

**FACULDADE NOVA ESPERANÇA DE MOSSORÓ**  
**CURSO DE GRADUAÇÃO EM FARMÁCIA**

**ADRIANO CARLOS LOPES**

**INCIDÊNCIA DE METAIS PESADOS NO RIO APODI-MOSSORÓ: UMA REVISÃO  
INTEGRATIVA**

**Mossoró/RN**  
**2020**

**ADRIANO CARLOS LOPES**

**INCIDÊNCIA DE METAIS PESADOS NO RIO APODI-MOSSORÓ: UMA REVISÃO  
INTEGRATIVA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade Nova Esperança de Mossoró – FACENE/RN, como exigência para a obtenção do título de Bacharel em Farmácia.

ORIENTADOR: Prof. Me. Antônio Alex de Lima Silva.

**MOSSORÓ/RN  
2020**

Faculdade Nova Esperança de Mossoró/RN – FACENE/RN.  
Catalogação da Publicação na Fonte. FACENE/RN – Biblioteca Sant'Ana.

L864i Lopes, Adriano Carlos.

Incidência de metais pesados no Rio Apodi-Mossoró:  
uma revisão integrativa / Adriano Carlos Lopes. –  
Mossoró, 2020.

51 f. : il.

Orientador: Profº. Me. Antônio Alex de Lima Silva.  
Monografia (Graduação em Farmácia) – faculdade  
Nova Esperança de Mossoró.

1. Rio Apodi-Mossoró. 2. Metais pesados. 3. Água.  
4. Atividades antrópicas. I. Silva, Antônio Alex de Lima.  
II. Título.

CDU 546.3:556.53(813.2)

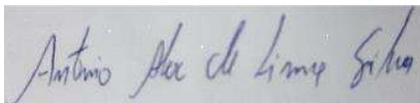
**ADRIANO CARLOS LOPES**

**INCIDÊNCIA DE METAIS PESADOS NO RIO APODI-MOSSORÓ:  
UMA REVISÃO INTEGRATIVA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade Nova Esperança de Mossoró – FACENE/RN, como exigência para a obtenção do título de Bacharel em Farmácia.

Aprovado em: 04/ 12/ 2020.

Banca Examinadora



---

Prof. Me. Antônio Alex de Lima Silva - Orientador  
(FACENE/RN)



---

Prof. Me. Francisco Vicente Andrade Neto  
(FACENE/RN)



---

Profa. Me. Cândida Maria Soares de Mendonça  
(FACENE/RN)

## RESUMO

O rio Apodi-Mossoró é de extrema importância devido, principalmente, a existência de depósitos aluvionares em suas margens, sendo assim explorado para carcinicultura, mineração, agricultura, pecuária, extração de sal marinho, dentre outras atividades econômicas. Porém, devido a ações desempenhadas pelos seres humanos, o rio está sendo degradado através de intemperismo e outras atividades, sendo um grande agravador da contaminação a presença de altas concentrações de metais pesados, os quais, quando ultrapassam determinados limites, se tornam poluentes tóxicos a biota aquática. Podendo afetar a qualidade das águas e, conseqüentemente, prejudicar as atividades desempenhadas ao longo do rio, além de causar danos que podem atingir a saúde da população que utiliza a sua água. Sendo assim o presente trabalho teve como objetivo identificar a incidência de metais pesados no rio Apodi-Mossoró, bem como apontar os danos que podem ser causados ao meio ambiente e a população através de doenças relacionadas a contaminação. A metodologia utilizada foi a revisão integrativa, constituída de seis etapas, buscando, através da pesquisa bibliográfica, analisar e sintetizar os resultados de estudos consultados em documentos eletrônicos, artigos científicos, dissertações e teses pertinentes ao assunto disponíveis na *Scielo* e no Google Acadêmico. Como resultados observou-se que o rio Apodi-Mossoró se encontra contaminado devido às ações antrópicas, que geram o aumento nas concentrações de metais pesados. Sendo assim, tal condição inspira cuidados por parte dos órgãos de saúde pública e ambientais responsáveis, bem como a população que deve ser conscientizada dos riscos.

**Palavras-chave:** Rio Apodi-Mossoró. Metais pesados. Água. Atividades antrópicas.

## ABSTRACT

The Apodi-Mossoró River is extremely important due mainly to the existence of alluvial deposits on its banks, thus being exploited for carpiculture, mining, agriculture, livestock, sea salt extraction, among other economic activities. However, due to the actions performed by humans, the river is being degraded through weathering and other activities, being a major recorder of contamination the presence of high concentrations of heavy metals, which, when they exceed certain limits, become toxic pollutants to aquatic biota. It can affect the quality of the waters and, consequently, impair the activities performed along the river, besides causing damage that can affect the health of the population that uses its water. Thus, the present work aimed to identify the incidence of heavy metals in the Apodi-Mossoró River, as well as to point out the damage that can be caused to the environment and the population through contamination-related diseases. The methodology used was the integrative review, consisting of six stages, seeking, through bibliographic research, to analyze and synthesize the results of studies consulted in electronic documents, scientific articles, dissertations and theses relevant to the subject available in Scielo and Google Scholar. As results, it was observed that the Apodi-Mossoró River is contaminated due to anthropic actions, which generate an increase in heavy metal concentrations. Thus, this condition inspires care on the part of the responsible public and environmental health agencies, as well as the population that should be aware of the risks.

**Keywords:** Apodi-Mossoró River. Heavy metals. Water. Anthropic activities.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	7
1.1	HIPÓTESES.....	9
1.2	OBJETIVOS.....	10
1.2.1	<b>Objetivo Geral</b> .....	10
1.2.2	<b>Objetivos Específicos</b> .....	10
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	11
2.1	ÁGUA.....	11
2.1.1	Água no mundo.....	11
2.1.2	Água no Brasil.....	11
2.2	RIO APODI-MOSSORÓ.....	13
2.3	POLUENTES AMBIENTAIS.....	14
2.3.1	<b>Alumínio</b> .....	15
2.3.2	<b>Arsênio</b> .....	14
2.3.3	<b>Cádmio</b> .....	16
2.3.4	<b>Chumbo</b> .....	16
2.3.5	<b>Cobalto</b> .....	16
2.3.6	<b>Cromo</b> .....	17
2.3.7	<b>Estanho</b> .....	17
2.3.8	<b>Ferro</b> .....	17
2.3.9	<b>Manganês</b> .....	17
2.3.10	<b>Mercúrio</b> .....	18
2.3.11	<b>Níquel</b> .....	18
2.3.12	<b>Titânio</b> .....	18
2.3.13	<b>Tungstênio</b> .....	18
2.3.14	<b>Zinco</b> .....	19
2.4	LEGISLAÇÃO.....	19
2.5	DOENÇAS OCACIONADAS POR METAIS PESADOS.....	20
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA</b> .....	23
3.1	TIPO DE PESQUISA.....	23

3.2	CATEGORIZAÇÃO E DESENVOLVIMENTO DOS ESTUDOS.....	24
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>28</b>
4.1	PRINCIPAIS METAIS PESADOS ENCONTRADOS NOS ESTUDOS.....	35
4.2	ORIGEM DOS METAIS ENCONTRADOS NA ÁGUA DO RIO APODI- MOSSORÓ.....	39
4.3	PRINCIPAIS DOENÇAS OCACIONADAS EM VIRTUDE DA CONTAMINAÇÃO DAS ÁGUAS DO RIO POR METAIS PESADOS.....	41
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>45</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>47</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A água é um elemento essencial para a vida, constituindo 71% da formação do nosso planeta; porém, apenas uma pequena porção dela é apropriada para o consumo humano. Apenas 3% da água do planeta é doce, entretanto, além da baixa fração desta, 90% está nas geleiras e a pequena porção restante encontra-se nos lagos, rios e lençóis subterrâneos. O Brasil, apesar de privilegiado devido à grande quantidade de depósitos naturais de água doce, possui problemas de escassez hídrica, gerando grande preocupação quanto a disponibilidade dela. Com isso, são utilizadas medidas de restrição, estado de atenção e de alerta quanto ao uso e captação das águas (RIBEIRO; ROLIM, 2017).

Se for levada em consideração a questão da qualidade, a preocupação com a água se torna ainda maior. Estamos enfrentando uma grande crise hídrica, a qual demonstra que continuaremos a ter acesso a este recurso, mas com limitações; este fato acaba gerando a preocupação e, conseqüentemente, a criação de projetos ambientais abordando a temática dos recursos hídricos. A Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, por exemplo, possui 21 projetos com esta temática, os quais buscam promover a proteção das águas subterrâneas do estado, incentivo ao uso racional, fomento a pesquisas, proteção e recuperação, entre outros (BICUDO; TUNDISI; SCHEUENSTUHL, 2010).

De acordo com Escobar e Queiroz (2017), a água é um recurso essencial para a humanidade, mas este recurso tem sofrido bastante com a ação antrópica. Os rios urbanos das grandes metrópoles e cidades de médio porte acabam deixando de exercer sua função de abastecer a população e acabam se tornando o destino dos efluentes.

Os seres humanos, em meio às suas ações, são responsáveis por acréscimos de até 1,16 milhões de toneladas de metais dispostos por ano em ecossistemas terrestres e aquáticos no planeta (NRIAGU; PACYNA, 1988; SALES, 2016).

Um dos agentes poluidores é o agrotóxico, que na agricultura tem o intuito de proteção da lavoura contra pragas, porém acaba gerando o acúmulo de elementos tóxicos e causando a degradação química do solo e das águas.

As atividades industriais e agrícolas se destacam entre as poluidoras. Estas se instalam de modo indiscriminado sobre as áreas próximas ao rio e acabam modificando suas propriedades, devido ao uso de substâncias químicas em altas quantidades. Em virtude disso, o ciclo geoquímico

é alterado e, conseqüentemente, altera-se a qualidade ambiental. A saúde humana e o meio ambiente podem ser afetados de forma bastante significativa devido à presença de elementos considerados metais pesados. Estes elementos são considerados bioacumulativos e agravam a contaminação. Com isto, há uma diminuição considerável da quantidade de água apropriada para a utilização humana (ARAÚJO; PINTO FILHO, 2010).

A eutrofização é outro fator prejudicial, pois é o crescimento excessivo da matéria orgânica em níveis que afetam a qualidade da água, ocasionando problemas como: sabor e odor desagradáveis, toxidez, diminuição do oxigênio dissolvido, entre outros (ANDRADE *et al.*, 2010).

Outra forma de contaminação por metais pesados se deve ao fato da disposição de materiais tóxicos como pilhas, baterias, lâmpadas, componentes eletrônicos, entre outros, em depósitos irregulares a céu aberto, através da lixiviação até os leitos dos rios.

O rio Apodi-Mossoró é o segundo maior em extensão e importância do Estado do Rio Grande do Norte e o maior genuinamente potiguar. Ele nasce na serra de Luiz Gomes e abrange 52 municípios do RN, desde a nascente até a sua foz, localizada entre os municípios de Areia Branca e Grossos. Sua bacia hidrográfica localiza-se na Mesorregião Oeste Potiguar e compreende uma área de 14.276 km<sup>2</sup>, o que representa, aproximadamente, 26,8% do território potiguar, sendo a segunda maior do Estado (PINTO FILHO, 2016).

Estudos realizados nas últimas décadas revelam o sério comprometimento ambiental desse rio na área territorial do município de Mossoró/RN, com altíssimos níveis de poluição, principalmente no perímetro urbano desse município, onde o rio apresenta uma série de danos decorrentes, em sua maioria, de crimes ambientais provocados pela ação antrópica, que comprometem a qualidade de suas águas e torna-se um agente que compromete a qualidade de vida do povo mossoroense (ESCOBAR; QUEIROZ, 2019, p. 27973).

A bacia hidrográfica do Rio Apodi/Mossoró sofre bastante, principalmente com a lixiviação de fertilizantes e pesticidas da atividade agrícola e descarga de efluentes domésticos e industriais lançados na bacia, o que acaba gerando uma maior concentração de metais pesados, além de aumento na carga orgânica e nitratos nos corpos d'água e, conseqüentemente, a degradação do ambiente (SOUZA; SILVA; DIAS, 2012).

Foram encontradas nas águas e nas proximidades do rio Apodi-Mossoró metais pesados como alumínio, bário, zinco, chumbo e cromo. Dentre eles, bário, zinco e chumbo foram detectados acima dos níveis toleráveis para água doce (CASTRO *et al.*, 2010; ESCOBAR; QUEIROZ, 2017).

Os depósitos aluvionares cobrem grande parte da área de estudo e possuem influência direta no processo geológico-geomorfológico do rio Apodi-Mossoró. Estes depósitos são bastantes porosos e sujeitos a processos de assoreamento dos cursos d'água, o que acaba gerando contaminação em áreas superficiais e subterrâneas (SALES, 2016).

Pela importância do tema para a região, visando identificar a qualidade da água do rio Apodi-Mossoró no que se refere, principalmente, a presença de metais pesados e os possíveis problemas ambientais e de saúde, se faz necessário a produção deste trabalho, a fim de compilar os dados obtidos por diferentes autores ao longo dos últimos anos.

Segundo Bicudo, Tundisi e Scheuenstuhl (2010), um dos grandes problemas que a contaminação da água pode trazer ao homem é a transmissão de doenças infecciosas; cerca de 10% da carga global de doenças é devido à má qualidade da água e deficiência na disposição. Dentre as enfermidades, destacam-se as doenças transmitidas por vetores, como a malária, com alto índice de casos na região Amazônica; e a dengue, mais presente nas grandes cidades.

No Brasil, o custo com tratamento de doenças relacionadas à falta de saneamento básico em 2013, segundo Paiva e Souza (2018), foi de R\$ 20.372.559,90 e o número de dias perdidos com as internações foi de 172.722 (dada a permanência média por internação de 3 dias).

Segundo Oliveira e Queiroz (2008) e Bacia (2013), o problema é extremamente grave, principalmente devido ao despejo dos rejeitos líquidos da atividade industrial, da prestação de serviços e efluentes orgânicos domésticos. O fator mais preocupante é a presença, em alta escala, de metais pesados como cádmio, ferro, cromo, chumbo e zinco, lançados no leito do rio por pequenas empresas.

Para a construção desta pesquisa trabalhamos com a hipótese da incidência de metais pesados nas águas do rio Apodi-Mossoró e sobre os danos causados à saúde da população em virtude dessa concentração.

## 1.1 HIPÓTESES

- Hipótese 1: Existe ou não a incidência de metais pesados nas águas do rio Apodi-Mossoró?
- Hipótese 2: Em caso positivo, as concentrações de metais pesados encontradas no rio Apodi-Mossoró geram ou não danos à saúde da população?

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo Geral

- Analisar, a partir da bibliografia consultada, a variação da incidência de metais pesados na água do rio Apodi-Mossoró.

### 1.2.2 Objetivos Específicos

- Verificar o nível de concentração de metais pesados nas águas do rio Apodi-Mossoró;
- Refletir sobre a influência da contaminação por metais pesados nas águas e no meio ambiente;
- Pesquisar a incidência de doenças causadas pela presença de metais pesados nas águas.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 ÁGUA**

#### **2.1.1 Água no mundo**

De acordo com Ribeiro e Rolim (2017), a superfície do nosso planeta é formada por 71% de água em seu estado líquido; por este fato a Terra é considerada o “Planeta Água”. Entretanto, a água apropriada para o consumo humano é a doce e isto representa, apesar da grande quantidade, apenas 3% da água do planeta.

Este recurso é necessário para todos os aspectos da vida e o objetivo geral é garantir a disponibilidade e a qualidade para toda a população mundial, tendo em vista também a preservação das funções hidrológicas, biológicas e químicas do meio ambiente (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2012).

A água não é limitada pelas fronteiras dos países, isto faz com que quase metade da superfície do planeta seja formada por bacias hidrográficas de rios compartilhados por, pelo menos, dois países. O Brasil, por exemplo, compartilha 82 rios com países vizinhos, incluindo as bacias, como a do Amazonas e a do Prata, e sistemas de aquíferos, como o Guarani e Amazonas, o que possibilita a oportunidade de cooperação e bom relacionamento entre os diferentes países (ANA, 2018a).

#### **2.1.2 Água no Brasil**

O Brasil é um país privilegiado quanto ao volume de recursos hídricos, pois possui cerca de 12% da água doce do mundo. Porém, a disponibilidade deste recurso não é uniforme. Aproximadamente 80% da água doce disponível está na bacia Amazônica, que é habitada por menos de 5% da população. Já as regiões próximas ao Oceano Atlântico concentram mais de 45% da população, porém possuem menos de 3% da água doce do país (ANA, 2018b).

Devido a sua importância, a água deve ser prioridade, principalmente nas políticas públicas, de maneira que possa ser garantida a sua conservação e que ela esteja adequada para o uso humano, econômico e ambiental (COSTA, 2018).

De acordo com o relatório sobre o Desenvolvimento de Recursos Hídricos: Água para um Mundo Sustentável, o planeta possui água suficiente para atender a todas as necessidades de consumo de toda a população, porém, para que isto seja equilibrado, é necessária uma rigorosa mudança no uso e no gerenciamento deste recurso. Nas últimas décadas o consumo mundial cresceu mais do que a população e é estimada uma demanda crescente de 55% até o ano de 2050 (DOMINGOS *et al.*, 2015).

A agricultura é o maior consumidor de água no Brasil e no mundo. Estima-se que 69% da água consumida no mundo é utilizada na agricultura, 23% na indústria e 8% para o abastecimento da população. Já no Brasil, as porcentagens são, respectivamente, 68%, 14% e 18% (TUCCI, 2009; BICUDO; TUNDISI; SCHEUENSTUHL, 2010).

De acordo com Escobar e Queiroz (2017), a água é um recurso indispensável para a humanidade, sendo considerada fonte da vida. Entretanto, é o recurso que mais sofre com a ação antrópica. Ao longo do tempo os rios urbanos, tanto das grandes metrópoles como das cidades de médio porte, deixam de realizar a função de abastecimento para se tornarem o destino dos efluentes, se transformando assim em verdadeiras fontes de transmissão de doenças.

A região nordeste é denominada semiárida, possui nove estados e ocupa uma área de 1.219.000 km<sup>2</sup>; é caracterizada pelas chuvas concentradas durante o primeiro semestre do ano, vegetação de caatinga e pelas secas periódicas que geram uma grande dificuldade para produzir e sobreviver (CAMURÇA, 2016).

Segundo a ANA (2018b), a região Hidrográfica Atlântico Nordeste Oriental ocupa 3,4% da área territorial brasileira e abrange seis estados: Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco e Alagoas. Possui uma alta densidade demográfica, aproximadamente 4 vezes maior do que a média nacional, porém é a região hidrográfica com a menor disponibilidade hídrica do país. Grande parte da sua área está localizada na região do Semiárido Brasileiro, apresentando períodos de estiagem prolongada e altas temperaturas durante o ano inteiro.

De acordo com Bicudo, Tundisi e Scheuenstuhl (2010), a disponibilidade e uso da água na região nordeste, principalmente na região semiárida, é uma questão fundamental no que se refere ao seu desenvolvimento. Apesar de haver uma mobilização com o objetivo de criar infraestruturas que possam disponibilizar água para garantir o abastecimento humano e viabilizar a irrigação, esses esforços ainda não são suficientes para resolver a problemática da escassez da água. A ampliação

e fortalecimento de infraestrutura hídrica e uma gestão adequada são elementos primordiais para a solução do problema.

A preservação das bacias hidrográficas se tornou um tema bastante relevante, já que as consequências da falta de conservação das fontes de água podem acarretar a contaminação dela por organismos patogênicos, aumento da concentração de metais pesados, carga orgânica e nitratos nos corpos de água (SOUZA; SILVA; DIAS, 2012).

## 2.2 RIO APODI-MOSSORÓ

O estado do Rio Grande do Norte possui 16 bacias hidrográficas. As bacias do rio Piranhas-Açu e a do rio Apodi-Mossoró são as maiores em dimensão territorial; somente elas drenam uma área de 31.774,750 km<sup>2</sup>, o que representa cerca de 60% da área territorial do estado e demonstra a importância destas duas bacias para o Rio Grande do Norte (ESCOBAR; QUEIROZ, 2017).

A região onde a bacia hidrográfica está localizada é de grande importância econômica para o Rio Grande do Norte, pois nela são realizadas atividades de extração de petróleo, produção de sal marinho, fruticultura, pecuária, mineração de calcário, entre outras atividades. Devido ao clima da região, o rio se torna ainda mais necessário para a realização de atividades agrícolas e pecuárias por famílias e comunidades ribeirinhas (JUSTO; SANTOS; SOUZA, 2016).

Segundo Souza, Silva e Dias (2012), a bacia do rio Apodi-Mossoró é considerada exorréica e encontra-se na microrregião do Oeste Potiguar; ocupa uma área de 12.276 km<sup>2</sup>, aproximadamente 26,8% do território estadual. É a maior bacia hidrográfica genuinamente potiguar, possui cadastrados 618 açudes, totalizando um volume de 469.714.600 km<sup>3</sup> de água.

Nasce na Serra de Imbé, no município de Luiz Gomes, passa pela chapada do Apodi e o município de Mossoró e segue até os municípios de Grossos e Areia Branca (PINTO FILHO, 2016; SALES, 2016). Possui grande importância econômica, pois nela são realizadas atividades de agricultura, fruticultura, pecuária, extração de petróleo, produção de sal marinho, mineração de calcário, entre outras atividades socioeconômicas (CARVALHO *et al.*, 2011; SOUZA *et al.*, 2012). Entretanto, a quantidade de reservatórios, poços e sistemas adutores presentes no país não são suficientes para superar os problemas de abastecimento que existem nas regiões semiáridas (COSTA, 2018).

De acordo com Escobar e Queiroz (2017), além dos problemas referentes a quantidade de água, a bacia tem sido vítima, nas últimas décadas, de vários danos ambientais, provocados pelas ações antrópicas relacionadas às atividades desenvolvidas no seu curso, o que pode comprometer a qualidade das suas águas, em especial, nas áreas urbanas.

### 2.3 POLUENTES AMBIENTAIS

No que se refere à poluição do meio ambiente aquático, os principais problemas são a elevação da temperatura devido à impermeabilidade das superfícies; aumento de sedimentos e materiais sólidos no corpo hídrico, que ocasionam o assoreamento e o transporte de poluentes agregados que afetam na qualidade da água; contaminação de aquíferos; e enchentes em comunidades às margens do rio (TUCCI, 1997; ARAUJO, PINTO FILHO, 2010).

A contaminação dos rios aumenta de acordo com que ele se afasta da nascente. Logo, é perceptível a influência que as cidades causam na qualidade da água do rio, pois acaba sofrendo com a poluição gerada pelo despejo de efluentes domésticos, resíduos industriais, lixo urbano, entre outros. O fator mais preocupante é a presença, em altas concentrações, de metais pesados como o cádmio, ferro, cromo, chumbo e zinco. (ARAUJO; PINTO FILHO, 2010).

Os metais pesados encontrados nas águas e nos sedimentos podem surgir a partir da contribuição da matriz mineral, ocorrendo de forma natural e através de atividades antrópicas. Os principais contribuintes para a contaminação nesta situação são: a queima de carvão mineral e petróleo, utilizados nas indústrias; agrotóxicos e fertilizantes utilizados na agricultura acabam promovendo a liberação de mercúrio, chumbo, cromo, zinco, tálio, níquel, vanádio, cádmio; descarte de lixo urbano e industrial; e mineração. (SANTI; SEVÁ FILHO, 2004; LACERDA *et al.*, 2006; MILANEZ, 2007; SILVA, 2008; SALES, 2016).

Em baixas quantidades, alguns metais pesados são elementos fundamentais para uma vida saudável; porém, em altas concentrações, podem se tornar tóxicos. Normalmente são encontrados em alguns alimentos, especialmente em frutos do mar, frutas e legumes. O arsênio, berílio, cádmio, cromo, chumbo, manganês, mercúrio, níquel e selênio são designados metais pesados devido a sua alta massa atômica e, dentre estes, o chumbo, cádmio e arsênio são os que possuem maior ameaça à saúde humana (LEITE; SILVA; CUNHA, 2015).

Há dois tipos de metais pesados: os essenciais e não essenciais. Os essenciais são fundamentais para o desenvolvimento dos seres humanos e animais e são classificados em macroelementos, como exemplo o cálcio, magnésio, potássio, sódio; e microelementos, como o ferro, zinco, manganês, cobre, cobalto, cromo e estanho (MOURA, 2013). Enquanto os não essenciais, segundo Rocha (2009) e Sales (2016), são considerados agentes tóxicos, podendo ocasionar graves danos à saúde, como alumínio, prata, cádmio, mercúrio e chumbo.

Segundo Leite, Silva e Cunha (2015), algumas das reações causadas por esses metais à saúde humana são: stress oxidativo celular (cádmio, cromo, chumbo, arsênio), lesões neurológicas (chumbo, mercúrio), lesões ao nível do DNA (arsênio, cromo e chumbo) e alterações no metabolismo da glicose (arsênio) ou do cálcio (cádmio, mercúrio). A exposição ambiental e ocupacional pode ter relação com o surgimento de doenças no sistema pulmonar, imunológico, neurológico, renal, endócrino, cardiovascular e reprodutor.

Um estudo realizado por Moraes (2016) concluiu que o pescado e a água do rio Apodi-Mossoró, no trecho da cidade de Mossoró/RN, contêm altos índices de contaminantes em incompatibilidade com a Resolução nº 257/2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. Isto demonstra que é de extrema necessidade o controle de monitoramento nesta área, com o intuito de diminuir os impactos negativos provocados pelo homem (ESCOBAR; QUEIROZ, 2019).

Segundo Sales (2016), quando comparado com avaliações realizadas em 2005, houve um aumento significativo, principalmente nas concentrações de cádmio, cromo e cobre em diferentes pontos ao longo do rio, mas, especialmente, em locais com influência de áreas agrícolas, urbanas, salinas e carcinicultura.

A seguir serão apresentados alguns metais pesados de importância econômica, mas, geralmente, através de ações antrópicas estes podem acarretar danos ao meio ambiente e à saúde de animais e seres humanos.

### **2.3.1 Alumínio**

É abundante no meio ambiente, presente no solo, ar e água. Os principais responsáveis pela distribuição deste elemento no meio ambiente são os processos naturais, como, por exemplo, através da especialização química, fluxos hidrológicos, fatores temporais e espaciais, entre outros. Também pode surgir a partir de fontes antrópicas, devido ao escoamento de atividades mineiras,

emissão atmosférica pelas indústrias e emissão de efluentes domésticos e industriais (MENDES; OLIVEIRA, 2004; ROSALINO, 2011).

### **2.3.2 Arsênio**

É um metal sólido, cristalino e de cor cinza-prateada. Este é utilizado para fusão de metais pesados, em procedimentos de soldagem e confecção de cristais de silício e germânio. No ser humano ocasiona efeitos nos sistemas respiratório, cardiovascular, nervoso e hematopoiético. Além destes, também são observadas reações cancerígenas. (NAIME, 2018)

### **2.3.3 Cádmio**

Este é considerado um metal pesado muito perigoso devido as consequências ocasionadas à saúde humana. Ele é caracterizado por causar danos ao córtex renal, levando à falência renal e hipertensão, arteriosclerose, doenças crônicas em idosos e câncer (TSUTIYA, 1999; CASTRO, 2006; ROCHA, 2009; SALES, 2016).

### **2.3.4 Chumbo**

É um metal altamente prejudicial à saúde, pode afetar todos os órgãos e sistemas do organismo, concentrando-se nos ossos e no sangue. Este é um dos contaminantes mais comuns do ambiente, sendo classificado como um elemento que possui efeitos tóxicos em homens e animais e que não possui nenhuma função fisiológica no organismo (MOREIRA; MOREIRA, 2004; CASTRO, 2006; SALES, 2016). Afeta praticamente todos os órgãos e sistemas do corpo humano. Alguns exemplos de danos causados pela alta concentração destes metais são problemas hepáticos, renais, respiratórios, câncer, danos ao pâncreas e estômago (CASTRO, 2006). Além dos problemas causados nos humanos, há também a problemática do desequilíbrio dos recursos naturais, pois acaba influenciando a composição do solo e o desenvolvimento das plantas. (HENRIQUES, 2005; ARAÚJO; PINTO FILHO, 2010).

### **2.3.5 Cobalto**

É utilizado em diversos produtos de uso industrial e doméstico, destacando-se os catalizadores para processamento de combustíveis, baterias portáteis, pigmentos, pneus e equipamentos para processamento digital (NASCIMENTO, 2019).

### **2.3.6 Cromo**

Possui importância no organismo humano e está ligada ao controle da glicemia e de lipídeos; sua principal função é a intensificação dos efeitos da insulina e, através desta, o metabolismo da glicose, dos aminoácidos e lipídios. Apesar da importância deste elemento, sua presença em grandes quantidades na água, solo ou ar é prejudicial ao meio ambiente e seres vivos, podendo causar diversas doenças como, por exemplo, o câncer (CURCHO, 2009; SALES, 2016).

### **2.3.7 Estanho**

É um metal esbranquiçado, levemente azulado; foi um dos primeiros metais a serem utilizados pelo homem, devido ao poder que ele tem de endurecer o cobre, gerando, através da sua união, o bronze. Esta liga é utilizada há mais de cinco mil anos na produção de armas e utensílios (DIAS; CHAVES; CARDOSO, 2018).

### **2.3.8 Ferro**

Este elemento, quando encontrado através de origem natural, é proveniente da dissolução de minerais, contendo cálcio e magnésio em águas naturais, superficiais e subterrâneas. Quando presente nas águas estas apresentam cor elevada e turbidez baixa; em quantidades elevadas pode provocar contaminação da água (VON SPERLING, 2005; PINTO FILHO, 2016).

### **2.3.9 Manganês**

Possui cor cinza semelhante ao ferro, mas o manganês é mais duro e quebradiço, sendo utilizado na produção de pilhas secas, ligas não ferrosas com cobre e níquel, esmalte porcelanizado, fertilizantes, fungicidas, rações, produtos farmacêuticos, entre outros. A principal via de introdução

nos seres humanos e animais se dá através do trato respiratório, observando-se sintomas, principalmente, no sistema nervoso (NAIME, 2018).

### **2.3.10 Mercúrio**

Possui diversos usos industriais, como a fabricação de cloro e lâmpadas fluorescentes e, em menores quantidades, é utilizado em termômetros, termostatos, corantes, pilhas e baterias. Este possui grande potencial tóxico dentre os metais pesados, devido a sua capacidade de bioacumulação nos organismos e biomagnificação ao longo da cadeia trófica, o que gera muita preocupação ambiental (DAMAS; BERTOLDO; COSTA, 2014).

### **2.3.11 Níquel**

O níquel é gerado naturalmente através da dissolução de minerais de algumas rochas. A principal contaminação gerada ao meio ambiente se dá através da queima de combustíveis fósseis, mas também está relacionada aos processos de mineração e fundição do metal, fusão e modelagem de ligas, produção de alimentos, entre outros (SOUZA *et al.*, 2010). Este elemento encontrado em águas superficiais naturais pode chegar até aproximadamente 0,1 mg/L, enquanto em áreas de mineração pode ser encontrado com concentrações de mais de 11,0 mg/L (COSTA, 2018).

### **2.3.12 Titânio**

É bastante utilizado em diversas áreas, como a aeroespacial, automotiva, química e petroquímica (RACK; QAZ, 2006; SIBUM, 2003; WANG, 1996). Possui diversas aplicações devido às suas propriedades, em especial a resistência mecânica elevada. O titânio e suas ligas são apontados como os mais indicados para aplicações médicas (SZESZ, 2010).

### **2.3.13 Tungstênio**

O tungstênio possui uma vasta aplicabilidade na área de transporte de equipamentos nucleares. Devido às suas boas propriedades mecânicas, alto ponto de fusão e excelente seção de choque com nêutrons térmicos, é utilizado para blindar a radiação de alta energia. O nióbio, cromo,

cobre, ferro, níquel, cobalto, estanho, titânio e tântalo são alguns dos principais elementos de liga inseridos ao tungstênio e são os responsáveis pela mudança das propriedades físicas e químicas do instrumento (SOUZA, 2018).

### 2.3.14 Zinco

O zinco é utilizado desde os tempos antigos para curar feridas e queimaduras; este é um elemento que pode ser encontrado no ar, solo, água e está espontaneamente nos alimentos (AZEVEDO; CHASIN, 2003; SALES, 2016). É um metal pesado essencial para plantas, microrganismos e animais. Para o ser humano somente uma pequena parte do zinco ingerido é absorvido; as demais são eliminadas do corpo. Este elemento não é considerado tóxico para aves e mamíferos, pois possuem uma alta tolerância a este metal (MELO; MELO; MELO, 2015; SALES, 2016).

## 2.4 LEGISLAÇÃO

A Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) 357/2005 classifica os corpos de água de acordo com suas características; também estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, além de determinar os limites máximos permitidos de concentração de metais pesados em água doce.

A seguir apresenta-se tabela com os valores máximos permitidos na classe 3, a mais tolerável em relação aos valores máximos, de águas doces.

Tabela 1 - Valores máximos permitidos dos metais pesados em água doce

<b>METAIS PESADOS</b>	<b>VALORES MÁXIMOS</b>
<b>Alumínio dissolvido</b>	0,2 mg/L Al
<b>Arsênio total</b>	0,033 mg/L As
<b>Cádmio total</b>	0,01 mg/L Cd
<b>Chumbo total</b>	0,033 mg/L Pb
<b>Cobalto total</b>	0,2 mg/L Co
<b>Cromo total</b>	0,05 mg/L Cr

<b>Ferro dissolvido</b>	5,0 mg/L Fe
<b>Manganês total</b>	0,5 mg/L Mn
<b>Mercúrio total</b>	0,002 mg/L Hg
<b>Níquel total</b>	0,025 mg/L Ni
<b>Zinco total</b>	5 mg/L Zn

Fonte: CONAMA 357/2005 – Adaptada (2005).

## 2.5 DOENÇAS OCASIONADAS POR METAIS PESADOS

De acordo com Leite, Silva e Cunha (2015), os metais pesados são contaminantes ambientais com características tóxicas e ecotóxicas para os humanos e para o meio ambiente. Com o aumento gradativo da poluição gerada através da industrialização, os seres humanos estão expostos a estes poluentes através da inalação de ar, exposição a resíduos industriais e ao solo, consumo de água e de alimentos contaminados. Pode ser observada no quadro abaixo a descrição de alguns metais pesados, suas fontes e os efeitos que podem causar aos seres humanos e ao meio ambiente.

Quadro 1- Metais pesados: Ocorrência e efeitos

METAL	FONTES/OCORRÊNCIA	EFEITOS EM HUMANOS E NA BIOTA
<p><b>Cádmio</b></p> <p><b>Número atômico: 48</b></p> <p><b>Densidade: 8,7 g.cm-3 a 20°C</b></p>	<p>Está presente em águas doces em concentrações traço, geralmente inferiores a 1 mg/L. Pode ser liberado para o ambiente através da queima de combustíveis fósseis; também é utilizado na produção de pigmentos, baterias, soldas, equipamentos eletrônicos, lubrificantes, acessórios fotográficos, praguicidas etc. É um subproduto da mineração do zinco.</p>	<p>O elemento e seus compostos são considerados potencialmente carcinogênicos e podem ser fatores para vários processos patológicos no homem, incluindo disfunção renal, hipertensão, arteriosclerose, doenças crônicas em idosos e câncer. O cádmio possui uma grande mobilidade em ambientes aquáticos; é bioacumulativo, isto é, acumula-se em organismos aquáticos podendo assim entrar na cadeia alimentar; é persistente no ambiente.</p>
<p><b>Chumbo</b></p> <p><b>Número atômico: 82</b></p> <p><b>Densidade: 11,34 g.cm-3 a 20°C</b></p>	<p>A queima de combustíveis fósseis é uma das principais fontes, além da sua utilização como aditivo anti-impacto na gasolina.</p>	<p>O chumbo é uma substância tóxica cumulativa. Uma intoxicação crônica por este metal pode levar ao saturnismo, que ocorre, na maioria das vezes, em trabalhadores expostos ocupacionalmente. Outros sintomas de uma exposição crônica ao chumbo, quando o efeito ocorre no sistema nervoso central, são: tontura, irritabilidade, dor de cabeça, perda de memória, entre outros. Quando o efeito ocorre no sistema periférico, o sintoma é a deficiência dos músculos extensores. Este metal afeta praticamente todos os órgãos e sistemas do corpo humano, acumulando-se nos ossos (cerca de 90%) e no sangue, podendo atravessar a barreira placentária.</p>
<p><b>Cromo</b></p> <p><b>Número atômico: 24</b></p> <p><b>Densidade: 7,19 g.cm-3 a 20°C</b></p>	<p>O cromo é utilizado em ligas metálicas e em pigmentos para pinturas, cimento, papel, borracha e galvanoplastias, onde a cromação é um dos revestimentos de peças mais comuns. Outra fonte são os efluentes de curtumes e de circulação de águas de refrigeração, onde é utilizado para o controle da corrosão.</p>	<p>EFEITOS EM HUMANOS E NA BIOTA: A exposição humana e de outros organismos pode se dar através da ingestão pelo ar, pelos alimentos, pela água e pelo contato com a pele. O cromo hexavalente é o mais perigoso para a saúde humana, podendo causar alergias, dores e úlceras estomacais, problemas respiratórios, enfraquecimento do sistema imunológico, danos aos rins e fígado, alterações genéticas, câncer de pulmão e morte. O cromo acumula-se com frequência em organismos aquáticos, tornando perigosa a ingestão de peixes que tenham sido expostos a altos níveis do elemento. Do ponto de vista ambiental, as plantas contêm sistemas que impedem que a entrada de cromo em seus tecidos seja alta, mas quando a concentração desse</p>

		elemento aumenta no solo, pode haver uma elevação de concentração nos vegetais. A acidificação do solo pode também influenciar a absorção de cromo pelas plantas.
<p><b>Ferro</b></p> <p><b>Número atômico: 26</b></p> <p><b>Densidade: 7,8 g.cm-3 a 20°C</b></p>	Encontrado na carne, em produtos naturais, batatas e vegetais. Elemento essencial da hemoglobina.	Pode causar conjuntivite, coroidite e retinite. Inalação crônica e excessiva de vapores de ferro pode causar siderose (pneumoconiose benigna). Inalação de óxidos de ferro concentrados pode aumentar o risco de câncer de pulmão. Ferro(III)-O-arsenito, pentahidrato pode causar danos ambientais (a plantas, ar e água), sendo persistente no ambiente.
<p><b>Zinco</b></p> <p><b>Número atômico: 30</b></p> <p><b>Densidade: 7,11 g.cm-3 a 20°C</b></p>	Substância muito comum, ocorrendo em água potável, no ar, no solo e em muitos alimentos. Efluentes de indústrias (mineração, combustão do carvão e de lixo e siderurgia) ou lixo tóxico podem acarretar aumento na água potável, levando a problemas de saúde. Zinco solúvel em solos pode contaminar águas subterrâneas.	Elemento traço essencial à saúde humana. Ingestão insuficiente de zinco pode causar perda de apetite, do paladar e do olfato, dificuldades de cicatrização de ferimentos e problemas de pele e até defeitos fetais. Zinco em excesso pode causar dores de estômago, irritações de pele, vômitos, náusea, anemia, danos ao pâncreas, distúrbios no metabolismo de proteínas e arteriosclerose. Exposição prolongada ao cloreto de zinco pode causar desordens respiratórias. Exposição ocupacional pode causar a “febre do metal”. Atravessa a barreira placentária, podendo causar problemas ao feto e no recém-nascido, através do leite materno contaminado. Pode aumentar a acidez das águas. Pode se acumular em peixes, podendo se bioacumular e se magnificar na teia alimentar. Solos contaminados em fazendas podem ser ameaça tanto para o gado quanto para plantas. Plantas freqüentemente absorvem teores de zinco maiores do que com os quais são capazes de lidar; assim, poucas espécies sobrevivem em solos contaminados por zinco. Afeta a atividade de microorganismos e de minhocas.

Fonte: Castro (2006, p. 25).

A ocorrência de doenças infecciosas relacionadas à má qualidade da água utilizada por parte significativa da população do semiárido, especialmente na zona rural, e o precário tratamento dos efluentes, refletem nos indicadores de mortalidade infantil (BICUDO; TUNDISI; SCHEUENSTUHL, 2010).

As doenças relacionadas com a qualidade das águas são agrupadas em cinco categorias gerais: transmitidas pela água, controlada pela limpeza da água, associada à água, vetores de doenças relacionadas com água e doenças associadas ao destino de dejetos (SAUNDERS; WARFORD, 1983; PINTO FILHO, 2016).

Tabela 2 - Grupo de doenças relacionadas a qualidade da água

Grupo de Doenças	Doença	Via de saída do corpo humano	Via de entrada do corpo humano
Transmitidas pela Água	Cólera	F	O
	Febre Tifoide	F	O
	Leptospirose	F	P O
	Giardíase	F	O
	Amebíase	F	O
	Hepatite Infecciosa B	F	O
Controladas pela limpeza de água	Escabiose	C	C
	Disenteria Bacilar	F	O
	Salmonelose	F	O
	Diarreias por Antivírus	F	O
	Febre para Tifoide	F	O
	Ascaridíase	F	O
Associadas à água	Esquistossomose Urinária	U	P
	Esquistossomose Retal	F	P
	Drancunculose	C	O
Vetores de doenças relacionados com água	Febre Amarela	B	B
	Dengue	B	B
	Malária	B	B
Doenças associadas ao destino de dejetos	Necatoriose	F	P
	Clonorquíase	F	P
	Difilobotríase	F	P

Legenda: U = urina; F = fezes; O = oral; P = percutâneo; C = cutâneo; B = picada de mosquito;

Fonte: Saunders e Warford (1983); Pinto Filho (2016).

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 TIPO DE PESQUISA

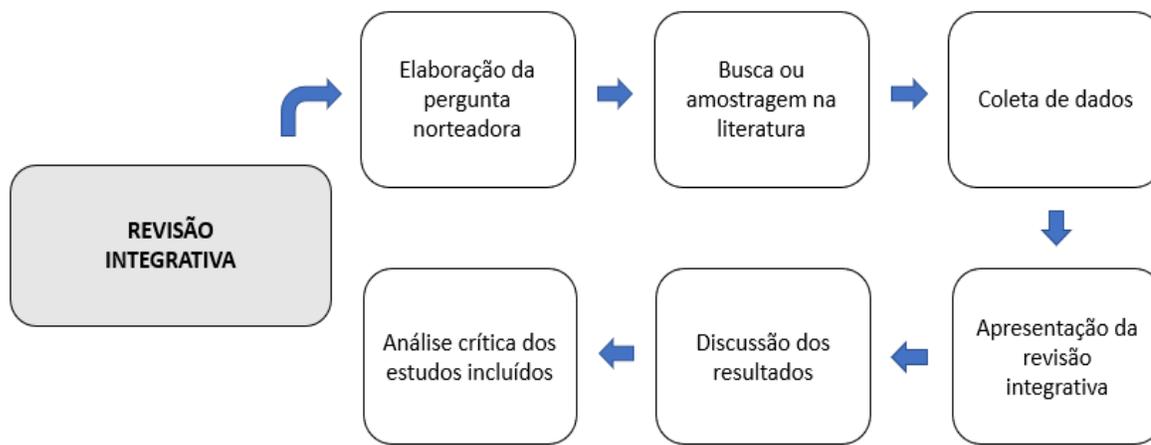
A construção deste trabalho se deu por meio de Revisão Integrativa (R.I.), a partir de pesquisa bibliográfica em artigos publicados em revistas científicas, dissertações, teses e sites conceituados sobre o assunto. Optou-se pela R.I. por entender-se que ela possibilita a realização de uma síntese dos conhecimentos adquiridos, permitindo uma compreensão mais completa da realidade que se pretende analisar. Dessa forma: “A revisão integrativa determina o conhecimento atual sobre uma temática específica, já que é conduzida de modo a identificar, analisar e sintetizar resultados de estudos independentes sobre o mesmo assunto [...]” (SOUZA; SILVA; CARVALHO, 2010, s.p.).

Devido à definição da temática desta pesquisa, qual seja, a incidência de metais pesados no rio Apodi-Mossoró e os danos causados à saúde da população, a revisão integrativa apresentou-se como metodologia mais adequada para o desenvolvimento do estudo, uma vez que esta possibilita a combinação de dados correspondentes tanto à literatura teórica quanto empírica, conforme afirmam Souza, Silva e Carvalho (2010).

Entende-se que o estudo do referido tema tem grande relevância para a sociedade, em todos os âmbitos da vida, uma vez que é abordado por inúmeras áreas de atuação e campos de conhecimento, dentre eles Agronomia, Geografia, Engenharia Ambiental e Saúde Pública. Isso se deve ao fato de que a incidência de metais pesados nas bacias hidrográficas, bem como nos solos, pode ocasionar, principalmente, uma grande degradação da natureza e, conseqüentemente, prejuízos a saúde da população e às atividades econômicas.

Assim, na Figura I descreve-se as etapas necessárias a construção de uma revisão integrativa.

Figura 1 – Etapas da Revisão Integrativa



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

### 3.2 CATEGORIZAÇÃO E DESENVOLVIMENTO DOS ESTUDOS

Seguindo as etapas descritas acima, definiram-se as hipóteses e a temática, de forma que, enquanto pergunta norteadora desta pesquisa, delimitou-se: Há incidência de metais pesados no rio Apodi-Mossoró? Caso exista, as concentrações encontradas são prejudiciais à saúde? Além disso, buscou-se também, identificar quais as doenças podem ser ocasionadas em decorrência da contaminação das águas do rio Apodi-Mossoró por metais pesados.

Com a formulação da questão de pesquisa, utilizou-se a internet como importante ferramenta para a seleção dos estudos, que passaram por uma avaliação crítica fundamental. Posteriormente fez-se o processo de coleta de dados a partir de bases de dados pré-definidas.

Referente à busca dos arquivos, o que compreende a coleta de dados, esta foi realizada nas bases de dados *Scielo* e Google Acadêmico. Foram selecionados estudos realizados entre os anos de 2009 e 2019, utilizando-se os seguintes descritores: “Metais Pesados”, “Rio Apodi-Mossoró” e “Água”. Os critérios de inclusão utilizados no momento da busca pelos artigos foram: produções científicas disponíveis em textos completos sobre a temática da incidência de metais pesados nas águas do rio Apodi-Mossoró, produções científicas disponíveis em forma de artigo original e disponibilizadas gratuitamente. Foram excluídos no momento da busca todos os artigos que não atendiam aos critérios anteriormente listados.

Após a coleta de dados, realizou-se a seleção dos estudos primários, de acordo com as questões e critérios de inclusão definidos; delimitou-se as informações extraídas dos estudos selecionados para a análise e depois foi feita a síntese dos artigos que atenderam aos critérios.

A diante são apresentados os dados obtidos através da realização dos passos descritos. De início, ao ser realizada a busca na base de dados *SCIELO*, obteve-se o seguinte cenário:

Quadro 2 – Busca na base de dados *SCIELO*

<b>BASE DE DADOS</b>	<b>DESCRITORES</b>	<b>RESULTADOS</b>
<i>Scielo</i>	Água	5 124
	Metais Pesados	<b>142</b>
	Rio Apodi-Mossoró	7
	Água + Metais Pesados + Rio Apodi-Mossoró	0

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Pode-se observar que, dentro dos descritores estabelecidos para esta pesquisa, a base de dados *Scielo* não apresentou **nenhum**<sup>1</sup> artigo que pudesse ser utilizado como fonte, uma vez que, no cruzamento dos descritores, não encontramos nenhum artigo que fizesse a articulação deles. Com relação à base de dados Google Acadêmico, obteve-se:

Quadro 3 - Busca na base de dados Google Acadêmico

<b>BASE DE DADOS</b>	<b>DESCRITORES</b>	<b>RESULTADOS</b>
Google Acadêmico	Água	440.000
	Metais Pesados	17.700
	Rio Apodi-Mossoró	1.270
	Água + Metais Pesados + Rio Apodi-Mossoró	193

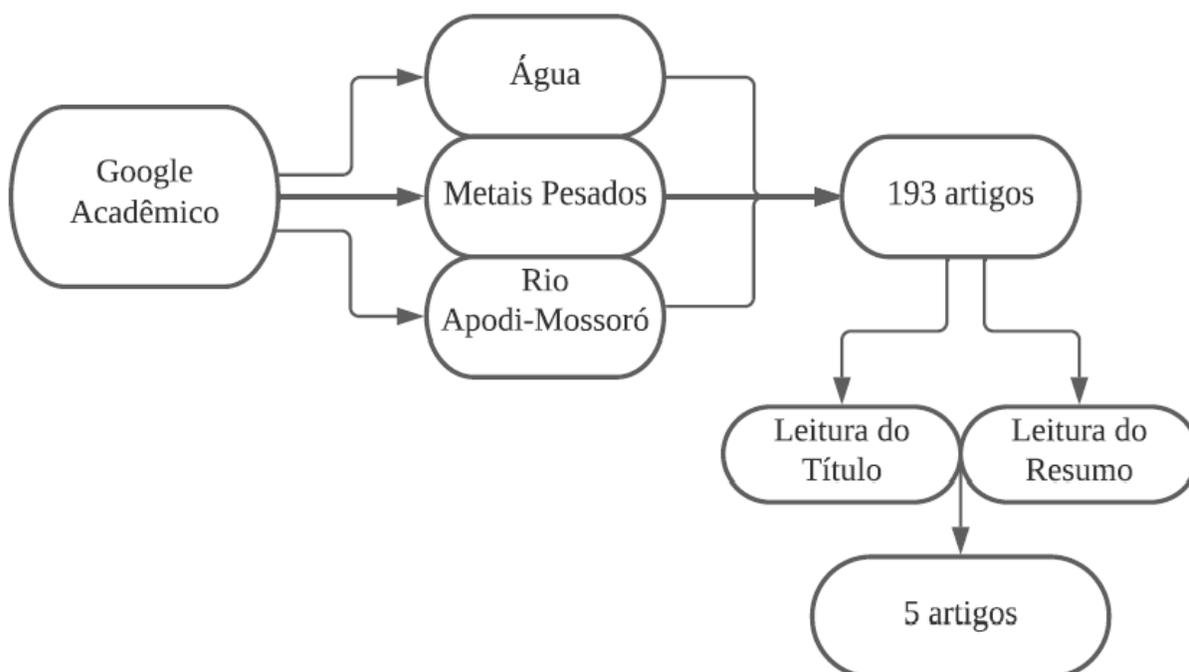
Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Diante do exposto no Quadro acima, fica nítido que a base de dados Google Acadêmico apresenta um número muito superior no que se refere à disponibilidade de publicações acessíveis, apresentando um universo de 193 publicações que respondem aos descritores “água”, “metais pesados” e “Rio Apodi-Mossoró”.

<sup>1</sup> As palavras em negrito indicam grifo do autor.

A partir da quantidade de 193 publicações, foi feita a análise destas por meio de dois critérios: leitura do título e do resumo das obras encontradas. Durante esse processo foram identificadas aquelas que não se encaixavam com a temática estudada, as quais se referiam, fundamentalmente: ao estudo do solo; à contaminação da água por metais pesados, não sendo referido ao rio Apodi-Mossoró; e/ou às questões de preservação ambiental das águas dos rios em geral. Nesse sentido, foram excluídos da presente pesquisa 188 publicações que não traziam discussão diretamente relacionada à questão da contaminação das águas do rio Apodi-Mossoró por metais pesados, conforme o organograma da Figura 2.

Figura 2 – Organograma do processo de seleção dos estudos



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Assim, chegou-se ao número de 5 publicações, o que representa uma média de 3% do número total de 193 artigos com os descritores “água”, “metais pesados” e “Rio Apodi-Mossoró”.

Posterior à definição dos trabalhos que mais se aproximavam da temática referida nessa pesquisa, buscou-se identificar quais as informações seriam mais relevantes para serem abordadas. Nesse sentido, elaborou-se dois quadros contendo as seguintes informações: o primeiro com informações relativas a título, autoria, ano de publicação e local de publicação; e o segundo contendo informações sobre os objetivos, a amostra estudada, o método de análise e os resultados

obtidos pelos autores. Considerou-se importante a elaboração desses instrumentos, uma vez que, em consequência disso foi possível ter um panorama da similaridade entre os estudos, bem como das informações nas quais há discordância.

Em seguida, fez-se, através de análise crítica, uma discussão sobre os principais metais encontrados nos estudos e sobre o tipo de atividade a qual os autores atribuem a presença dos metais pesados na bacia do Rio Apodi-Mossoró, comparando todos os estudos e apresentando quais são os metais encontrados e em que quantidade são encontrados.

Posteriormente realizou-se, também, a discussão sobre quais as doenças que podem ser ocasionadas nos seres humanos em decorrência da contaminação da água, embora apenas 1 dos estudos selecionados tenha se debruçado em discutir tal questão. Diante desse fato, fez-se o esforço de buscar em outras obras um aprofundamento para tal elemento, entendendo que, enquanto profissional da saúde, o farmacêutico deve estar a par dessas discussões.

Na sequência, são apresentadas algumas sugestões para que haja maior preocupação com a temática da contaminação da água por metais pesados, buscando fomentar tanto um maior interesse de docentes e discentes de várias áreas de conhecimento, quanto uma maior responsabilidade das gestões em produzir estudos, planejar ações e fomentar a interdisciplinaridade.

Por fim, tem-se as considerações finais, onde é feita uma discussão geral do trabalho e dos resultados encontrados, de forma a apresentar uma visão de totalidade.

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Faz-se necessário pontuar que, devido à especificidade da temática referida, foram encontrados poucos artigos, dentro do universo definido, que se encaixassem totalmente com o objetivo proposto, mesmo assim acredita-se que esse trabalho tem muito a contribuir com a região no qual está situado Rio Apodi/Mossoró. Foi despendido o devido esforço para que fossem filtrados os artigos mais relevantes ao tema, como é indicado no decorrer do texto a seguir.

O estudo sobre a incidência de metais pesados nas águas dos rios tem sido recorrente nos últimos anos. De acordo com a amostra encontrada relativa à temática da incidência de metais pesados no Rio Apodi-Mossoró, entre os anos de 2009 e 2019, foram obtidas 5 publicações, sendo uma do ano de 2010; uma de 2012; uma publicada em 2016; e duas em 2018.

Os autores ligam-se às mais diversas áreas de conhecimento, dentre elas Engenharia de Pesca; Engenharia Agrônoma; Ciência e Tecnologia; Engenharia Ambiental e Sanitária; Gestão Ambiental; Geografia; Agronomia; Engenharia Agrícola Ambiental; e Engenharia Agrícola. Um fato de extrema relevância a ser observado é que, dentre as áreas a que se ligam os autores dos estudos elencados, nenhuma delas tem ligação com a saúde, o que corrobora com alguns resultados apresentados mais a frente.

Três publicações foram encontradas em revistas nacionais e duas estão disponíveis no Repositório Institucional da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA). No que tange à classificação das revistas, pode-se informar que a Revista IRRIGA é qualificada com Qualis B2, o que a torna uma das mais conceituadas no âmbito das Ciências Agrárias no país. Já a Revista Sociedade & Natureza possui Qualis A1, ocupando lugar de referência na área de Geografia. Por sua vez, a Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável tem Qualis B3. Esta última, particularmente, congrega publicações em diversas áreas, tendo, cada uma delas, um Qualis específico.

O Qualis é o sistema de avaliação de periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), que indica a credibilidade de um periódico de acordo com sua área (DOITY, 2020). No caso da Revista Sociedade & Natureza, que possui Qualis A1, esta recebe, desde 2014, apoio financeiro tanto do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), quanto da CAPES, destinado a auxiliar nas atividades relacionadas à editoração.

Com relação ao Repositório Institucional da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), embora este não seja avaliado enquanto periódico, ele está indexado na plataforma Google Acadêmico, o que permite que os estudos depositados no mesmo caibam também como base de dados para nossa pesquisa, o que facilita e contribui para a realização de trabalhos específicos relacionados a região em estudo. De forma complementar também é importante destacar que, em vista da especificidade do estudo, o repositório traz maior possibilidade de encontrar-se estudos particulares referentes à temática, além de possibilitar que seja observado se há um interesse da comunidade acadêmica, tanto relacionada ao corpo discente e/ou docente da região do semiárido em discuti-la.

No que tange à metodologia, 2 estudos (II e III) são construídos por meio de metodologia qualitativa e os outros 3 (I, IV e V) se deram por metodologia qualitativa e quantitativa. Em relação ao que está em destaque nas publicações, tem-se uma prevalência de estudos que trabalham a relação entre a poluição e consequente contaminação por metais pesados no Rio Apodi-Mossoró, bem como sobre a gestão dos recursos hídricos da bacia do Rio Apodi-Mossoró.

O Quadro 4 sintetiza as informações sobre os artigos que serão utilizados na discussão desse trabalho. As informações contidas nele são: título, autoria, ano de publicação e local de publicação.

Quadro 4 – Publicações selecionadas para análise dos dados

Nº	TÍTULO	AUTORIA	ANO DE PUBLICAÇÃO	LOCAL DE PUBLICAÇÃO
I	Identificação de fontes poluidoras de metais pesados nos solos da Bacia Hidrográfica do Rio Apodi-Mossoró/RN, na área urbana de Mossoró-RN	João Batista dos Santos Araújo e Jorge Luis de Oliveira Pinto Filho	2010	Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável
II	Gestão de recursos hídricos: o caso da Bacia Hidrográfica Apodi/Mossoró (RN)	Ana Cláudia Medeiros Souza; Márcia Regina Farias da Silva; Nildo da Silva Dias	2012	Revista IRRIGA
III	Caracterização higiênico-sanitária e socioambiental da pesca artesanal do Rio Apodi-Mossoró, RN	Jefferson Alves de Moraes	2016	Repositório da Universidade Federal Rural do Semi-Árido / UFERSA
IV	Caracterização do processo de poluição dos sedimentos do rio Apodi-Mossoró no trecho urbano de Mossoró-RN	Joel Medeiros Bezerra; Rafael Oliveira Batista; Paulo Cesar Moura da Silva	2018	Revista Sociedade & Natureza
V	Diagnóstico do saneamento básico em Governador Dixsept Rosado-RN e os impactos no rio Apodi-Mossoró	Johnatan Jefferson da Silva, Luis César de Aquino Lemos Filho e Rafael Oliveira Batista	2018	Repositório da Universidade Federal Rural do Semi-Árido / UFERSA

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Após a identificação das publicações que mais estão adequadas a temática de estudo em questão nesta pesquisa, fez-se necessário destacar quais são as informações a serem extraídas. Diante disso, elaborou-se uma ferramenta onde são expostos os seguintes elementos: objetivos, amostras utilizadas, métodos e resultados encontrados, como é exposto no Quadro 5.

Quadro 5 – Síntese dos artigos selecionados

Nº	OBJETIVOS	AMOSTRA ESTUDADA	MÉTODO DE ANÁLISE	RESULTADOS
I	Identificar as possíveis fontes de poluição por metais pesados nos solos da bacia hidrográfica do Rio Apodi-Mossoró/RN, na área urbana de Mossoró-RN, bem como apontar as principais consequências para esses ambientes.	Respostas de questionários aplicados nas empresas potencialmente poluidoras localizadas às margens do rio	Pesquisa bibliográfica, aplicação de questionários e visitas	Constatou-se que as principais fontes de poluição ambiental dos solos da bacia hidrográfica do Rio Apodi-Mossoró/RN, na área urbana de Mossoró-RN está relacionada ao despejo dos efluentes domésticos; que as indústrias pesquisadas produzem algum tipo de resíduos considerados potencialmente poluidores por metais pesados; e que as indústrias não possuem práticas ambientais adequadas para remediar a poluição por metais pesados, além de restringem a responsabilidade para o poder público na promoção dos tratamentos com meio ambiente, principalmente no tocante ao tratamento de efluentes líquidos.

<b>II</b>	Discutir a temática da falta de preservação das bacias hidrográficas, em especial o caso do Rio Apodi-Mossoró, apontando a necessidade de criação de um Comitê de Bacia para o referido rio	Dados coletados em artigos publicados anteriormente	Pesquisa bibliográfica	Notou-se a necessidade de promover uma gestão integrada, com vista ao uso sustentável dos recursos hídricos.  Além disso, existe a consolidação do comitê da referida bacia poderá indicar caminhos mais viáveis para o uso e o manejo da água, a exemplo de outros comitês de bacias já consolidados no país
<b>III</b>	Avaliar a qualidade do pescado explorado pela colônia Z-55 em função da poluição das águas do Rio Apodi-Mossoró, RN	Coleta de amostras em 6 pontos distintos da área urbana do Rio Apodi-Mossoró	Metodologia de MacFaddin	Concluiu-se que pescadores artesanais pertencentes à colônia Z-55 apresentam uma percepção do rio Apodi-Mossoró como poluído e que tem a necessidade de apoio por órgãos governamentais para a melhoria da atividade
<b>IV</b>	Caracterizar e identificar os fatores determinantes sobre o processo de poluição dos sedimentos do	30 amostras de água coletadas ao longo do rio Apodi-Mossoró, no trecho urbano-rural de Mossoró	Espectrometria por absorção atômica no plasma	Constatou-se que a distribuição das concentrações dos parâmetros geoquímicos nos sedimentos do rio Apodi-Mossoró, foram fortemente influenciados pelas características dos locais de coleta e pela

	leito do rio Apodi-Mossoró no trecho urbano de Mossoró-RN			antropocidade. Agrupou-se os pontos amostrados em 4 grupos representativos quanto as características de amostragem, identificando possíveis locais com alterações propiciadas pela ação antrópica
V	Realizar um diagnóstico atual da situação do saneamento básico do município de Governador Dix-Sept Rosado, para mensurar a satisfação da população quanto ao tema e analisar a influência do saneamento básico do município na qualidade da água do rio Apodi-Mossoró, mostrando os níveis de alguns indicadores físico-químicos de qualidade	Amostras de água do rio Apodi-Mossoró no trecho urbano de Dix-Sept Rosado (À montante do município, quase de saída para a cidade vizinha (Caraúbas-RN) e distando cerca 650m para o centro da cidade e à jusante do município e depois do chamado “rio da ponte”. Aproximadamente, distando cerca de 1,3Km para o centro da cidade e	Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (Método padrão para o exame de água e esgoto)	Ficou demonstrado que o município não apresenta um saneamento básico adequado às condições da cidade, conforme o ponto de vista da população. Também mostrou que, embora não apresente alterações significativas nos seus parâmetros físico-químicos de qualidade da água, ocorreu um acréscimo significativo de contaminação microbiológica do corpo hídrico ao atravessar a área urbana do município, indicando o lançamento de efluentes com altas cargas orgânicas no rio. Pode-se concluir que Governador Dix-Sept Rosado apresenta um déficit de saneamento básico, que traz sérios impactos sociais e ambientais ao município

	da água no trecho urbano do município	aplicação de 66 questionários de 9 perguntas com moradores do município		
--	---------------------------------------	---	--	--

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Para que ficasse visível a linearidade existente entre os estudos selecionados e a temática referida, no parágrafo a seguir faz-se uma síntese geral dos artigos usados na revisão integrativa.

Cabe destacar, em específico, os artigos enumerados II e III não trazem análise direta e/ou focada na contaminação por metais pesados no Rio Apodi-Mossoró; não dão centralidade a esta temática. Entretanto, considerou-se importante trabalhar com essas produções em virtude de elas relacionarem: a importância de uma boa gestão dos recursos hídricos (II); e a contaminação do pescado das águas do Rio Apodi-Mossoró, o que tem relação direta com a poluição por metais pesados oriundos de ação antrópica (III).

Os demais artigos fazem citação ou fazem análise da contaminação dos metais pesados na bacia do Rio Apodi-Mossoró, compreendendo: a análise da condição de contaminação das águas do Rio Apodi-Mossoró no trecho urbano da cidade de Mossoró, a partir de pesquisa bibliográfica e documental (I); a identificação das fontes de poluição por metais pesados nos solos da bacia do Rio Apodi-Mossoró, o que indica que, se os solos são contaminados, as águas também são (IV); e o diagnóstico da situação do saneamento básico na cidade de Governador Dix-Sept Rosado, partindo da análise de amostras de água em pontos distintos do município (V).

A partir dos dados apresentados pelo Quadro 5, pretende-se demonstrar de forma mais específica nos tópicos a seguir, através de análise crítica e objetiva, a caracterização da contaminação do rio Apodi-Mossoró por metais pesados.

#### 4.1 PRINCIPAIS METAIS PESADOS ENCONTRADOS NOS ESTUDOS

Nesse tópico apresenta-se a discussão sobre a contaminação por metais pesados da bacia do Rio Apodi-Mossoró, com centralidade para os estudos elencados e enumerados como I, IV e V, respectivamente.

Embora se trate de uma revisão bibliográfica, Araújo e Filho (2010)<sup>2</sup>, citando os estudos de outros autores, fazem um breve apanhado sobre a presença de metais pesados no Rio Apodi-Mossoró, destacadamente no perímetro urbano da cidade de Mossoró. Nesse sentido, os autores informam que a contaminação do rio é maior à medida que fica mais próximo da área urbana, em virtude, principalmente, dos esgotos, resíduos das indústrias e do alto volume de lixo urbano (MARTINS *et al.*, 2005 *apud* ARAÚJO; FILHO, 2010).

---

<sup>2</sup> Artigo enumerado I de acordo com o Quadro 4.

Afirmam também que há uma maior presença de alguns metais pesados, sendo eles: ferro, cromo, chumbo, zinco e cádmio, oriundos do despejo de pequenas empresas (OLIVEIRA; QUEIROZ, 2008 *apud* ARAÚJO; FILHO, 2010). Sobre a concentração de metais pesados nas águas do Rio Apodi-Mossoró, os autores apresentam que:

De acordo com os estudos preliminares de Oliveira e Queiroz (2008) sobre a qualidade de suas águas, os valores encontrados dos metais como o Cromo, o Cádmio e o Cobre chegam a 168,2; 8,4 e 16,2 mg/kg de sedimento, respectivamente. Essa quantidade de metais pesados é devido à implantação de empresas específicas que causam a ocorrência desses metais em concentrações elevadas. Conforme Araújo, Santos, Araújo, (2007) as concentrações mais elevadas são as de chumbo 0,0562 mg/L, cromo 0,0120 mg/L, cobre 0,0090 mg/L, e zinco 0,0497 mg/L (ARAÚJO; FILHO, 2010, p. 6).

Com relação aos parâmetros permitidos pela legislação, chumbo e cromo ultrapassam os limites, enquanto o zinco se aproxima bastante do valor limite de 5mg/L.

Bezerra, Batista e Silva (2018)<sup>3</sup> trazem uma leitura semelhante, identificando que a bacia do Rio Apodi-Mossoró vem sofrendo, cada dia mais, com os efeitos nocivos das atividades antrópicas. Entre os poluentes introduzidos na bacia do rio por meio dessas atividades estão os metais pesados, considerados importantes e necessários para a sobrevivência animal e humana, quando se encontram na quantidade adequada, mas maléficis quando presentes em grandes concentrações. Importa lembrar que, conforme discutiu-se nos capítulos anteriores, além das ações antrópicas, a introdução dos metais pesados nos corpos hídricos pode ocorrer também por meio de intemperismo e processos geoquímicos, relacionados ao intemperismo, erosão, lixiviação do solo para ambiente aquáticos e aos ciclos biogeoquímicos, que podem ser influenciados pelo homem.

Para realização do trabalho os autores Bezerra, Batista e Silva (2018)<sup>3</sup> coletaram 30 amostras de sedimentos do leito ao longo do curso do rio, no trecho urbano do Rio Apodi-Mossoró, na cidade de Mossoró, mesmo trecho analisado pelos estudos encontrados por Araújo e Filho (2010). Os autores analisaram as concentrações dos metais de alumínio (Al), cádmio (Cd), cobre (Cu), cromo (Cr), chumbo (Pb), ferro (Fe), manganês (Mn), níquel (Ni) e zinco (Zn). Dentre estes, durante a análise, não foram encontrados valores de contaminação por cádmio (Cd). Relacionado à quantidade de metais encontrados, tem-se: níquel (Ni) - 334,08 mg/kg; chumbo (Pb) - 252,68 mg/kg; e cromo (Cr) - 212,73 mg/kg, sendo estas as maiores concentrações. Sobre os outros metais,

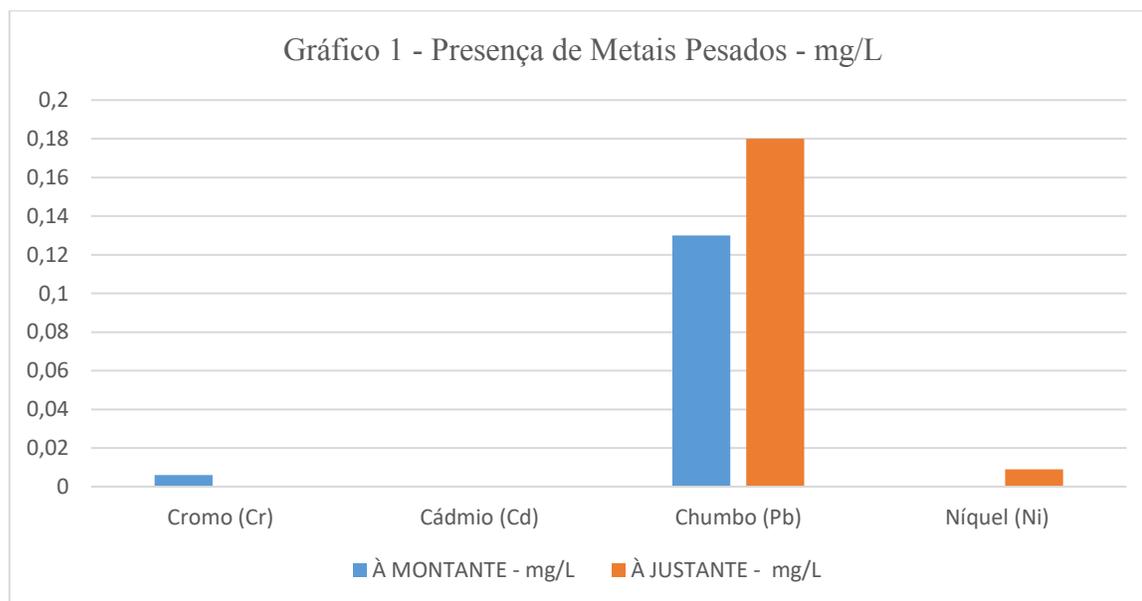
---

<sup>3</sup> Artigo enumerado IV de acordo com o Quadro 4.

obteve-se: cobre (Cu) - 169,47 mg/kg; manganês (Mn) - 104,63 mg/kg; zinco (Zn) - 99,98 mg/kg; ferro (Fe) - 117,82 g/kg; e alumínio (Al) - 141,09 g/kg. De maneira específica, não há como indicar se há uma ultrapassagem dos parâmetros estabelecidos pela legislação, uma vez que as análises dos metais realizadas por Bezerra, Batista e Silva (2018) foram feitas a partir de sedimentos e não de amostras de água.

No estudo de Silva, Filho e Batista (2018)<sup>4</sup>, as amostras de água para análise sobre a contaminação por metais pesados foram coletadas no trecho urbano do Rio Apodi-Mossoró, no município de Governador Dix-Sept Rosado, em trechos opostos: uma à montante do município, próximo à saída para Caraúbas/RN; e uma à jusante, distante cerca de 1,3km para o centro da cidade.

Foram analisados os seguintes metais pesados presentes no Rio Apodi-Mossoró: cromo (Cr), cádmio (Cd), chumbo (Pb) e níquel (Ni). Com relação aos parâmetros encontrados, o estudo obteve os seguintes valores: **à montante**: cromo (Cr) – 0,006 mg/L, cádmio (Cd) – 0 mg/L, chumbo (Pb) – 0,13 mg/L e níquel (Ni) – 0 mg/L; e **à jusante**: cromo (Cr) – 0 mg/L, cádmio (Cd) – 0 mg/L, chumbo (Pb) – 0,18 mg/L e níquel (Ni) – 0,009 mg/L (SILVA; FILHO; BATISTA, 2018). Esses dados estão demonstrados no Gráfico 1 abaixo.



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

<sup>3</sup> Artigo enumerado IV de acordo com o Quadro 4.

<sup>4</sup> Artigo enumerado V de acordo com o Quadro V.

De acordo com a legislação pertinente, os números obtidos nessa pesquisa representam valores acima dos permitidos para chumbo (Pb) em ambas as áreas de coleta, à montante e à jusante. Cabe salientar que as regiões onde foram coletadas as amostras representam espaços onde: à montante pode não ter passado por possível contaminação por despejo de esgoto e águas residuárias; e à jusante onde a qualidade da água já foi, possivelmente, comprometida por ações humanas, justificando assim os locais escolhidos para coleta (SILVA; FILHO; BATISTA, 2018).

Assim, estabelece-se o Quadro 6, que apresenta os metais analisados pelos estudos aqui referenciados.

Quadro 6 – Síntese dos principais metais citados e analisados

	<b>METAIS CITADOS</b>	<b>METAIS ANALISADOS</b>
<b>I</b>	Cromo, Cádmio, Cobre, Chumbo e Zinco	-
<b>II</b>	Não faz referência direta	Não faz referência direta
<b>III</b>	Não faz referência direta	Não faz referência direta
<b>IV</b>	-	Alumínio, Cobre, Cádmio, Cromo, Chumbo, Ferro, Manganês, Níquel e Zinco
<b>V</b>	-	Cromo, Níquel, Cádmio, Chumbo

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Observa-se, de acordo com o apresentado no Quadro 6, que os metais que aparecem em comum em todos os estudos (tanto naquele que cita, quanto naqueles que analisam metais pesados) são: cromo, cádmio e chumbo.

Em estudo sobre os metais pesados em água do rio Jundiá, em Macaíba/RN, Guedes, Lima e Souza (2005) apontaram a contaminação desse rio por metais pesados, com valores bastante elevados principalmente com relação ao alumínio, cádmio, cromo, ferro, manganês, chumbo e zinco, evidenciando, inclusive, que essa contaminação é maior no trecho urbano do rio, o que denota a relevância das ações antropogênicas, via despejo de esgotos, rejeitos industriais e lixo.

A busca por reforçar os resultados encontrados e demarcar que a contaminação das águas por metais pesados tem sido uma realidade crescente, Silva (2004), ao buscar analisar a qualidade

da água da região estuarina do rio Capibaribe, em Pernambuco, constatou que a água deste rio se encontra com qualidade comprometida, sendo encontrados grandes teores de cádmio, cobre, cromo, ferro, zinco e manganês.

De maneira geral a presente pesquisa, atribui-se à contaminação das bacias hidrográficas, com destaque aqui para a bacia do Rio Apodi-Mossoró, a ação antrópica e proximidade do rio com atividades econômicas industriais e ausência ou inadequação nos sistemas de tratamento e despejo dos efluentes domésticos. No tópico a seguir são demonstrados os principais apontamentos dos autores sobre as origens dos metais que causam a contaminação das águas do Rio Apodi-Mossoró.

#### 4.2 ORIGEM DOS METAIS ENCONTRADOS NA ÁGUA DO RIO APODI-MOSSORÓ

De forma geral, por meio de revisão bibliográfica, com base nos estudos de Oliveira e Queiroz (2008), Araújo e Filho (2010) informam que a contaminação das águas do Rio Apodi-Mossoró por metais pesados se deve, principalmente, ao desenvolvimento econômico, por meio da instalação de indústrias. Nesse sentido, buscou-se dados junto Federação das Indústrias e Empresas do Rio Grande do Norte (FIERN) e a Companhia de Água e Esgoto do Rio Grande do Norte (CAERN), visando coletar informações que indicassem a quantidade de Estações de Tratamento de Efluentes em Mossoró. Sobre essas Estações, foram indicadas apenas duas: Estação de Tratamento de Cajazeiras e Estação de Tratamento do Alto de São Manoel.

Os autores apontam também que os efluentes domésticos são fontes de contaminação menores. Com relação aos efluentes provenientes das indústrias e com base nas respostas dos responsáveis pelas empresas pesquisadas, conseguiu-se apurar que nenhuma das empresas faz monitoramento dos seus resíduos líquidos, o que ocasiona a contaminação da água e do solo da bacia do Rio Apodi-Mossoró (Araújo e Filho, 2010, p. 7). Dentre as empresas pesquisadas, todas se enquadraram no setor de microempresa, estando elas distribuídas em vários setores, como solda, metalurgia, cromagem etc. São empresas que fazem captação direta das águas do Rio Apodi-Mossoró. Embora sejam reconhecidas como potenciais poluidoras por metais pesados, quase 90% delas não mencionam a presença de metais pesados em seus efluentes, o que é contraditório, tendo em vista os valores encontrados por meio das análises de amostras da água. Tal contradição indica, diretamente, que não há preocupação ou conhecimento por parte das empresas com relação à poluição de recursos hídricos.

De acordo com Souza, Silva e Dias (2012), é necessário observar a centralidade de uma gestão de recursos hídricos adequado, sendo afirmado pelos autores que, em diagnóstico recente por meio de um projeto desenvolvido entre a Universidade do Estado do Rio Grande do Norte, Universidade Federal Rural do Semiárido e a Fundação Guimarães Duque, foi demonstrado que a bacia do Rio Apodi-Mossoró tem sido diretamente atingida pela urbanização desenfreada ao longo de suas margens, informação que concorda com o que é apresentado acima, por Araújo e Filho (2010).

Bezerra, Batista e Silva (2018) concordam com Araújo e Silva (2010) ao afirmarem que a introdução dos metais pesados nas águas dos rios acontece tanto devido aos processos naturais, como devido a atividades antrópicas - industriais e domésticas. Considerando que as amostras analisadas pelos autores foram de sedimentos e não de amostras de água, eles justificam que os altos níveis de concentração podem ser atribuídos à formação geológica e à pressão de atividades humanas de construção de empreendimentos. Além disso, corroborando com outros estudos, os autores apontam o descarte de efluentes industriais e domésticos, citando também a existência de abatedouros bovinos e de aves, salinas e carcinicultura (MORAES *et al.*, 2010). Cabe salientar que, de acordo com os estudos desses autores, as ações naturais/geológicas são tão influentes para a contaminação por metais pesados quanto as ações antrópicas (BEZERRA; BATISTA; SILVA, 2018, p. 116).

Silva, Filho e Batista (2018), ao analisarem a contaminação da bacia do Rio Apodi-Mossoró por metais pesados no trecho urbano do município de Governador Dix-Sept Rosado, indicam que, de acordo com questionários aplicados com a população do município e levando em consideração os valores encontrados pelas análises de amostra de água, o grande problema que ocasiona a contaminação da bacia do Rio Apodi-Mossoró se relaciona à inadequação do saneamento básico na cidade. Os autores também afirmam que :

A maior parte do Município de Governador Dix-Sept Rosado situa-se na planície do rio Apodi-Mossoró e não possui um esgotamento sanitário adequado disponível para todos. Neste caso, há o lançamento de esgoto a céu aberto para as ruas e como a urbanização das vias públicas não é eficiente, o controle das águas pluviais é comprometido e faz com que a água da chuva escoe, levando junto: resíduos sólidos, o próprio esgoto sanitário e propriedades físicas do solo, por exemplo. Sendo assim, todo esse escoamento tem um único destino: o rio Apodi-Mossoró (SILVA; FILHO; BATISTA, 2018, p. 1).

Diante do exposto, pode-se perceber que há um alinhamento entre todos os autores com relação à influência das ações antrópicas na contaminação por metais pesados na bacia do Rio

Apodi-Mossoró. Aponta-se as atividades industriais como fator de extrema relevância, principalmente nos trechos urbanos do rio localizados no município de Mossoró; além da ausência de saneamento adequado, conforme mencionado, no trecho urbano do município de Governador Dix-Sept Rosado. Cabe pensar quais as influências dessa contaminação para a saúde da população, bem como quais as doenças que podem ser ocasionadas em virtude da presença desses metais pesados nas águas do Rio Apodi-Mossoró. Essa discussão é abordada no tópico a seguir.

#### 4.3 PRINCIPAIS DOENÇAS OCASIONADAS EM VIRTUDE DA CONTAMINAÇÃO DAS ÁGUAS DO RIO POR METAIS PESADOS

Dentre os 5 estudos selecionados, de acordo com os descritores que foram elencados, apenas 1 deles faz referência às doenças que podem ser causadas em virtude da contaminação das águas do Rio Apodi-Mossoró por metais pesados. Silva, Filho e Batista (2018) apresentam essa abordagem em sua análise, que relaciona as doenças ocasionadas pela contaminação com a ausência de saneamento básico adequado, uma vez que a centralidade do estudo se dá em torno dessa questão. Assim sendo, os autores afirmam que, embora alguns metais pesados sejam necessários do ponto de vista biológico, há que se ter cuidado em relação à contaminação dos rios, uma vez que:

Alguns processos de produção, entre os quais das indústrias metalúrgicas, de tintas, de cloro e plástico PVC, utilizam estes metais que, quando lançados irregularmente nos esgotos, contaminam os cursos de água. Entre os principais elementos tóxicos despejados estão o mercúrio, chumbo, cádmio, arsênico, bário, cobre, cromo e zinco. Como forma de contaminações, diversas doenças são conhecidas como sendo provocadas pela ingestão desequilibrada de muitos elementos, dentre as quais estão os excessos de cádmio, mercúrio e chumbo. Estas doenças estão relacionadas principalmente com a proximidade e o contato com resíduos resultantes de certas atividades industriais. Como exemplo dessas contaminações, podem-se citar peixes contaminados em rios e que, neste caso, são pescados para o consumo humano (SILVA; FILHO; BATISTA, 2018, p. 5).

Deve-se destacar que, embora os estudos selecionados por esta pesquisa não mencionem, quase que em sua totalidade, as doenças ocasionadas em decorrência da contaminação por metais pesados, acredita-se ser importante caracterizá-las. Nesse sentido, considerando os metais pesados que foram citados e analisados, temos: cromo, cádmio, chumbo, cobre, zinco, alumínio, ferro, manganês e níquel.

De acordo com estudo de Zedron (2015), o alumínio é um dos metais pesados mais estudados, podendo causar alterações de origem esquelética, hematológica e neurológica, havendo indicações de que este metal está diretamente relacionado com o desenvolvimento de Alzheimer. Já sobre o cobre, a autora aponta que este metal tem ligação com o desenvolvimento de Parkinson, uma vez que o excesso desse metal causa a degradação dos neurônios dopaminérgicos. Com relação ao zinco, Zedron (2015) afirma que, bem como o alumínio, a presença desse metal está relacionada ao aparecimento da doença de Alzheimer, além de promover o envelhecimento e autodegeneração.

No que diz respeito aos outros metais, traz-se as contribuições de Amaral Neto (2015). Segundo o autor, o cádmio pode induzir o desenvolvimento de disfunção renal, doenças ósseas, podendo ser também agente cancerígeno. Uma das principais fontes de exposição ao cádmio é o tabagismo.

Com relação ao chumbo, por estar presente em várias partes do nosso ambiente, pode facilitar uma redução no desenvolvimento cognitivo, interferindo no desempenho intelectual nas crianças e aumentar a pressão, além de ajudar no desenvolvimento de doenças cardiovasculares em adultos. Sobre o ferro e o manganês, tal qual o alumínio e o zinco, também têm sido associados às doenças neurológicas, como o Parkinson (NETO, 2015). Com relação ao níquel, temos a possibilidade de desenvolvimento de doenças respiratórias e alergias, principalmente em decorrência da exposição aos rejeitos de indústrias metalúrgicas (SUPER INTERESSANTE, 2020).

Conforme observado a partir da análise dos estudos e de acordo com o citado no início deste tópico, apenas um estudo selecionado faz referência a doenças que podem ser decorrentes dessa contaminação. Dito isto, cabe lembrar que, ao identificar-se as áreas a que se ligam os autores e autoras dos estudos aqui abordados, constatou-se que nenhum deles tem formação relacionada à área da saúde, o que se compreende como um pré-requisito para que a contaminação das águas do Rio Apodi-Mossoró seja pensada no que tange à vigilância sanitária e epidemiológica.

Diante de tais provocações, utiliza-se como referência o estudo de Guerra e Silva (2018). De acordo com esses autores, a introdução do componente ambiental nos processos de vigilância em saúde tem contribuído bastante para a consolidação da Vigilância em Saúde Ambiental dentro do Sistema Único de Saúde (SUS), a qual tem se forjado como um conjunto de ações que buscam proporcionar aos profissionais o conhecimento e detecção de mudanças nos fatores considerados

determinantes e condicionantes relacionado ao meio ambiente e que podem interferir na saúde humana (GUERRA; SILVA, 2018). Importa falar aqui do papel do farmacêutico como profissional de saúde habilitado a compor equipes multiprofissionais, considerando que, dentro de suas possibilidades de atuação, estão: análises clínica-laboratoriais; educação; toxicologia; e, na saúde pública, diretamente em estratégias de vigilância epidemiológica, saúde coletiva, vigilância sanitária, dentre outras (CONSELHO FEDERAL DE FARMÁCIA, 2020).

Considera-se importante pontuar aqui que, corroborando com Silva, Filho e Batista (2018), em decorrência do desenvolvimento urbano e industrial e conseqüentemente do surgimento de grandes centros, há, cada dia mais, uma necessidade de maiores investimentos em saúde pública, no sentido de haver um acompanhamento sobre os malefícios que são ocasionados ao meio ambiente e à saúde humana. Nesse sentido, destaca-se que, além de um maior conhecimento sobre os processos de contaminação das águas, tanto em níveis quanto com relação aos poluidores, é necessária a construção de um trabalho interdisciplinar constante e que objetive a resolução dos danos ou a maximização da proteção, de forma a aliar conhecimento das condições ambientais e estabelecimento de estratégias de prevenção.

Para além dessas questões, não se deve esquecer do que defendem Souza, Silva e Dias (2012), que alertam em suas discussões sobre a importância de uma gestão de recursos hídricos que esteja estruturada de maneira adequada, com responsabilidade partilhada entre a população e a gestão dos municípios.

A Fundação Nacional da Saúde (FUNASA), ligada ao Ministério da Saúde, é o órgão responsável pelas maiores ações de saneamento do Brasil, considerando critérios epidemiológicos, sociais, econômicos e ambientais, visando a promoção e proteção da saúde. A FUNASA conta com um Departamento de Engenharia de Saúde Pública, o qual se responsabiliza por incentivar soluções para o saneamento básico, com foco na prevenção e controle de doenças.

De maneira geral, foi possível observar que há uma infinidade de informações relevantes extraídas dos estudos, de maneira que a contaminação da água por metais pesados se mostra como temática fundamental de estudo e que, também, não deve ser problemática de interesse somente de uma determinada área de conhecimento. Ainda que se tenha chegado à questões que remetem aos metais, sente-se lacunas fundamentais a serem preenchidas, principalmente no que tange à uma maior preocupação na produção de estudos periódicos acerca da contaminação das águas do Rio

Apodi Mossoró por metais pesados, visando o desenvolvimento de tecnologias de controle e vigilância.

Com base nessas informações citadas nesta discussão defende-se, como uma das saídas para a construção de uma melhor gestão de recursos hídricos e melhoria no saneamento, uma conduta de compartilhamento de responsabilidades entre os entes federados (Municípios, Estados e União) e a população, sempre aliando educação, prevenção e tratamento.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por meio do estudo realizado, pode-se confirmar a importância da água para a vida humana, sendo uma temática que desperta grande atenção e preocupação a nível mundial. Com o desenvolvimento econômico e industrial têm sido criados projetos ambientais que tenham como foco os recursos hídricos. Os rios, principalmente os urbanos, têm sido mais afetados pela ação antrópica, prejudicando o abastecimento de água de qualidade. Além do descarte inadequado de materiais tóxicos (eletrônicos, lâmpadas etc.), as águas são afetadas por atividades industriais e agrícolas, por elementos que são considerados metais pesados.

O rio Apodi-Mossoró apresenta grande importância para a região na qual se localiza, sendo desempenhadas diversas atividades econômicas. Sua bacia hidrográfica ocupa parte significativa do território do estado, mas tem apresentado altos níveis de poluição, destacadamente na região de perímetro urbano. Dentre os metais pesados que são encontrados acima dos níveis aceitáveis para água doce, destacam-se o bário, o zinco, o cromo, o cádmio, o alumínio, o ferro, o chumbo, etc. Tal contaminação representa grandes riscos à saúde da população, principalmente àquela que reside em comunidades ribeirinhas. Essa contaminação também afeta a atividade econômica que, em decorrência do clima semiárido, tem o rio Apodi-Mossoró como um grande aliado para agricultura e pecuário, por exemplo.

Pode-se destacar que, com base na bibliografia consultada, a contaminação por metais pesados na bacia do rio Apodi-Mossoró traz consigo a possibilidade de transmissão de inúmeras doenças infecciosas, como a dengue; e lesões neurológicas, alterações metabólicas e doenças no trato pulmonar, cardiovascular etc. Dessa forma, concluímos que, embora tenha grande influência ambiental devido a ações naturais, o principal poluidor da bacia do rio Apodi-Mossoró é também a principal vítima de contaminação: o ser humano; seja por meio de despejo doméstico ou industrial.

Considera-se de suma importância dar destaque ao fato de que a maioria dos estudos abordados nesta pesquisa não faz menção às doenças que decorrem da contaminação das águas do Rio Apodi-Mossoró pelos metais pesados, fato que aqui entende-se como atribuído a ausência de estudos suficientes realizados por profissionais de saúde, dentre eles médicos, enfermeiros, farmacêutico, etc. Essa ausência demonstra também que não é suficiente haver estudos técnicos e de áreas de engenharia ambiental e agrônômica sem que haja um compartilhamento com

profissionais de outras áreas, uma vez que, quando se identifica o ser humano e suas ações como grandes responsáveis pela contaminação das águas, entende-se que as profissões ligadas diretamente à saúde humana tem dois papéis principais: educação e prevenção, complementados com a construção adequada de estratégias de controle sanitário e epidemiológico.

Dito isso, aponta-se como necessária uma maior atenção das instituições competentes, não apenas no sentido da vigilância, mas na produção de estudos e pesquisas - de maneira séria, periódica e comprometida - sobre os níveis de contaminação e construção de estratégias de educação tanto para a população quanto para as indústrias, em um esforço entre instituições e profissionais de diversas áreas, contribuindo para a formação de uma gestão compartilhada. Assim, com esse compartilhamento, possibilita-se uma atuação qualificada: conhecendo as particularidades do Rio Apodi-Mossoró; procurando mapear os níveis de contaminação por metais pesados; construindo alternativas efetivas e direcionadas; produzindo uma gestão que seja não só de intervenção, mas também de intervenção e educação.

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Água no mundo**. 2018a. Disponível em: <https://www.ana.gov.br/>. Acesso em: 14 abr. 2020.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Divisões hidrográficas do Brasil**. 2018b. Disponível em: <https://www.ana.gov.br/>. Acesso em: 14 abr. 2020.

ARAÚJO, Daniel Roberto *et al.* Estudo da área de preservação permanente do rio Mossoró no sítio urbano de Mossoró-RN por meio de técnicas de geoprocessamento. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 25, n. 2, p. 177-183, mar. 2012.

ARAÚJO, João Batista dos Santos; PINTO FILHO, Jorge Luis de Oliveira. Identificação de fontes poluidoras de metais pesados nos solos da bacia hidrográfica do Rio Apodi, Mossoró, RN, na área urbana de Mossoró, RN. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 5, n. 2, p. 13, 2010.

ÁREAS de atuação. **Conselho Federal de Farmácia**, nov. 2020. Disponível em: <https://www.cff.org.br/pagina.php?id=87>. Acesso em: 28 nov. 2020.

BACIA do rio Apodi-Mossoró é afetada por atividades antrópicas, como indústria da construção civil. **CETEM – Centro de Tecnologia Mineral**, 04 mar. 2013. Disponível em: <http://verbetes.cetem.gov.br/verbetes/ExibeVerbete.aspx?verid=32>. Acesso em: 12 abr. 2020.

BEZERRA, Joel Medeiros; BATISTA, Rafael Oliveira; DA SILVA, Paulo Cesar Moura. Caracterização do processo de poluição dos sedimentos do rio Apodi-Mossoró no trecho urbano de Mossoró-RN. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 30, n. 3, p. 108-126, set./dez. 2018.

BICUDO, C. E. M.; TUNDISI, J. G.; SCHEUENSTUHL, M. C. B. (orgs.). **Águas do Brasil: análises estratégicas**. São Paulo: Instituto de Botânica, 2010.

CÂMARA, Myrelle Yasmine de Freitas *et al.* Determinação do Potencial Fitorremediador da *Eichhornia Crassipes* em Ambientes Naturais. *In: ENCONTRO REGIONAL DE QUÍMICA*, 5., 2015, Mossoró. **Anais [...]**. Mossoró: Blucher Chemistry Proceeding, 2015. v. 3, p. 718-729.

CAMURÇA, Carla Evelline de Sousa *et al.* Implicações psicossociais da seca na vida de moradores de um município da zona rural do nordeste do Brasil. **Avances En Psicología Latinoamericana**, Bogotá, v. 34, p. 117-128, jan. 2016.

CASTRO, Sebastião Venâncio de. **Efeitos de metais pesados presentes na água sobre a estrutura das comunidades bentônicas do Alto Rio das Velhas-MG**. 2006. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2006.

CONAMA. **Resolução Conama Nº 357, de 17 de março de 2005**. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 2005. Disponível em: [https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Resolucao/2005/res\\_conama\\_357\\_2005\\_classificacao\\_corpos\\_agua\\_rtfcd\\_a\\_altrd\\_res\\_393\\_2007\\_397\\_2008\\_410\\_2009\\_430\\_2011.pdf](https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Resolucao/2005/res_conama_357_2005_classificacao_corpos_agua_rtfcd_a_altrd_res_393_2007_397_2008_410_2009_430_2011.pdf). Acesso em: 03 jun. 2020.

CONFERÊNCIA das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento. **Ministério do Meio Ambiente**, 2012. Disponível em: <https://www.mma.gov.br/informma/item/670-capitulo-18.html>. Acesso em: 18 mai. 2020.

COSTA, Antonio Jaldesmar da. **Educação ambiental na escola: preservação dos recursos hídricos no município de Riacho da Cruz - RN**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Elaboração e Gerenciamento de Projetos Para A Gestão Municipal de Recursos Hídricos) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, Fortaleza, 2018.

COSTA, Laís Azevedo da. **Análise das concentrações de metais pesados na água e sedimento do Rio Sergipe (SE)**. 2018. Monografia (Graduação em Geologia) – Departamento de Geologia, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2018.

COSTA, Luciano T.; DAMAS, Giane B.; BERTOLDO, Bruno. Mercúrio: da antiguidade aos dias atuais. **Revista Virtual de Química**, v. 6, n. 4, p. 1010-1020, mar. 2014.

DIAS, Coralie Heinis; CHAVES, Mario Luiz de Sá Carneiro; CARDOSO, Daniel Kroeling Rodrigues. Estanho. *In*: **RECURSOS Minerais do Minas Gerais**. Belo Horizonte: Codemge, 2018.

DOMINGOS, Leonardo Adriano *et al.* Influência antrópica na qualidade da água e sedimentos do rio Apodi-Mossoró no município de Governador Dix-Sept Rosado, RN. *In*: ENCONTRO REGIONAL DE QUÍMICA, 5., 2015, Mossoró. **Anais [...]**. Mossoró: Blucher Chemistry Proceeding, 2015. v. 3, p. 701-711.

ENTENDA o que é Qualis Capes e como é possível consultá-lo. **Doyti**, out. 2020. Disponível em: <https://blog.doity.com.br/o-que-e-qualis-capes/>. Acesso em: 20 out. 2020.

ESCOBAR, Marco Lunardi; QUEIROZ, Raimundo Alberto Costa. Crimes contra o meio ambiente e ações do Ministério Público: um estudo sobre o rio Apodi-Mossoró no município de Mossoró/RN, entre o período de 2013 a 2017. **Brazilian Journal Of Development**, v. 5, n. 11, p. 27970-27994, 2019. Brazilian Journal of Development.

GUEDESA, Josiel de Alencar; LIMA, Raquel Franco de Souza; DE SOUZA, Laécio Cunha. Metais pesados em água do rio Jundiá-Macaíba/RN. **Revista de Geologia**, v. 18, n. 2, p. 131-142, 2005.

GUERRA, Leandro Viana; SILVA, BIANCA DIEILE DA. Vigilância da Qualidade da água para Consumo no Estado do Rio de Janeiro. **Ambiente & Sociedade**, v. 21, 2018.

JUSTO, Jader Felipe Araújo; SANTOS, Wanderson Lucas Alves dos; SOUZA, Francisco das Chagas Silva. A bacia do Rio Apodi-Mossoró (RN) como objeto de pesquisa em programas de pós-graduação. **Principia**, João Pessoa, n. 31, p. 97-105, dez. 2016.

LEITE, Ana; SILVA, Ricardo; CUNHA, Elisabete. Aplicação de um caso prático de doenças profissionais: relevância médico-legal metais pesados e carcinogênese. **Arquivos de Medicina**, v. 29, n. 4, p. 93-97, 2015.

MORAIS, Jefferson Alves de. **Caracterização higiênico-sanitária e socioambiental da pesca artesanal do Rio Apodi-Mossoró, RN**. 2016. 98 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Ambiente, Tecnologia e Sociedade, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2016.

MORAIS, L. A. et al. Monitoramento espaço temporal da qualidade das águas da bacia hidrográfica do Rio Apodi-Mossoró/RN. **Química no Brasil**, v. 4, p. 70-80, 2010.

MOURA, Jailson Fulgencio de. **Saúde pública e saúde dos oceanos: interface conceitual dos paradigmas e análise de elementos essenciais e não essenciais em organismos marinhos de um ecossistema de ressurgência**. 2013. Tese (Doutorado em Saúde Pública e Meio Ambiente) - Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca, Rio de Janeiro, 2013.

NAIME, Roberto. Metais pesados e suas toxidades, artigo de Roberto Naime. **EcoDebate**, 13 dez. 2018. Disponível em: <https://www.ecodebate.com.br/2018/12/13/metais-pesados-e-suas-toxidades-artigo-de-roberto-naime/>. Acesso em: 27 mai. 2020.

NASCIMENTO, M.; SERGIO, P. M. S. **Cobalto no Brasil: metalurgia extrativa, ocorrências e projetos**. Rio de Janeiro: CETEM/MCTIC, 2019. (Série Estudos e Documentos, 100).

NETO, Roberto Franco do Amaral. Efeitos dos metais pesados na saúde humana. **Blog Dr. Roberto Franco do Amaral Neto**, Alimentação Envelhecimento e Longevidade, 22 abr. 2015. Disponível em: <https://www.robertofrancodoamaral.com.br/blog/efeitos-dos-metais-pesados-na-saude-humana/>. Acesso em: 02 nov. 2020.

O QUE são metais pesados e por que fazem mal à saúde? **Revista Super Interessante**, 14 fev. 2020. Disponível em: <https://super.abril.com.br/mundo-estranho/o-que-sao-metais-pesados-e-por-que-fazem-mal-a-saude/>. Acesso em: 02 nov. 2020.

PINTO FILHO, Jorge Luís de Oliveira. **Avaliação socioeconômica e ambiental da atividade petrolífera na região do Campo Canto do Amaro, RN, Brasil**. 2016. Tese (Doutorado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Centro de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2016.

RIBEIRO, Luiz Gustavo Gonçalves; ROLIM, Neide Duarte. Planeta água de quem e para quem: uma análise da água doce enquanto direito fundamental e sua valoração mercadológica. **Revista Direito Ambiental e Sociedade**, v. 7, n. 1, p. 7-33, 2017.

ROSALINO, Melanie Roselyne Rodrigues. **Potenciais Efeitos da Presença de Alumínio na Água de Consumo Humano**. 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Ambiente) - Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, S.l., 2011.

SALES, Mardja Luma da Silva. **Elementos-traço nos sedimentos da bacia hidrográfica-Apodi Mossoró: variabilidade espacial e temporal**. 2016. Dissertação (Mestrado em Curso de Ciências Naturais) – Faculdade de Ciências Exatas e Naturais, Universidade Estadual do Rio Grande do Norte, Mossoró, 2016.

SILVA, Hélida Karla Philippini da. **Concentrações de metais pesados nos sedimentos do estuário do rio Capibaribe, na região metropolitana do Recife (RMR) - Pernambuco, Brasil**. 2004. Dissertação (Mestrado em Oceanografia) - Programa de Pós-Graduação em Oceanografia, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2004.

SILVA, Johnatan Jefferson da. **Diagnóstico do saneamento básico em Governador Dix-sept Rosado-RN e os impactos no rio Apodi-Mossoró**. 2018. 12 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciência e Tecnologia) - Centro de Ciências Exatas e Naturais, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2018.

SOUZA, A. C. *et al.* Caracterização de ligas a base de tungstênio para atenuação da radiação gama. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA E CIÊNCIA DOS MATERIAIS*, 23., 2018, Foz do Iguaçu. **Anais [...]**. Foz do Iguaçu: [s.n.], 2018. p. 5691-5691.

SOUZA, Ana Cláudia Medeiros; SILVA, Márcia Regina Farias da; DIAS, Nildo da Silva. Gestão de recursos hídricos: o caso da bacia hidrográfica Apodi/Mossoró (RN). **Irriga**, v. 1, n. 1, p. 280-296, 2012.

SOUZA, M. T.; SILVA, M. D.; CARVALHO, R. Revisão Integrativa: o que é e como fazer. **Einstein**, São Paulo, v. 8, n. 1, jan./mar. 2010.

SZESZ, Eduardo Mioduski. **Produção e Caracterização de Modificações Superficiais em Titânio para Aplicação Biomédica**. 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

ZEDRON, Raquel. Mecanismos de neurotoxicidade e doenças neurológicas relacionadas à intoxicação por metais pesados. **Revista Brasileira de Nutrição Funcional**, ano 15, n. 64, 2015.