	-41,2222	-42,045								Ativa
5	00.000.39	OSAKA DE SAO PAUL	SAO PAUL	17	Servi	2015	0,04	A empres	100%	Biol	Secund	Ár	Água	Direta	Água doce	Classe 1	Tiete	-41,2219	-42,045								Ativa
6	00.000.39	OSAKA DE SAO PAUL	SAO PAUL	17	Servi	2016	0,04	A Osaka tr	100%	Biol	Secund	Ár	Água	Direta	Água doce	Classe 1	Rio Tiet	-41,2219	-42,045								Ativa
7	00.000.39	OSAKA DE SAO PAUL	SAO PAUL	17	Servi	2017	0,04	A Osaka tr	100%	Biol	Secund	Ár	Água	Direta	Água doce	Classe 1	Rio Tiet	-41,2219	-42,045								Ativa
8	00.000.39	OSAKA DE SAO PAUL	SAO PAUL	17	Servi	2018	0,04	A Osaka tr	100%	Biol	Secund	Ár	Água	Direta	Água doce	Classe 1	Rio Tiet	-41,2219	-42,045								Ativa
9	00.000.39	OSAKA DE SAO PAUL	SAO PAUL	17	Servi	2019	0,04	A Osaka tr	100%	Biol	Secund	Ár	Água	Direta	Água doce	Classe 1	Rio Tiet	-41,2219	-42,045								Ativa
10	00.000.39	OSAKA DE SAO PAUL	SAO PAUL	17	Servi	2021	0,04	Monitora	100%	Biol	Secund	Ár	Água	Direta	Água doce	Classe 3	Rio Tiet	-41,2275	-42,045								Ativa
11	00.000.39	OSAKA DE SAO PAUL	SAO PAUL	17	Servi	2021	0,04	A respons	100%	Biol	Secund	Ár	Água	Direta	Água doce	Classe 3	Rio Tiet	-41,2275	-42,045								Ativa
12	00.000.39	OSAKA DE SAO PAUL	SAO PAUL	17	Servi	2022	0,31	Os efluent	100%	Biol	Secund	Ár	Água	Direta	Água doce	Classe 4	Rio Tiet	-41,2275	-42,045								Ativa
13	00.000.41	BIOAGRI #SAO PAUL	SAO PAUL	21	Atividades	2010	10	na	100%	Aera	Ár	Água	Indireta				0	0	Rede coletora		43.776.517/0480-34 - COMPAN	Encerrado					
14	00.000.41	BIOAGRI #SAO PAUL	SAO PAUL	21	Atividades	2011	9	na	100%	Aera	Ár	Água	Indireta				0	0	Rede coletora		43.776.517/0480-34 - COMPAN	Encerrado					
15	00.000.41	BIOAGRI #SAO PAUL	SAO PAUL	21	Atividades	2012	9,91	analises a	100%	Outros	TÁ	Ár	Água	Indireta			0	0	Rede coletora		43.776.517/0480-34 - COMPAN	Encerrado					
16	00.001.39	COVOLAN SAO PAUL	SANTA BARBARA D'OESTE			2002	37	empresa e	96%	Biol	Prim	Ár															Ativa
17	00.001.39	COVOLAN SAO PAUL	SANTA BARBARA D'OESTE			2003	40	análises :	98%	Biol	Secund	Ár															Ativa
18	00.001.39	COVOLAN SAO PAUL	SANTA BARBARA D'OESTE			2004	40	assessoria	98%	Outros	Secund	Ár															Ativa
19	00.001.39	COVOLAN SAO PAUL	SANTA BARBARA D'OESTE			2005	35	ASSESSOR	98%	Outros	Secund	Ár															Ativa
20	00.001.39	COVOLAN SAO PAUL	SANTA BARBARA D'OESTE			2006	35	Análises	97%	Biol	Secund	Ár					-23,4508	-46,8383									Ativa
21	00.001.39	COVOLAN SAO PAUL	SANTA BARBARA D'OESTE			2007	35,3	análises :	96%	Biol	Secund	Ár					-23,4508	-46,8383									Ativa
22	00.001.39	COVOLAN SAO PAUL	SANTA BARBARA D'OESTE			2008	35,3	análises :	98%	Biol	Secund	Ár					-23,4508	-46,8383									Ativa
23	00.001.39	COVOLAN SAO PAUL	SANTA BARBARA D'OESTE			2009		ANALISES	96%	Biol	Secund	Ár															Ativa
24	00.001.39	COVOLAN SAO PAUL	SANTA BA	11	Ind	2010		Análises	96%	Biol	Prim	Ár	Água	Direta	Água doce	Classe esp	Rio Ribeir	-23,0006	-46,8339								Ativa
25	00.001.39	COVOLAN SAO PAUL	SANTA BA	11	Ind	2011		Anál-tico	95%	Biol	Secund	Ár	Água	Direta	Água doce	Classe 2	Ribeir	-23,0058	-46,8389								Ativa
26	00.001.39	COVOLAN SAO PAUL	SANTA BA	11	Ind	2012	2.995,20	ANALÍTIC	95%	Biol	Secund	Ár	Água	Direta	Água doce	Classe 2	RIBEIR	-23,0058	-46,8389								Ativa
27	00.001.39	COVOLAN SAO PAUL	SANTA BA	11	Ind	2013	34,24	Análises	95%	Biol	Secund	Ár	Água	Indireta			0	0	Esta		56.724.412/0001-29 - COVOLAI	Ativa					
28	00.001.39	COVOLAN SAO PAUL	SANTA BA	11	Ind	2014	30	Di	95%	Biol	Secund	Ár	Água	Indireta			0	0	Esta		00.001.392/0002-94 - COVOLAI	Ativa					
29	00.001.39	COVOLAN SAO PAUL	SANTA BA	11	Ind	2015	20	NA	95%	Outros	Secund	Ár	Água	Indireta			0	0	Outra		56.724.412/0001-29 - COVOLAI	Ativa					
30	00.001.39	COVOLAN SAO PAUL	SANTA BA	11	Ind	2016	18	n/a	95%	Outros	Secund	Ár	Água	Indireta			0	0	Outra		56.724.412/0001-29 - COVOLAI	Ativa					

Fonte: IBAMA. Efluentes Líquidos. Disponível em: <https://dadosabertos.ibama.gov.br/dataset/efluentes-liquidos>. Acesso em: 29 jul. 22.

#### *4.2 Preparação dos Dados*

Antes de iniciar a análise dos dados, foi necessário realizar algumas etapas de preparação dos mesmos para garantir a qualidade e consistência das informações. Essas etapas incluíram:

- Limpeza dos dados: Foram identificados e removidos dados duplicados, inconsistentes ou inválidos, a fim de garantir a integridade dos dados utilizados na análise.
- Tratamento de caracteres acentuados estranhos: Foram identificados registros com caracteres acentuados estranhos. Os caracteres acentuados, como letras com acentos (á, é, í, ó, ú, etc.) ou caracteres especiais (ç, ã, ê, etc.), podem ser exibidos de forma estranha ou incorreta se a codificação de caracteres não for compatível com a forma como os caracteres foram originalmente inseridos. Dessa forma foi necessário a criação de uma macro, que é um conjunto de comandos ou instruções gravadas que automatizam tarefas repetitivas ou complexas no programa. Exemplo: Na tabela .csv a palavra “SecundÃ¡rio” possuía o caractere estranho “Ã¡rio”, ou invés de “á”. Sendo necessário corrigir na macro todos os caracteres para a palavra correta “Secundário” ser utilizada.

#### *4.3 Análise dos Dados*

Uma vez que os dados foram devidamente preparados, foram realizadas diversas análises para extrair informações relevantes. As análises incluíram:

- Análise de tendências: Foi realizada uma análise temporal para identificar possíveis tendências ao longo do tempo em relação às características dos efluentes líquidos. Visando utilizar os dados mais recentes, ou seja, de 2022 com referência aos efluentes lançados em 2023, gráficos de linha e regressão foram utilizados para visualizar as tendências.
- Uso de Tabela Dinâmica: Foi utilizada a ferramenta de tabela dinâmica do Excel para filtrar os dados e obter informações específicas com facilidade. Através da tabela dinâmica, foi possível agrupar, filtrar e resumir os dados de forma dinâmica, de acordo com os critérios de interesse. Essa ferramenta facilitou a criação de gráficos e a visualização de diferentes perspectivas dos dados.

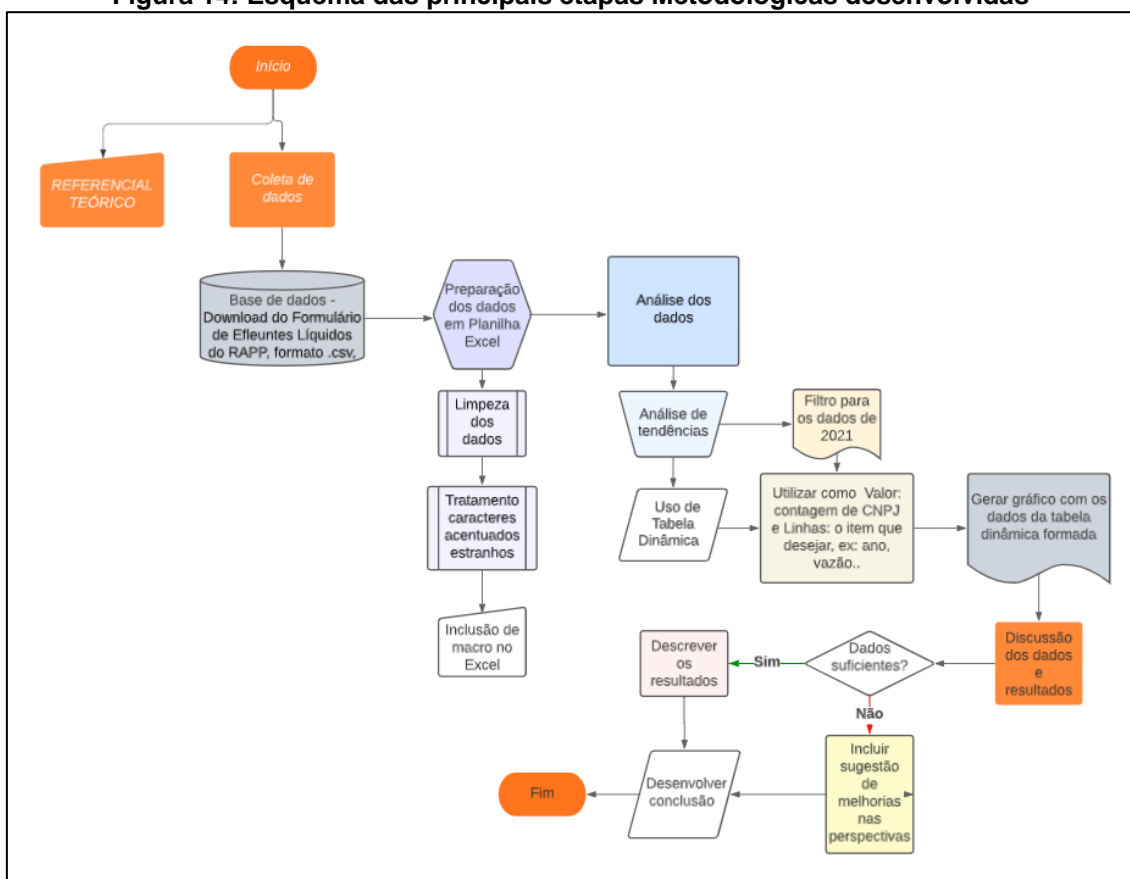
Com a utilização da tabela dinâmica, foi possível explorar de forma interativa os dados do formulário de efluentes líquidos, fornecendo insights valiosos para a pesquisa.

Após o download da tabela os dados foram tratados no Microsoft Excel, de forma a filtrar todas as informações importantes para esse estudo, sendo elas:

- distribuição das pessoas jurídicas que entregaram o RAPP, relacionadas ao Formulário de Efluentes Líquidos, à sua atividade do CTF/APP, desde o ano de 2000 até 2021;
- distribuição das pessoas jurídicas por Unidades da Federação no ano de 2021;
- distribuição das pessoas jurídicas por regiões no ano de 2021;
- média anual de lançamento do efluente no ano de 2021;
- eficiência do tratamento conforme laudo técnico no ano de 2021;
- tipo tratamento realizado no efluente
- nível de tratamento realizado: primário, secundário e terciário; e
- tipo de compartimento ambiental em que o efluente foi liberado: água, solo ou ar.

A metodologia utilizada para esse trabalho, incluindo o referencial teórico e o tratamento dos dados coletados no formulário de efluentes líquidos do RAPP do Ibama, seguiu o fluxo demonstrado na imagem a seguir.

**Figura 14: Esquema das principais etapas Metodológicas desenvolvidas**



Elaborado: Próprio autor

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A figura 15 representa a distribuição das pessoas jurídicas que entregaram o RAPP, relacionadas ao Formulário de Efluentes Líquidos, à sua atividade do CTF/APP, de 2000 a 2021.

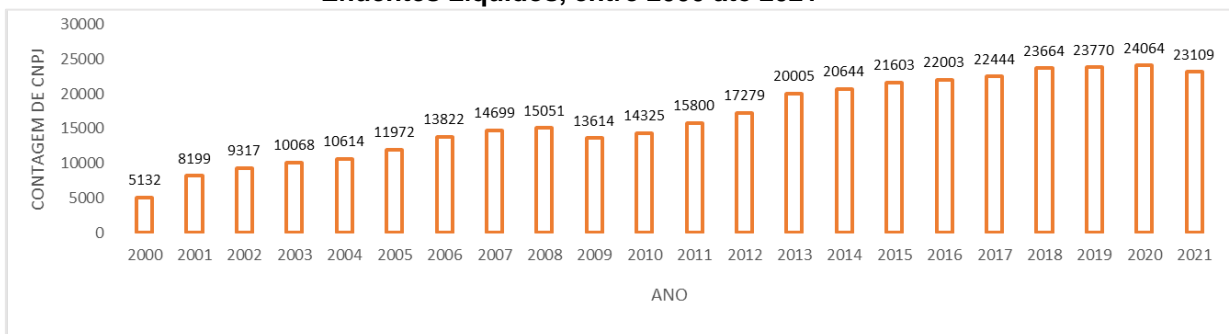
**Figura 15: Distribuição das pessoas jurídicas que preencheram o Relatório de Atividades Potencialmente Poluidoras e Utilizadoras de Recursos Ambientais (RAPP) à sua atividade do Cadastro Técnico Federal de Atividades Potencialmente Poluidoras ou Utilizadoras de Recursos Ambientais (CTF/APP), de 2000 até 2021**



**Elaborado: Próprio autor.**

Conforme as informações da plataforma, o gráfico a seguir revela a relação das pessoas jurídicas que entregaram o RAPP, referente ao formulário Efluentes Líquidos, desde o ano de 2000 até o ano de 2021.

**Figura 16: Relação das pessoas jurídicas que entregaram o RAPP referente ao formulário Efluentes Líquidos, entre 2000 até 2021**



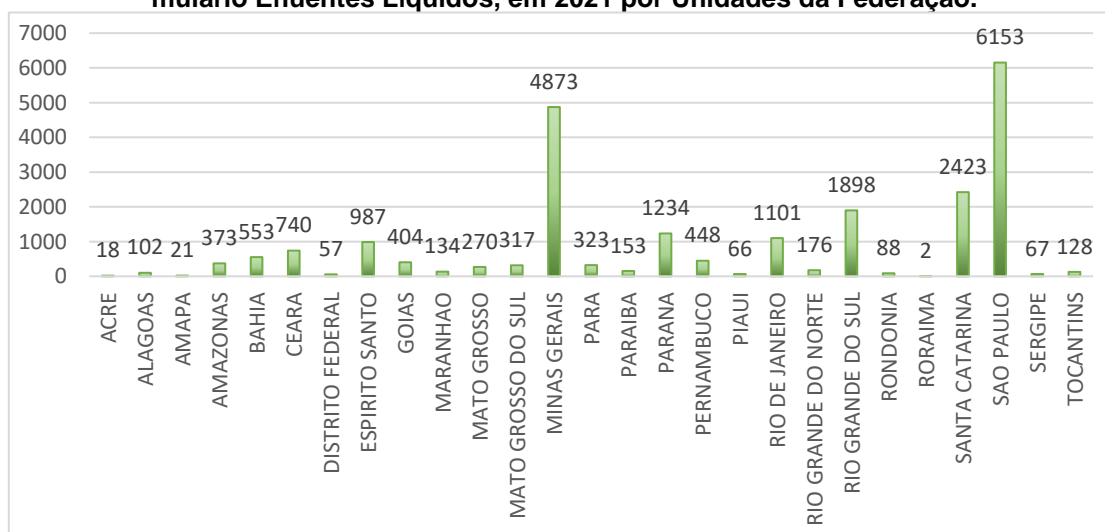
Fonte: Próprio autor.

*5.1. Análise dos dados de 2021 das pessoas jurídicas que entregaram o RAPP referente ao formulário Efluentes Líquidos*

As análises a seguir fazem referência ao ano de 2021, por ser o mais recente se comparado aos anos com alta adesão de entregas do RAPP, referente ao formulário Efluentes Líquidos.

O estado de São Paulo representa 26% das pessoas jurídicas que preencheram o RAPP, referente ao formulário Efluentes Líquidos, em 2021, seguido do estado de Minas Gerais que representa 22%, refletindo os 57% de representação da região Sudeste. A segunda região brasileira que mais possui representatividade é a região Sul com 24%. Se somarmos a porcentagem de representatividade das regiões Centro Oeste, Nordeste e Norte resulta em apenas 19%. Os gráficos a seguir ilustram a distribuição das pessoas jurídicas que preencheram o RAPP, referente ao formulário Efluentes Líquidos, em 2021 por Unidades da Federação e por Regiões Brasileiras.

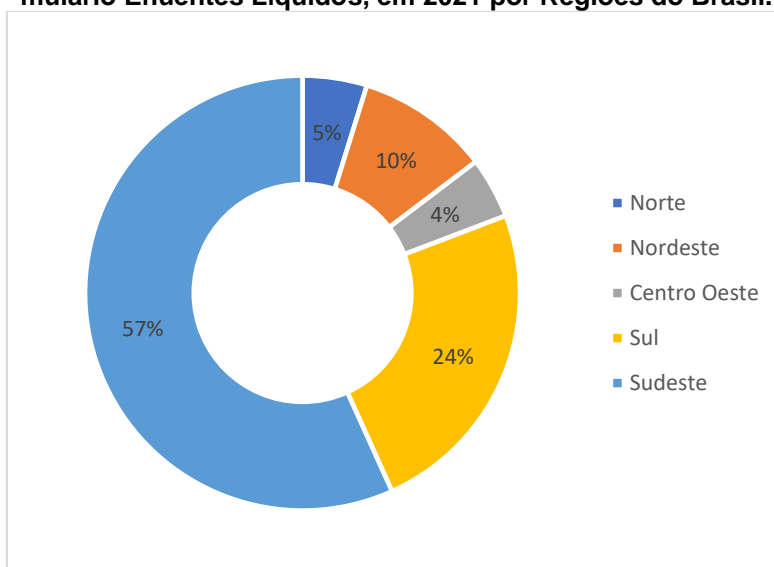
**Figura 17: Distribuição das pessoas jurídicas que preencheram o RAPP, referente ao formulário Efluentes Líquidos, em 2021 por Unidades da Federação.**



Fonte: Próprio autor.

A concentração populacional e o desenvolvimento econômico são fatores que contribuem para o maior número de atividades potencialmente poluidoras em São Paulo e Minas Gerais. Quanto a concentração populacional, os estados de São Paulo e Minas Gerais são os mais populosos do Brasil, com uma população total de mais de 60 milhões de pessoas (IBGE, 2010). Isso significa que há mais indústrias, comércios e serviços em operação nessas áreas, aumentando o potencial de poluição. E com relação ao desenvolvimento econômico, São Paulo e Minas Gerais são estados economicamente desenvolvidos, com uma grande variedade de indústrias e empresas em operação. O PIB (Produto Interno Bruto) do estado de São Paulo foi de cerca de R\$ 2,5 trilhões em 2020, e o de Minas Gerais R\$ 680 bilhões em 2020, o que representam cerca de 40% do PIB nacional (IBGE, 2020). Em adição, São Paulo possui o maior parque industrial do país, com cerca de 40% da produção industrial brasileira concentrada no estado. E Minas Gerais o segundo maior parque industrial do país, com destaque para as indústrias extrativas (mineração) e metalurgia. Dessa forma, esses estados detêm a maior parte das atividades potencialmente poluidoras do país.

**Figura 18: Distribuição das pessoas jurídicas que preencheram o RAPP, referente ao formulário Efluentes Líquidos, em 2021 por Regiões do Brasil.**



Fonte: Próprio autor.

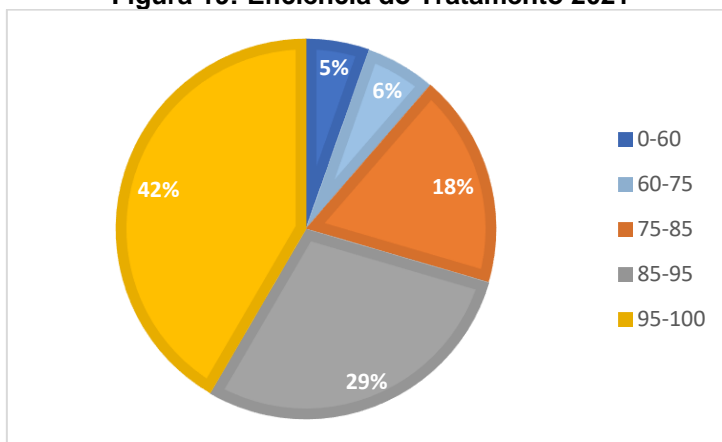
#### 5.1.1. Eficiência do tratamento conforme laudo técnico

O gráfico abaixo ilustra a eficiência do tratamento das pessoas jurídicas que preencheram o RAPP, referente ao formulário Efluentes Líquidos, em 2021. De acordo com o Guia de Preenchimento do RAPP para Efluentes Líquidos, a pessoa jurídica, conforme laudo técnico, deve preencher o Relatório com um valor de 0 a 100 para determinar a eficiência do tratamento declarado. Mais de quarenta por cento das pessoas jurídicas declaram ter eficiência acima de 95 e



5% declaram possuir eficiência abaixo de 60%, limite fora dos padrões estabelecidos em lei.

**Figura 19: Eficiência do Tratamento 2021**



**Fonte: Próprio autor.**

Esses dados demonstram que é necessário ter cuidado com as informações prestadas, uma vez que grande parte dos empreendimentos que informam ter uma eficiência acima de 95% possuem um tipo de tratamento não condizente com esse alto nível de eficiência.

Vale ressaltar que, a pessoa física ou jurídica que deixar de entregar o RAPP ou apresentar informações total ou parcialmente falsas está sujeita à multa e/ou sanções de natureza ambiental, conforme consolidado nos Arts. 17 a 20 da Instrução Normativa do Ibama nº 06/2014.

#### *5.1.2. Tipo tratamento realizado no efluente*

Os tipos de tratamento preestabelecidos no formulário de efluentes líquidos do RAPP são adsorção, aeração, biológico, compostagem, fertirrigação/landfarming, fornos industriais, neutralização, oxidação química, oxidações de cianetos, precipitação, queima a céu aberto, queima caldeira, reprocessamento/reciclagem externos, reprocessamento/reciclagem internos, secagem, tratamento incinerador, vermicompostagem e outros.

A Resolução CONAMA nº 430, de 13 de maio de 2011, estabelece em seu artigo 3º que:

“Os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados diretamente nos corpos receptores após o devido tratamento e desde que obedeçam às condições, padrões e exigências dispostos nesta Resolução e em outras normas aplicáveis.”

De acordo com o Engenheiro Gandhi Giordano, os sistemas de tratamentos de efluentes objetivam primordialmente atender à legislação ambiental e em alguns casos ao reuso de águas. Para a definição do processo de tratamento dos efluentes industriais são testadas e utilizadas diversas operações unitárias. De forma geral, os processos podem ser classificados em físicos, químicos e

biológicos em função da natureza dos poluentes a serem removidos e ou das operações unitárias utilizadas para o tratamento. (GIORDANO, 2004)

Os processos físicos são os que basicamente removem os sólidos em suspensão sedimentáveis e flutuantes através de processos físicos, tais como: gradeamento; peneiramento; separação de óleos e gorduras; sedimentação; flotação.

São processos físicos também aqueles capazes de remover a matéria orgânica e inorgânica em suspensão coloidal e reduzir ou eliminar a presença de microrganismos tais como: processos de filtração em areia; processos de filtração em membranas (microfiltração e ultrafiltração); os processos físicos também são utilizados unicamente com a finalidade de desinfecção, tais como a radiação ultravioleta.

São considerados como processos químicos esses que utilizam produtos químicos, tais como: agentes de coagulação, floculação, neutralização de pH, oxidação, redução e desinfecção em diferentes etapas dos sistemas de tratamento; através de reações químicas promovem a remoção dos poluentes ou condicionem a mistura de efluentes a ser tratada aos processos subsequentes.

Os tratamentos biológicos de esgotos e efluentes industriais têm como objetivo remover a matéria orgânica dissolvida e em suspensão, através da transformação desta em sólidos sedimentáveis (flocos biológicos), ou gases. (RAMALHO, 1991) Nesse processo ocorre a ação de agentes biológicos como bactérias, protozoários e algas. Essa degradação pode ocorrer por meio do tratamento biológico aeróbio e anaeróbio.

Dessa forma é possível assumir que vários são os tipos de tratamentos que podem ser realizados pelos efluentes, e a escolha do tipo ideal de tratamento depende de vários fatores, como vazão, quantidade de contaminantes, quantidade de carga orgânica e outros.

A partir da análise do gráfico abaixo é possível verificar que mais da metade das pessoas jurídicas que preencheram o RAPP referente ao formulário Efluentes Líquidos, em 2021, declaram realizar o tratamento dos seus efluentes através do tratamento biológico. Quase 30% informaram que realizam outro tipo de tratamento, daqueles listados pelo RAPP, possibilitando apontar a necessidade de atualização da lista estabelecida pelo Relatório.

**Figura 20: Tipo de Tratamento Realizado no Efluente 2021.**



**Fonte: Próprio autor.**

A seleção “outros” ser posicionada em segundo lugar no ranking de preenchimentos do tipo de tratamento realizado no efluente, evidencia que os tipos de tratamentos preestabelecidos não são condizentes com os tratamentos realizado no Brasil, fazendo-se necessário revisar esse item.

### 5.1.3. *Nível de tratamento realizado: primário, secundário e terciário*

O tratamento de efluentes pode ser classificado em diferentes níveis: primário, secundário e terciário, dependendo de suas condições e da eficiência dos processos.

O nível de tratamento primário remove sólidos inorgânicos e matéria orgânica em suspensão. A Demanda Biológica de Oxigênio (DBO) é removida parcialmente e os sólidos em suspensão quase que totalmente. Esse nível de tratamento segue os seguintes processos:

- Decantação primária ou simples
- Reatores anaeróbios com baixa eficiência
- Flotação
- Neutralização
- Precipitação química com baixa eficiência

O nível de tratamento secundário remove os sólidos inorgânicos e matéria orgânica dissolvida e em suspensão. A DBO e sólidos inorgânicos são removidos quase totalmente. Dependendo do sistema adotado, a eficiência de remoção é alta. Nesse nível os processos são:

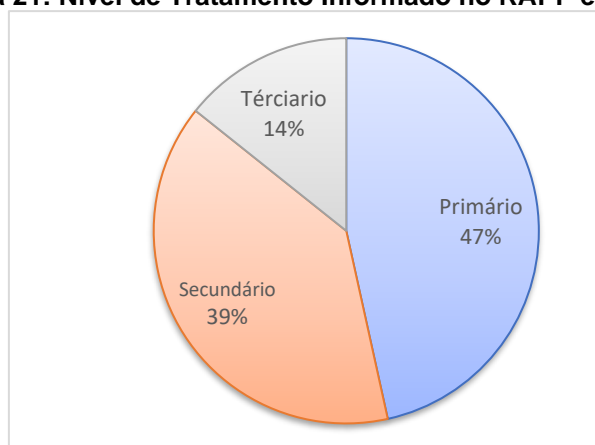
- Processos de lodos ativados
- Lagoas de estabilização (exceto lagoa anaeróbia única)
- Reatores anaeróbios com alta eficiência
- Lagoas aeradas
- Filtros biológicos
- Precipitação química com alta eficiência

Por sua vez, o tratamento terciário é para obter um efluente de alta qualidade, ou a remoção de outras substâncias contidas nas águas residuárias. Os processos de tratamento terciário são os seguintes:

- Adsorção em carvão ativado
- Osmose reversa
- Eletrodialise
- Troca iônica
- Filtros de areia
- Remoção de nutrientes
- Oxidação química
- Remoção de organismos patogênicos

Quase metade das pessoas jurídicas que preencheram o RAPP, referente ao formulário Efluentes Líquidos, em 2021, informaram que o tratamento realizado é de nível primário, seguido de 40% do nível secundário e 14% do nível terciário.

**Figura 21: Nível de Tratamento Informado no RAPP em 2021.**



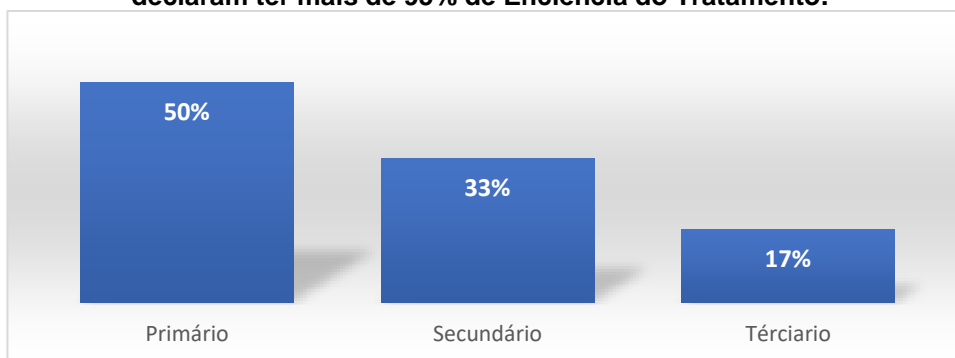
**Fonte: Próprio autor.**

O nível de tratamento de efluente está diretamente relacionado à eficiência do tratamento. Quanto mais avançado for o nível de tratamento, maior será a eficiência na remoção de poluentes presentes no efluente.

Conforme supracitado, existem diferentes níveis de tratamento de efluente, sendo que os principais são o tratamento primário, secundário e terciário. O tratamento primário é responsável por remover os sólidos grosseiros e sedimentáveis do efluente, enquanto o tratamento secundário utiliza processos biológicos para remover a matéria orgânica presente no efluente. Já o tratamento terciário utiliza processos avançados para remover os poluentes mais difíceis de serem removidos, como nutrientes, metais pesados e compostos orgânicos persistentes.

Dessa forma, quanto mais avançado for o nível de tratamento, maior será a remoção de poluentes e, conseqüentemente, maior será a eficiência do tratamento. No entanto, é importante ressaltar que o nível de tratamento a ser aplicado dependerá das características do efluente e dos padrões de qualidade exigidos pela legislação local.

**Figura 22: Nível de Tratamento Informado no RAPP em 2021 dos empreendimentos que declaram ter mais de 95% de Eficiência do Tratamento.**



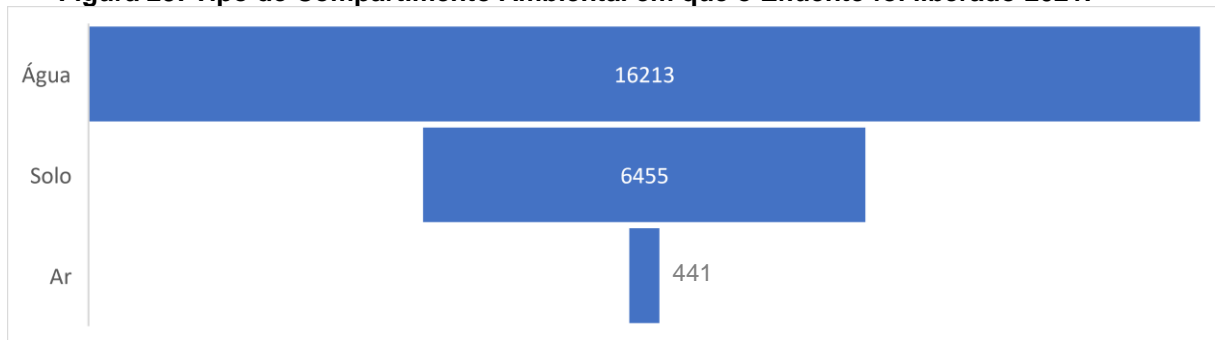
**Fonte: Próprio autor.**

Ao analisar os empreendimentos que declararam ter eficiência do tratamento acima de 95% temos que, conforme figura 22, 50% declaram ter nível de tratamento apenas primário, tornado essa informação de difícil aceitação, uma vez que para ser uma alta eficiência como 95% o nível de tratamento deveria ser de no mínimo secundário. Fazendo-se necessária a validação dos dados que estão sendo informados no RAPP.

*5.1.4. Tipo de compartimento ambiental em que o efluente foi liberado: água, solo ou ar*

Nesse item, o empreendedor deve informar o tipo de compartimento ambiental em que o efluente foi liberado: água, solo ou ar. Sendo que se o tipo informado for água, deve-se indicar se o tipo de emissão por ser direta ou indireta.

**Figura 23: Tipo de Compartimento Ambiental em que o Efluente foi liberado 2021.**



Fonte: Próprio autor.

Setenta por cento das pessoas jurídicas que preencheram o RAPP, referente ao formulário Efluentes Líquidos, em 2021 informaram que o compartimento ambiental em que o efluente foi liberado é a água. Em contrapartida apenas 2% declararam liberar efluente para o ar. A figura 23 ilustra os dados de 2021 em relação ao tipo compartimento ambiental em que o efluente foi liberado.

Segundo demonstrado nesse estudo, a análise das informações evidenciadas nos Dados Abertos do Ibama são 23.109 pessoas físicas e jurídicas que preencheram o formulário “Efluentes Líquidos” do RAPP, no ano de 2021. Sendo que, dos declarantes que informaram o lançamento de seus efluentes na água, 60% informaram realizar emissão de forma indireta, detalhando em seguida o corpo receptor e o nome da empresa receptora do efluente. Por outro lado, 40% declararam emitir seu efluente de maneira direta, ou seja, diretamente em algum corpo hídrico, totalizando 6.534 empreendimentos.

Em complementação, as pessoas jurídicas também informam a classe do corpo receptor no qual o efluente foi lançado, de acordo com a classificação da Resolução Conama nº 357, de 17 de março de 2005. A maioria, 61%, das pessoas jurídicas, que preencheram o RAPP, referente ao formulário Efluentes Líquidos, em 2017, e lançam o efluente em água doce, classificou o corpo hídrico como Classe 2. De acordo com a Resolução CONAMA 357/2005 as águas dessa classe podem ser destinadas:

- a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional;
- b) à proteção das comunidades aquáticas;
- c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA no 274, de 2000;
- d) à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto.

Já 57% das pessoas jurídicas, que preencheram o RAPP em 2021, e lançam o efluente em água salina classificaram o corpo hídrico como Classe 1. De

acordo com a Resolução CONAMA 357/2005 as águas dessa classe podem ser destinadas:

- a) à recreação de contato primário, conforme Resolução CONAMA nº 274, de 2000;
- b) à proteção das comunidades aquáticas; e
- c) à aquicultura e à atividade de pesca.

E por fim, as pessoas jurídicas, que preencheram o RAPP em 2021, e lançam o efluente em água salobra tiveram uma diversidade grande entre as classes da Resolução CONAMA 357/2005, se comparado com os tipos água doce e água salina, sendo que 29% classificou o corpo hídrico como Classe 1 e a maioria, 32%, classificou o corpo hídrico como Classe Especial. De acordo com a Resolução CONAMA 357/2005 as águas salobras classificadas como Classe Especial são águas que podem ser destinadas:

- a) à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral; e
- b) à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas.

Ainda de acordo com a Resolução CONAMA 357/2005, as águas salobras classificadas como Classe 1 são águas que podem ser destinadas:

- a) à recreação de contato primário, conforme Resolução CONAMA nº 274, de 2000;
- b) à proteção das comunidades aquáticas;
- c) à aquicultura e à atividade de pesca;
- d) ao abastecimento para consumo humano após tratamento convencional ou avançado; e
- e) 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 irrigação de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto.

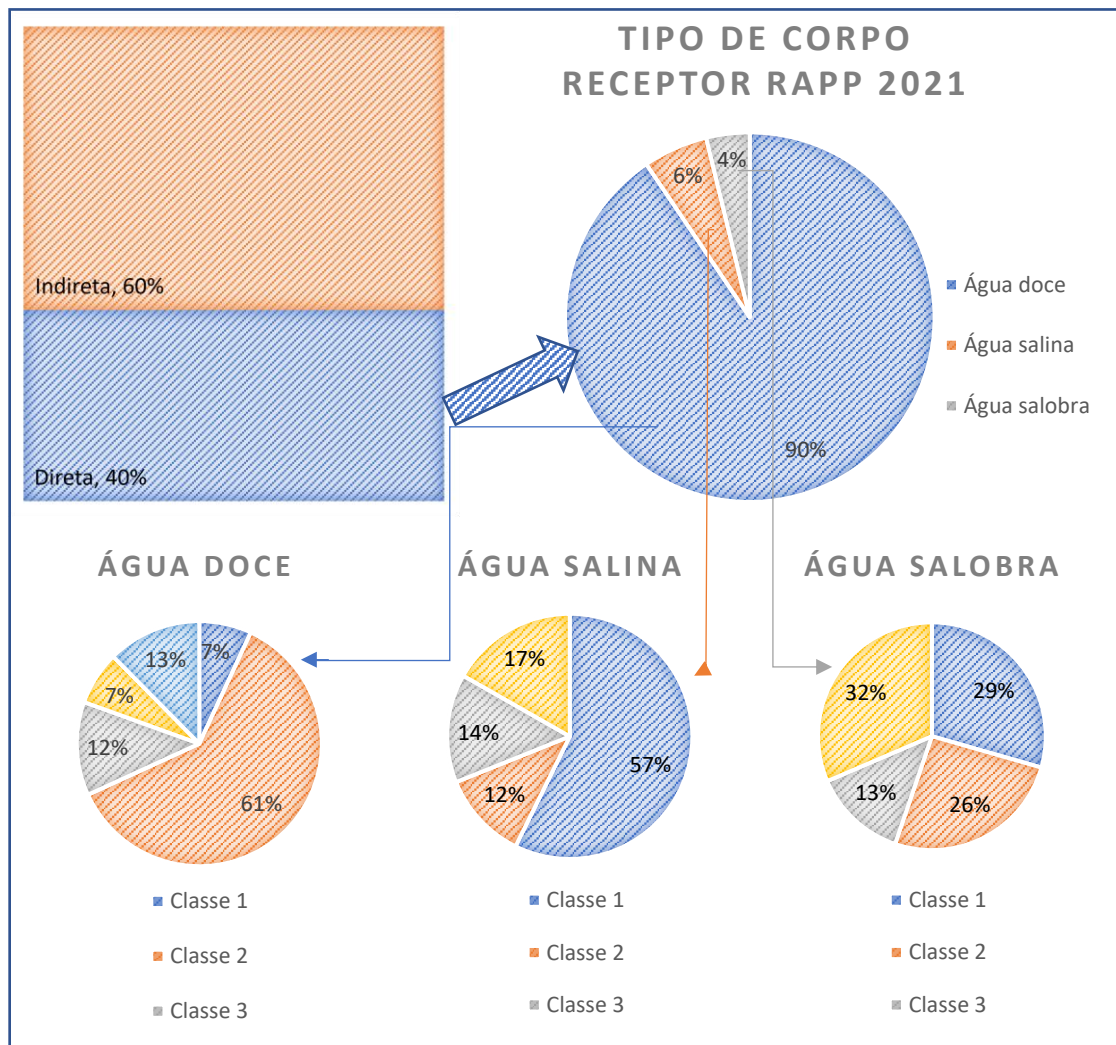
De forma geral, as águas classificadas como especial, tanto águas doces, salinas e salobras, são destinadas à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; e à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral. E em especial para as águas doces a classe especial pode ser destinada ao abastecimento para consumo humano, apenas com desinfecção.

De acordo com o artigo 13 da Resolução Conama nº 357, de 17 de março de 2005 nas águas de classe especial deverão ser mantidas as condições naturais do corpo de água (BRASIL, 2005).

Por sua vez, o artigo 11 da Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011, estabelece que nas águas de classe especial é vedado o lançamento de efluentes ou disposição de resíduos domésticos, agropecuários, de aquicultura,

industriais e de quaisquer outras fontes poluentes, mesmo que tratados (BRASIL, 2011).

**Figura 24: Relação ao tipo de emissão e tipo e classe do corpo receptor das pessoas jurídicas que preencheram o RAPP em 2021**



**Fonte: Próprio autor.**

O infográfico acima ilustra os dados apresentados com relação ao tipo de emissão e tipo e classe do corpo receptor das pessoas jurídicas que preencheram o RAPP em 2021.

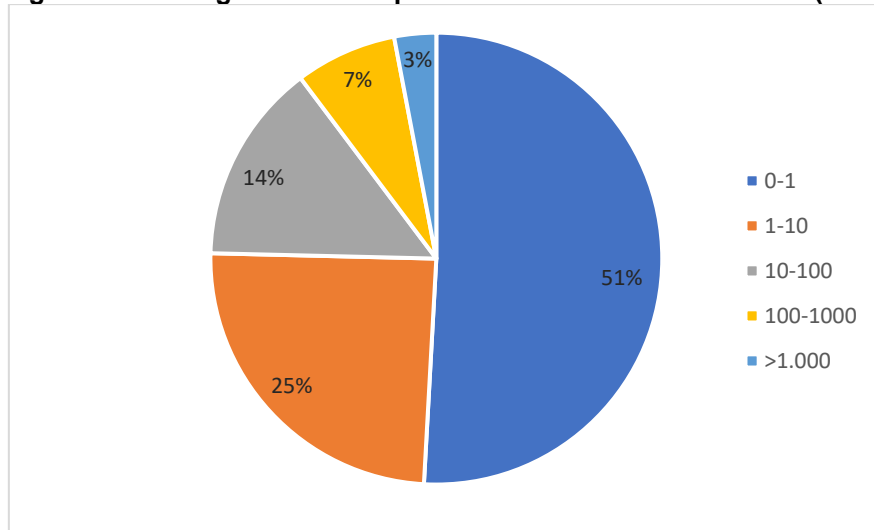
Nota-se que essa preponderância de classe 2 para água doce e classe 1 para água salina se justifica pelo artigo 42 da Resolução CONAMA 357/2005, que define que enquanto não aprovados os respectivos enquadramentos, as águas doces serão consideradas classe 2, as salinas e salobras classe 1, exceto se as condições de qualidade atuais forem melhores, o que determinará a aplicação da classe mais rigorosa correspondente.



#### 5.1.5. Quantidade média anual da vazão do efluente

O gráfico a seguir demonstra a vazão média no ano de 2021, distribuído em faixas, relacionados à contagem de pessoas jurídicas que entregaram o Relatório de Atividades Potencialmente Poluidoras, referente ao formulário Efluentes Líquidos, no referido ano.

**Figura 25: Contagem de CNPJ por Vazão média no ano de 2021 (m<sup>3</sup>/h)**



Fonte: Próprio autor.

Os dados utilizados no gráfico acima estão apresentados na tabela a seguir, junto à somatória das vazões médias no ano de 2021, categorizados por faixas.

**Tabela 2: Comparativo entre vazão média por ano e contagem de CNPJ em 2021**

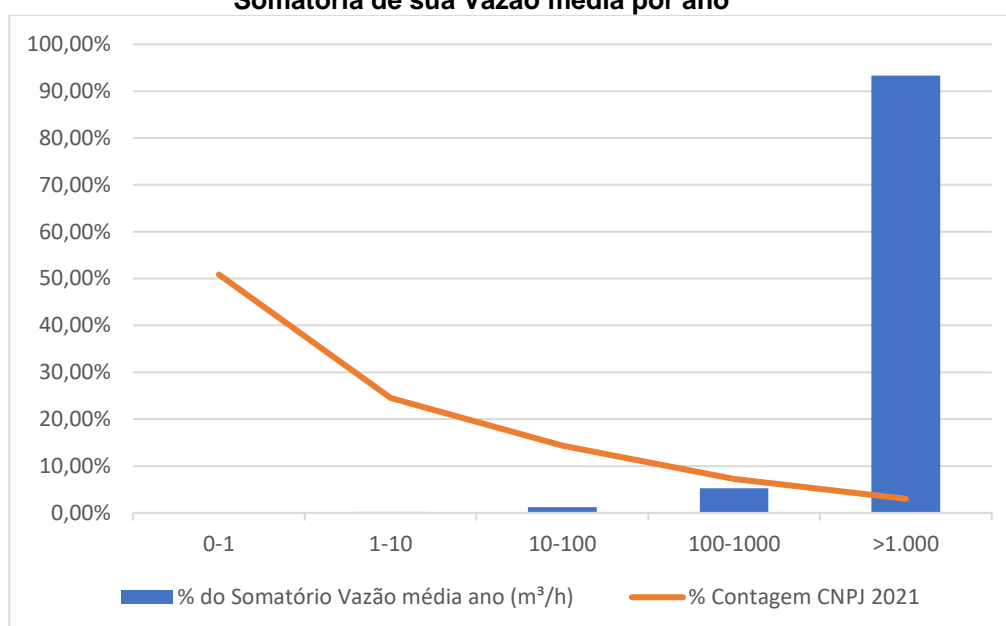
Faixas de Vazão média ano (m <sup>3</sup> /h)	Contagem CNPJ 2021	% Contagem CNPJ 2021	Somatória Vazão Média ano (m <sup>3</sup> /h)	% Somatória Vazão Média ano (m <sup>3</sup> /h)
Sem informação	2	0	0	0
0-1	11756	2309,13	0,03%	50,87%
1-10	5662	18689,78	0,20%	24,50%
10-100	3317	112183,04	1%	14,35%
100-1000	1679	480242,44	5%	7,27%
>1.000	693	8560598,51	93%	3,00%
<b>TOTAL</b>	<b>23109</b>	<b>9174022,9</b>	<b>100%</b>	<b>100,00%</b>

Fonte: Próprio autor.

O gráfico de Pareto classifica as ocorrências em ordem decrescente de importância, possibilitando a identificação e priorização dos problemas. Segundo Campos (2004), a técnica de análise de Pareto segmenta um problema complexo em questões menores e mais gerenciáveis, além de permitir a hierarquização de projetos e a definição de metas concretas e alcançáveis.

Importante salientar que nesse estudo, para o gráfico de Pareto, foi utilizada a variável “vazão média anual” por não haver dados da qualidade da carga do efluente gerado, uma vez que mesmo que o empreendimento tenha uma vazão inferior a outro o mais importante para definir a qualidade e a priorização dos empreendimentos é a sua carga orgânica ou química.

**Figura 26: Comparação entre as porcentagens da Quantidade de Pessoas Jurídicas e a Somatória de sua Vazão média por ano**



**Fonte: Próprio autor.**

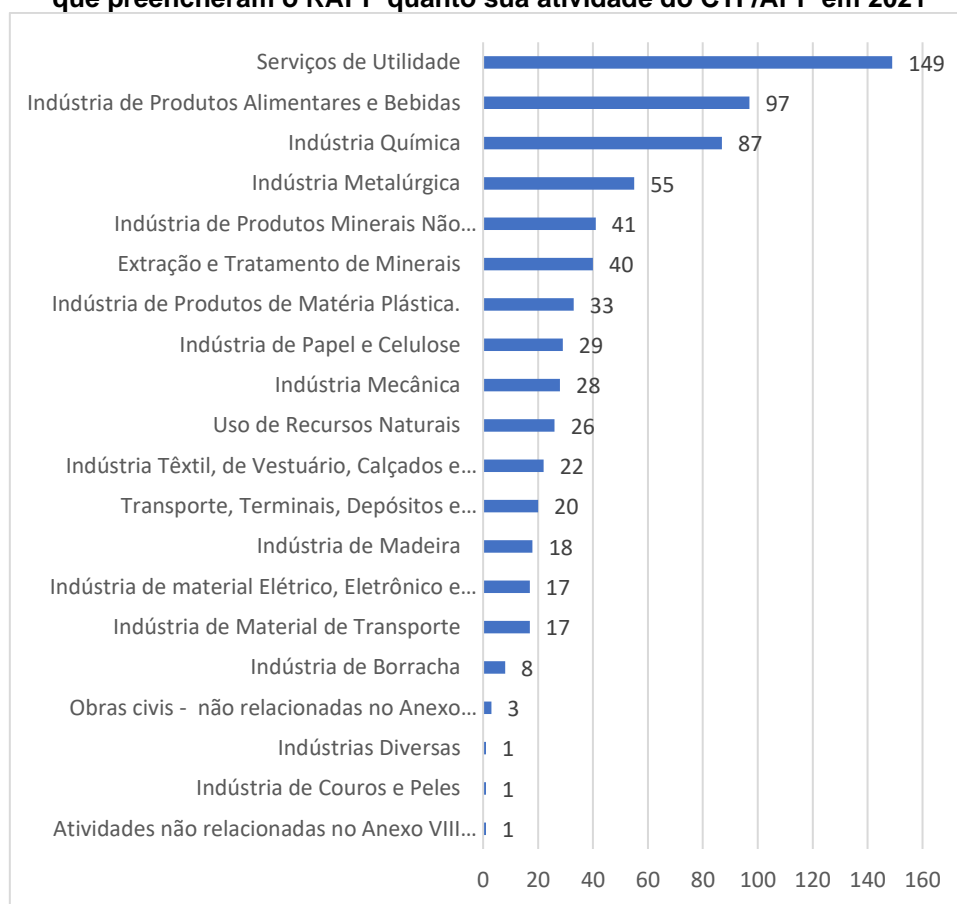
Utilizando então o conceito de Pareto com a vazão média ano, é possível perceber no gráfico acima que a faixa de vazão média no ano de 2021 menor que 1m³/h representa 50,87% das pessoas jurídicas que entregaram o RAPP em 2021, em contrapartida, representam 0,03% na somatória da vazão média para o referido ano em comparação ao total de vazão declaradas no RAPP. Por outro lado, a somatória de vazão média dos 3% representados pelas pessoas jurídicas que entregaram o RAPP em 2021, faixa maior que 1.000m³/s, representa 93% em comparação ao total de vazão declaradas no RAPP.

Dessa forma, para esse trabalho, optou-se por analisar esses 693 empreendimentos que possuem vazão ano maior que 1.000m³/s, e representam majoritariamente o total de vazão declarados no formulário de efluentes líquidos do RAPP no ano de 2021.

## 5.2. Análise dos dados de empreendimentos com vazão acima de 1.000m<sup>3</sup>/ano em 2021

Visando qualificar essas 693 atividades que representam 93% da vazão média anual dos efluentes declarados no RAPP o gráfico a seguir demonstra que 21% desses empreendimentos são da categoria de atividade Serviços de Utilidade, seguida por 14% da Indústria de Produtos Alimentares e Bebidas e 13% da Indústria Química.

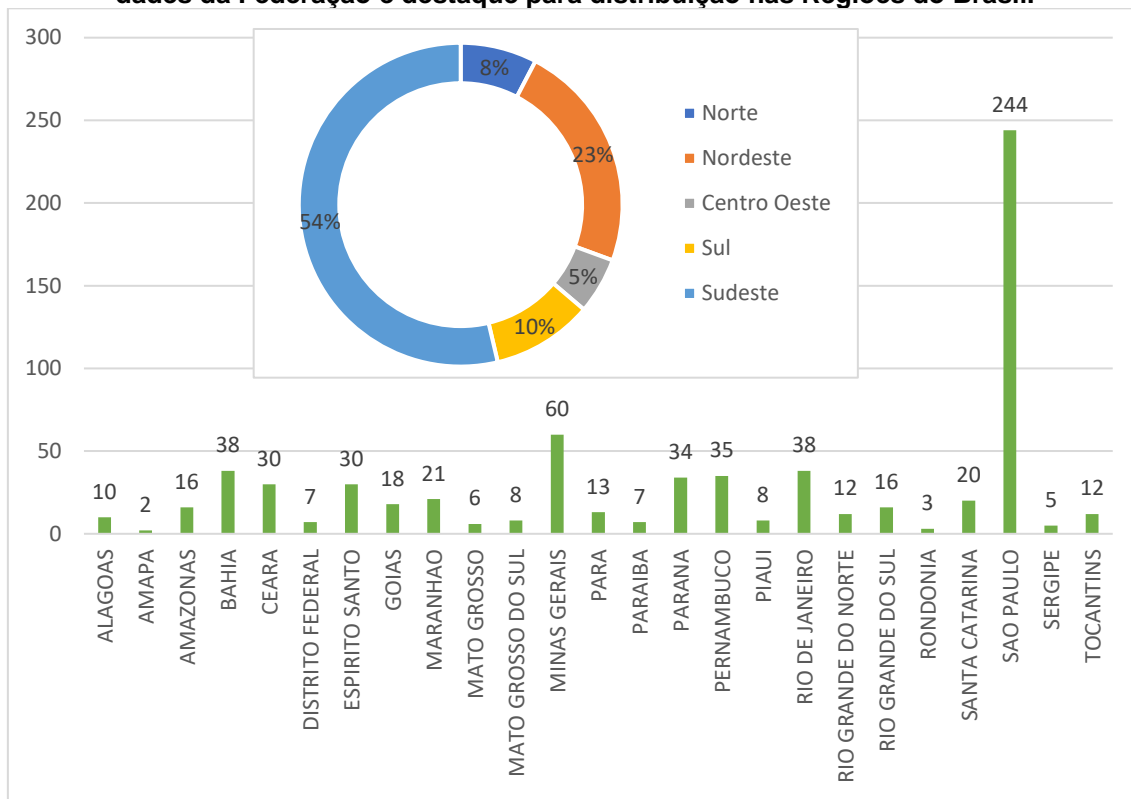
**Figura 27: Distribuição das pessoas jurídicas com vazão média maior que 1.000m<sup>3</sup>/ano que preencheram o RAPP quanto sua atividade do CTF/APP em 2021**



Fonte: Próprio autor.

O estado de São Paulo representa 35% das pessoas jurídicas que preencheram o RAPP, referente ao formulário Efluentes Líquidos, com vazão média maior que 1.000m<sup>3</sup>/ano em 2021, seguido do estado de Minas Gerais que representa 8%, refletindo os 54% de representação da região Sudeste. A segunda região brasileira que mais possui representatividade é a região Nordeste com 23%. Se somarmos a porcentagem de representatividade das regiões Centro Oeste, Nordeste e Norte resulta no demais 23%. Os gráficos a seguir ilustram a distribuição das pessoas jurídicas que preencheram o RAPP, referente ao formulário Efluentes Líquidos, com vazão média maior que 1.000m<sup>3</sup>/ano em 2021, por Unidades da Federação e por Regiões Brasileiras.

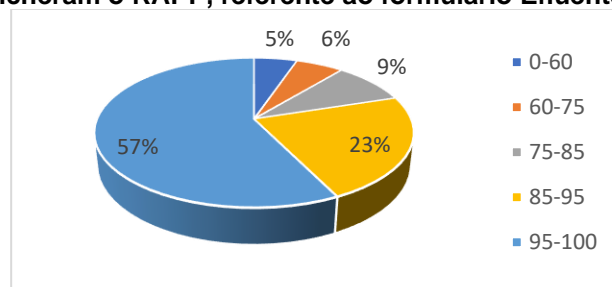
**Figura 28: Distribuição das pessoas jurídicas com vazão média maior que 1.000m<sup>3</sup>/ano que preencheram o RAPP, referente ao formulário Efluentes Líquidos, em 2021 por Unidades da Federação e destaque para distribuição nas Regiões do Brasil.**



Fonte: Próprio autor.

A região Sul alterou sua posição na distribuição das pessoas jurídicas com vazão média maior que 1.000m<sup>3</sup>/ano que preencheram o RAPP, referente ao formulário Efluentes Líquidos, em 2021, se comparado com a distribuição geral, sem estratificar por vazão, passando de 2º lugar para 3º. Ficando o 2º lugar para a região Nordeste, devido aos estados da Bahia, Ceará e Pernambuco estarem entre os estados com maior concentração das pessoas jurídicas com vazão média maior que 1.000m<sup>3</sup>/ano que preencheram o RAPP, referente ao formulário Efluentes Líquidos, em 2021.

**Figura 29: Eficiência do Tratamento das pessoas jurídicas com vazão média maior que 1.000m<sup>3</sup>/ano que preencheram o RAPP, referente ao formulário Efluentes Líquidos 2021**



Fonte: Próprio autor.

Por fim, houve aumento da eficiência do tratamento do efluente das pessoas jurídicas com vazão média maior que 1.000m<sup>3</sup>/ano que preencheram o RAPP, referente ao formulário Efluentes Líquidos, em 2021, se comparado com a distribuição geral, conforme demonstrado no gráfico a seguir. Passando de 42% para 57% das pessoas jurídicas que informam ter eficiência média de tratamento acima de 95%, e mantendo 5% que declaram possuir eficiência abaixo de 60%, limite fora dos padrões estabelecidos em lei.

### 5.3. Resultados e discussões gerais

De acordo com a ANA, em 2020, a Rede Hidrometeorológica Nacional possuía aproximadamente 23 mil estações sob responsabilidade de várias entidades. Sendo que 4.841 estações gerenciadas diretamente pela ANA, constituindo em 2.717 pluviométricas (monitoram as chuvas) e 2.024 estações fluviométricas (monitoram os rios). Quanto às estações fluviométricas, em 1.485 estações há medição de vazão de água (descarga líquida), em 1.542 estações há medição de qualidade da água e em 463 estações há medição de sedimentos em suspensão (descarga sólida) (ANA, 2022a). Analisando esses dados, temos que apenas 32% das estações gerenciadas pela ANA monitoraram qualidade da água em 2020.

Conforme afirmado por Faria & Padovesi-Fonseca (2020), é necessário que os gestores, junto com o governo brasileiro, acresçam a rede de monitoramento da qualidade da água visando subsidiar a falta de informações e, assim, concentrar esforços em áreas críticas, procurando preencher as lacunas técnicas basais para o planejamento e a gestão dos recursos hídricos.

Faz-se necessário que seja ampliado não somente a rede de monitoramento, mas também o número de parâmetros analisados (incluindo contaminantes como os agrotóxicos, os disruptores endócrinos e os orgânicos persistentes) de maneira a possibilitar uma avaliação mais ampla do real impacto das diferentes fontes de poluição da água, considerando-se os seus múltiplos usos, notadamente o do abastecimento público (ANA, 2012).

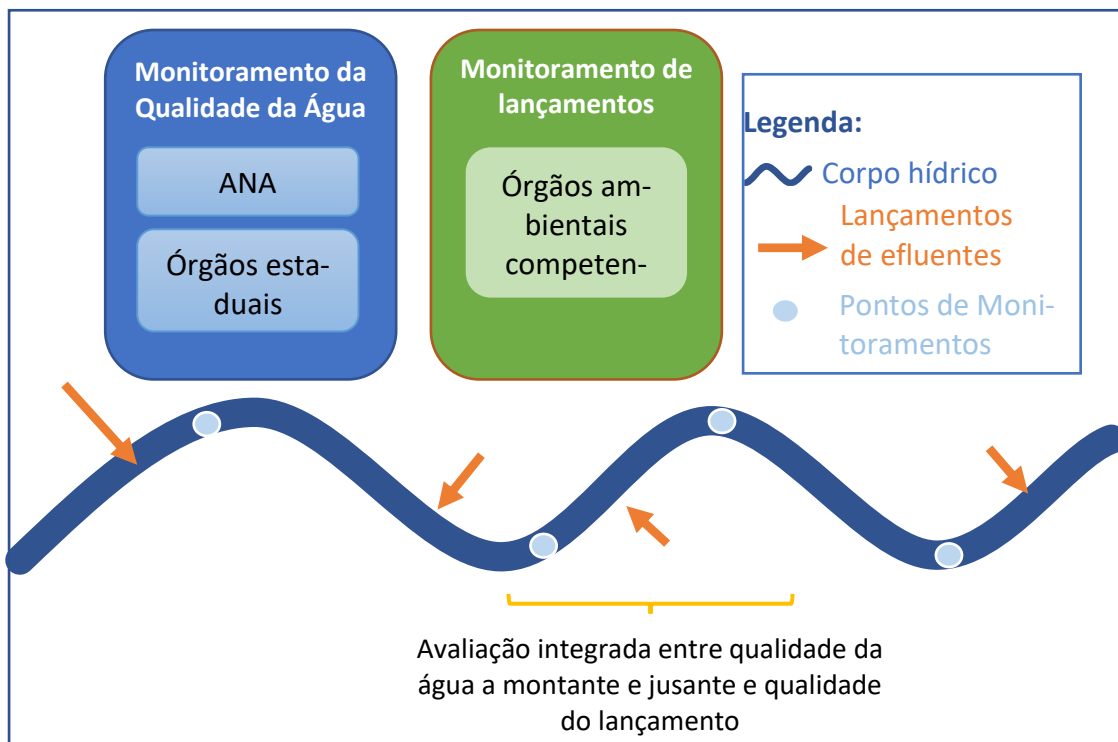
No ano de 2021, 23.109 pessoas jurídicas preencheram o formulário temático “efluentes líquidos” do Relatório Anual de Atividades Potencialmente Poluidoras e Utilizadoras de Recursos Ambientais (RAPP), e informaram realizar algum tipo de monitoramento dos seus efluentes. Dessa totalidade das pessoas jurídicas, 40% declaram que lançam seu efluente diretamente no corpo hídrico, ou seja, aproximadamente 6.500 pessoas jurídicas. Contudo, o uso desses dados para subsidiar o processo de elaboração de políticas públicas e tomadas de decisões ainda é superficial, uma vez que não existe um sistema único de compilação dos resultados individuais dos resultados dos monitoramentos realizados por esses empreendimentos solicitados em suas condicionantes com o RAPP.

No entanto, os dados que são reportados aos órgãos licenciadores são inseridos em bases e sistemas distintos, quando existentes, o que dificulta uma compilação em escala nacional das informações, a análise e cruzamento dos dados e sua divulgação para a sociedade. O automonitoramento de efluentes é um instrumento de controle e gestão de efluentes, e habitualmente exigido como condicionante de licenças ambientais, é um dos principais objetivos é o atendimento aos padrões de lançamento de efluentes, determinados no nível federal pela Resolução CONAMA nº 357/2005, complementada e alterada pela Resolução CONAMA nº 430/2011.

Como visto, atualmente, as atividades potencialmente poluidoras já possuem obrigação legal de realizar o monitoramento da qualidade da água a montante e a jusante do lançamento de seu efluente no corpo hídrico em suas condicionantes ambientais, nas licenças ambientais. No entanto, os dados que reportam aos órgãos licenciadores são inseridos em bases e sistemas distintos, quando existentes, o que dificulta uma compilação em escala nacional das informações, a análise e cruzamento dos dados e sua divulgação para a sociedade. A criação de um sistema nacional unificado para inserção das declarações de carga poluidora seria um instrumento facilitador da coleta de informações sobre as cargas poluidoras lançadas pelos empreendimentos, da análise destes dados pelo poder público e do planejamento de ações corretivas e preventivas.

Outro fator importante em ter as informações do automonitoramento no RAPP é a necessidade de ter dados confiáveis em sua declaração, uma vez que conforme demonstrado, metade dos empreendimentos que declararam ter eficiência do tratamento acima de 95% temos que, declaram ter nível de tratamento apenas primário, tornado essa informação de difícil aceitação, uma vez que para ser uma alta eficiência como 95% o nível de tratamento deveria ser de no mínimo secundário.

Figura 30: Pontos de monitoramento e lançamentos de efluentes em corpo hídrico



Fonte: Próprio autor.

A imagem acima ilustra um corpo hídrico com pontos de monitoramentos e setas demonstrando lançamentos de efluentes. Considerando que pessoas jurídicas, quando fazem lançamento em corpos hídricos, necessitam fazer monitoramento da qualidade da água a montante e jusante do lançamento.

## 6 PERSPECTIVAS

De acordo com a Instrução Normativa do Ibama nº 22/2021, que regula o funcionamento do RAPP, os dados e informações a serem declarados nos formulários temático “efluentes líquidos” do RAPP sobre os efluentes líquidos lançados no ano ao qual o relatório se refere, são:

- Categoria e descrição da Atividade do Cadastro Técnico Federal de Atividades Potencialmente Poluidoras ou Utilizadoras de Recursos Ambientais - CTF/APP;
- Quantidade média anual da vazão do efluente;
- Monitoramento realizado para acompanhar o lançamento do efluente;
- Eficiência do tratamento conforme laudo técnico;
- Tipo de tratamento realizado no efluente;
- Nível de tratamento realizado: primário, secundário e terciário;
- Tipo de compartimento ambiental em que o efluente foi liberado: água, solo ou ar.

Após a análise do formulário temático “efluentes líquidos” do RAPP e dos tipos de Declarações de Carga Poluidora realizadas por algumas unidades da federação, poderia sugerir as seguintes alterações no formulário analisado:

- ✓ Exclusão do item: “Tipo de compartimento ambiental em que o efluente foi liberado: água, solo ou ar”. Esse item gera dúvida quanto ao tipo “ar” e poderá ser substituído por item mais específico, conforme será explicado mais adiante.
- ✓ Restringir as opções que possibilitem o preenchimento de texto, priorizar respostas padronizadas em que o cadastrador só deverá selecionar a opção desejada.
- ✓ Detalhar melhor cada item e o que se espera com ele no Guia de preenchimento.
- ✓ Inclusão de itens que demonstrem a qualidade do efluente e do corpo hídrico que, sendo o caso, será lançado, como:
  - Tipo do efluente (opções: sanitário, industrial, percolado de aterro industrial, lixiviado de aterro sanitário; efluente de caixa separadora de água óleo (SAO), sanitário e industrial tratados conjuntamente ou outro tipo de efluente).
  - Especificar quais são os parâmetros de controle que o empreendimento realiza no seu efluente, sugere-se já criar uma lista previamente estabelecida com os parâmetros das Resoluções CONAMA nº 430/2011 e 357/2005.
  - Informar quais são os pontos de amostragem (exemplo: efluente de entrada ou saída da ETE, ponto a Montante ou Jusante do Corpo Receptor, ponto de lançamento do efluente no Corpo Receptor).
  - Informar qual é a frequência do monitoramento (exemplo: diário, semanal, quinzenal, mensal).
  - Após as informações supracitadas, é possível que o empreendedor informe o resultado das análises para cada parâmetro.
  - É importante também solicitar informação se há gases gerados no tratamento de efluentes, caso a resposta seja afirmativa é importante solicitar informação de quais são os gases e quantidade, caso o empreendedor possua essas informações.
  - Outro item importante é solicitar informação se há geração de lodo. Caso a resposta seja afirmativa solicitar a quantidade, tratamento e destinação.
  - Por fim, sugiro solicitar informação sobre reúso. Se o efluente é utilizado de alguma forma para reúso, e caso positivo em qual processo (exemplo: água de processo, sanitários e irrigação de áreas verdes).



- ✓ Entendo, ainda, ser necessário discriminar se o empreendimento é uma Estação de Tratamento de Efluente (ETE) domiciliar, e caso seja informar qual a população atual atendida pela ETE.

No ano de 2022 o IBAMA iniciou um processo de revisão de vários formulários do RAPP, realizando para isso várias oficinas com os atores envolvidos em cada tema. Após toda a análise realizada nesse trabalho, recomenda-se que a revisão do formulário “Efluentes líquidos” tenha maior abrangência com os itens de qualidade das águas, conforme explicitado nesse trabalho.

## **7 CONCLUSÃO**

O monitoramento é importante para a tomada de decisão, mas o monitoramento sem uma análise só possui utilidade para formação de série histórica. No Brasil, o setor de recursos hídricos historicamente se ocupou majoritariamente do monitoramento e dos assuntos que envolviam os aspectos da quantidade de água, por outro lado minoritariamente as questões relacionadas à qualidade. Porém essa conjectura tem sofrido alterações, uma vez que o aumento dos problemas de poluição das águas ocasiona na diminuição da disponibilidade hídrica nas bacias. Dessa forma, é importante que os empreendimentos que gerem efluentes contendo contaminantes químicos garantam a remoção adequada desses contaminantes, uma vez que o efluente após tratado e lançado no corpo hídrico, pode ser utilizado para o abastecimento humano. Assim, faz-se necessário a alteração/revisão de resoluções CONAMA nº 357/2005 e 396/2008 para inclusão de novos POPs no rol de parâmetros de qualidade. Além disso, deve ser discutido o estabelecimento de parâmetros de qualidade dos sedimentos para proteção da vida aquática.

Ao realizar o monitoramento do efluente líquido lançado, exigido em condicionantes ambientais pelas licenças ambientais, as atividades potencialmente poluidoras e utilizadoras de recursos ambientais poderiam sem nenhum custo adicional fornecer também informações da qualidade do corpo hídrico que esse efluente está sendo lançado, ou seja, dados a montante e a jusante do lançamento, uma vez que já possuem essas informações, apenas não declaram no âmbito do RAPP.

Conforme demonstrado nos dados coletados pelos RAPP – Efluentes líquidos, só em 2021 foram preenchidos 23.109 formulários, sendo que aproximadamente 6.500 pessoas jurídicas declaram lançar seus efluentes líquidos diretamente no corpo hídrico e que possuem o monitoramento desse corpo hídrico.

Após as análises realizadas concluiu-se que o monitoramento da qualidade das águas do Brasil poderia ser aumentado em pelo menos 6.500 pontos de monitoramento, e sendo esse ganho ambiental bem utilizado poderíamos saber com exatidão quais atividades estão degradando os corpos hídricos brasileiros

por não atenderem os parâmetros da legislação vigente. Fornecendo assim a possibilidade de dados concretos para uma fiscalização inteligente e efetiva, uma vez que serão utilizados dados de laboratórios credenciados, podendo assim serem considerados fidedignos. De tal forma que a inclusão desses dados de monitoramento da qualidade das águas no processo de reformulação do formulário de efluentes líquidos do RAPP será um instrumento facilitador da coleta de informações sobre as cargas poluidoras lançadas pelos empreendimentos, da análise destes dados pelo poder público e do planejamento de ações corretivas e preventivas.

## **8 REFERÊNCIAS**

ABNT. NBR 9648:1986. **Estudo de concepção de sistemas de esgoto sanitário**. Rio de Janeiro, 1986.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. **Atlas Esgotos: Despoluição de Bacias Hidrográficas**. [S. l.]: Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico - ANA, 2017. Disponível em: <http://atlasesgotos.ana.gov.br>. Acesso em: 16 fev. 2021.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2017: relatório pleno**. Brasília: Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico - ANA, 2017. Disponível em: [http://www3.snirh.gov.br/portal/snirh/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos/conj2017\\_rel-1.pdf](http://www3.snirh.gov.br/portal/snirh/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos/conj2017_rel-1.pdf). Acesso em: 16 fev. 2021.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO **Enquadramento dos corpos d'água em classes**. Brasília: ANA, 2020. 57p.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2021: relatório pleno**. Brasília: Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico - ANA, 2022a. Disponível em: [https://www.snirh.gov.br/portal/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos/conjuntura\\_2021\\_pdf\\_final\\_revdirec.pdf](https://www.snirh.gov.br/portal/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos/conjuntura_2021_pdf_final_revdirec.pdf). Acesso em: 06 set. 2022.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. **ODS 6 no Brasil: visão da ANA sobre os indicadores**. 2. ed. Brasília: Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico – ANA, 2022b. Disponível em: [https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/c93c5670-f4a7-4de6-85cf-c295c3a15204/attachments/ODS6\\_Brasil\\_ANA\\_2ed\\_digital\\_simples.pdf](https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/c93c5670-f4a7-4de6-85cf-c295c3a15204/attachments/ODS6_Brasil_ANA_2ed_digital_simples.pdf). Acesso em: 08 set. 2022.

BRASIL. Ibama. **Nota técnica 02001.002155/2015-91 CSR/IBAMA**. Cálculo da área atingida pela lama proveniente do rompimento da barragem de rejeito do Fundão em

05/11/2015 - bacia do Rio Gualaxo do Norte e do Rio do Carmo, Minas Gerais. Brasília, 20 de novembro de 2015.

BRASIL. Ibama. **Guia de preenchimento - Relatório Anual de Atividades Potencialmente Poluidoras e Utilizadoras de Recursos Ambientais (RAPP) - Efluentes Líquidos**. Versão 4. 2020. Disponível em: <http://www.ibama.gov.br/relatorios/atividades-poluidoras/relatorio-de-atividades-potencialmente-poluidoras-e-utilizadoras-de-recursos-ambientais-rapp#guias>. Acesso em: 08 set. 2022.

BRASIL. Ibama. **Instrução Normativa IBAMA nº 22, de 22 de dezembro 2021**. Regulamenta o Relatório Anual de Atividades Potencialmente Poluidoras e Utilizadoras de Recursos Ambientais e revoga os atos normativos consolidados, em atendimento ao Decreto nº 10.139, de 28 de novembro de 2019.

BRASIL. Icmbio. **Nota Técnica 24/2015/CEPTA/DIBIO/ICMBIO**. Consequências parciais na biodiversidade aquática do Rio Doce, provocadas pelo rompimento das barragens de rejeitos da mineração da SAMARCO MINERADORA S.A., no município de Mariana, MG. Pirassununga – SP, 24 de novembro de 2015.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução nº 357, de 17 de março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Resolução CNRH nº 54, de 28 de novembro de 2005**. Estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reúso direto não potável de água, e dá outras providências.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução nº 396, de 3 de abril de 2008**. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011**. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria Consolidação nº 5 de 28 de setembro de 2017**. Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde. Anexo XX - Do controle e da vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de Potabilidade. Diário Oficial da União, Brasília, DF. 825p

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. **4º Diagnóstico de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas – 2019**. Disponível em: [http://www.snis.gov.br/downloads/diagnosticos/ap/2019/Diagnostico\\_AP2019.pdf](http://www.snis.gov.br/downloads/diagnosticos/ap/2019/Diagnostico_AP2019.pdf). Acesso em: 16 fev. 2021.

BRASIL. Decreto Executivo nº 5.472, de 20 de junho de 2005. **Promulga o texto da Convenção de Estocolmo sobre Poluentes Orgânicos Persistentes**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 21 jun. 2005. Seção 1, p. 7.

BRASIL. Lei nº 6.938, 31 de agosto de 1981. **Política Nacional de Meio Ambiente**. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências.

BRASIL. Lei nº 7.802, de 11 de julho de 1989. **Lei dos Agrotóxicos**. Dispõe sobre a pesquisa, a experimentação, a produção, a embalagem e rotulagem, o transporte, o armazenamento, a comercialização, a propaganda comercial, a utilização, a importação, a exportação, o destino final dos resíduos e embalagens, o registro, a classificação, o controle, a inspeção e a fiscalização de agrotóxicos, seus componentes e afins, e dá outras providências.

BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a **Política Nacional de Recursos Hídricos**, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L9433.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9433.htm). Acesso em: 16 fev. 2021.

BRASIL. Lei nº 10.165, de 27 de dezembro de 2000. **Altera a Lei no 6.938, de 31 de agosto de 1981, que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente**, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Publicada no D.O.U de 2001.

BRASIL. Lei Federal nº 14.026, de 15 de julho de 2020. **Atualiza o marco legal do saneamento básico e altera a Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000**. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2019-2022/2020/lei/l14026.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/lei/l14026.htm). Acesso em: set.2022.

BRASIL. Agência Nacional de Águas. **Indicadores de qualidade: índice de qualidade das águas (IQA)**. 2022. Disponível em: <http://pnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx>. Acesso em: 08 set. 2022.

CAMPOS, V. F. TQC – **Controle da qualidade total**. B. Horizonte: INDG, 2004.

CCME. Canadian Council of Ministers of the Environment, 2001. **Canadian Water Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life**. CCME Water Quality Index 1.0 User's Manual. Winnipeg.

DODDS, W.K. **Eutrophication and trophic state in rivers and streams**. *Limnology and Oceanography*, 51(1\_part\_2), 671-680. 2006.

Environmental Protection Agency (EPA). **Water pollution from pesticide and nutrient runoff in agricultural areas**. 2022. Disponível em: <https://www.epa.gov/nutrientpollution/sources-and-solutions-agriculture>. Acesso em: 24 jun. 2023.

FARIA, R. S.; FONSECA, C. P. Gestão ecológica das águas: uma comparação das diretrizes do Brasil e da Europa. **Ciência & Trópico**, [S. l.], v. 44, n. 1, 2020. DOI: 10.33148/cetropicov44n1(2020) art5. Disponível em: <https://periodicos.fun-daj.gov.br/CIC/article/view/1900>. Acesso em: 6 set. 2022.

GIORDANO, G. **Tratamento e controle de efluentes industriais**. UERJ. Rio de Janeiro, p. 81. 2004.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GOLDER ASSOCIATES. **Relatório Técnico Programa de Monitoramento Quali-Quantitativo Sistema de Água e Sedimentos**. RT-029\_159-515-2282\_09-J. Dezembro, 2017. Disponível em: <https://monitoramentorio-doce.org/documentos/>. Acesso em: 25 fev. 2023.

HLADIK, M. L., & KOLPIN, D. W. **First national-scale reconnaissance of neonicotinoid insecticides in streams across the USA**. *Environmental Chemistry*, 14(5), 355-367. 2017.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Brasileiro de 2010**. Rio de Janeiro: IBGE, 2012.

INSTITUTO AMBIENTAL DO PARANÁ. **Monitoramento da qualidade das águas dos rios da Bacia do Alto Iguaçu, na Região Metropolitana de Curitiba, no período de 2005 a 2009**. Curitiba: IAP, 2009.

KEFFORD, B. J., HICKEY, G. L., GASITH, A., & BEN-DAVID, E. (2010). **Ecological effects of wastewater on streams in arid and semiarid regions: Western Australia and Israel as case studies**. *Ecohydrology*, 3(3), 273-287.

MASSOUD, M. A.; TARHINI, A.; NARS, J. A. **Decentralized approaches to wastewater treatment and management: Applicability in developing countries**. *Ensevier: Journal of Environmental management*. v.90, p.652-659, 2009.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Vigiagua**. 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/composicao/svsa/saude-ambiental/vigiagua/>. Acesso em: 26 fev. 2023.

MINISTÉRIO PÚBLICO FEDERAL. **Conexão água**. 2017. Disponível em: <https://conexaoagua.mpf.mp.br/atuacao-estrategica/por-bacia-hidrografica>. Acesso em: 10 abr 2022.

MONITORAMENTO DO RIO DOCE. **O Programa de Monitoramento Quali-quantitativo Sistemático de Água e Sedimento (PMQQS)**. Disponível em: <https://monitoramentoriodoce.org/>. Acesso em: 25 fev. 2023.

ODS Brasil. **Indicadores Brasileiros para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável**. Disponível em: <https://odsbrasil.gov.br/objetivo/objetivo?n=6>. Acesso em: 25 fev. 2023.

OLIVATTO, G. P. (2018). **Microplásticos: Contaminantes de Preocupação Global no Antropoceno**. Rev. Virtual Quim. Disponível em: <http://rvq.sbq.org.br/>. Acesso em: 25 fev. 2023.

OLIVEIRA, I. S.; PANTA, L. M. L. S.; BARBOSA, I. M. B. R.; SILVA, S. R. **Índice de Conformidade ao Enquadramento nos Reservatórios Jucazinho, Bituri, Botafogo e Pirapama, em Pernambuco, Brasil**. Revista Brasileira de Geografia Física v.11, n.04.1575-1584.2018. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/234614/30748>. Acesso em: 24 jun. 2023.

PITT, R., CLARK, S., & FIELD, R. (2004). **The National Urban Runoff Program—Watershed regression modeling and national load estimates**. Water Science and Technology, 49(11-12), 43-50.

PEREIRA, R.S. **Identificação e caracterização das fontes de poluição em sistemas hídricos**. Revista Eletrônica de Recursos Hídricos. IPH-UFRGS. V.1, n.1 p.20-36. 2004.

RAMALHO, R. S. **Tratamiento de aguas residuales**. Barcelona, p. 705. 1991.

SAMPIERI, R., COLLADO, C., LUCIO, P. **Metodología de la Investigación**. México: McGraw Hill, 1991.

SANTOS, S. V. D. **Estudo para Gestão do Monitoramento de Efluentes Industriais na Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas**. Fundação Estadual do Meio Ambiente. Belo Horizonte, p. 44. 2017.

SILVA, J. C. L. **A qualidade das águas superficiais e os principais critérios de avaliação**. Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/geografia/a-qualidade-das-aguas-superficiais-os-principais-criterios-avaliacao.htm>. Acesso em: 11 dez. 2020.

SMITH, V. H., TILMAN, G. D., & NEKOLA, J. C. (1999). **Eutrophication: impacts of excess nutrient inputs on freshwater, marine, and terrestrial ecosystems.** *Environmental Pollution*, 100(1-3), 179-196.