

INSTITUTO FEDERAL DO PARANÁ  
CURSO LICENCIATURA EM QUÍMICA

LUIZ GUSTAVO VIVI  
MAURICIO LOPES MARTINS GASPARELO

**ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA DO RIO DAS ANTAS, NA CIDADE DE IRATI  
- PARANÁ**

IRATI  
2022

**LUIZ GUSTAVO VIVI  
MAURICIO LOPES MARTINS GASPARELO**

**ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA DO RIO DAS ANTAS, NA CIDADE DE IRATI  
- PARANÁ**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao Curso de Licenciatura em  
Química do Instituto Federal do Paraná,  
Campus Irati.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Giselle Calaça

**IRATI  
2022**

FOLHA DE APROVAÇÃO

LUIZ GUSTAVO VIVI

MAURICIO LOPES MARTINS GASPARELO

ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA DO RIO DAS ANTAS, NA CIDADE DE IRATI -  
PARANÁ

Trabalho aprovado como requisito parcial para  
obtenção do grau de Licenciado em Química,  
ao Curso Superior de Licenciatura em Química,  
do Instituto Federal do Paraná, avaliado pela  
seguinte banca examinadora:

  
Orientadora: Profa. Dra. Giselle Nathaly Calça

Instituto Federal do Paraná – Campus Irati

  
Profa. Dra. Viviane Paula Martini

Instituto Federal do Paraná – Campus Irati

  
Prof. Me. José Felinto Barbosa

Instituto Federal do Paraná – Campus Irati

Irati, 28 de abril de 2022.

## **AGRADECIMENTOS**

Nossos sinceros agradecimentos à professora Dr.<sup>a</sup> Giselle Calaça que em muito contribuiu para a realização deste trabalho. Graças a professores como ela, que foi possível a nossa formação acadêmica, sem ela nada disto estaria concretizado.

Agradecemos também aos nossos familiares e amigos não só pela força em momentos difíceis, mas todo o apoio na realização de um sonho, vocês tornaram tudo mais fácil porque sempre soubemos que seria possível contar com vocês.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Impurezas que afetam a qualidade da água.....	11
Figura 2 - Mapa do município de Irati e o curso do Rio das Antas com as marcações de entrada e saída do perímetro urbano.....	14
Figura 3 - Pontos de coleta das amostras .....	15
Figura 4 - (A) e (B) são os pontos de coleta 1. (C) e (D) são os pontos de coleta 2. (E) e (F) são os pontos de coleta 3.....	16

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Parâmetros físico-químicos analisados e métodos empregados.....	17
Tabela 2 - Medidas de pH obtidas nos diferentes pontos de coleta de água do Rio das Antas, Irati - Paraná.....	20
Tabela 3 - Medidas de condutividade elétrica obtidas nos diferentes pontos de coleta de água do Rio das Antas, Irati - Paraná.....	21
Tabela 4 - Medidas de temperatura obtidas nos diferentes pontos de coleta de água do Rio das Antas, Irati - Paraná.....	22
Tabela 5 - Resultados para a análise de alcalinidade total obtidos nos diferentes pontos de coleta de água do Rio das Antas, Irati - Paraná.....	23
Tabela 6 - Resultados para a análise de gás carbônico livre obtidos nos diferentes pontos de coleta de água do Rio das Antas, Irati – Paraná.....	24
Tabela 7 - Resultados para a análise de cloretos obtidos nos diferentes pontos de coleta de água do Rio das Antas, Irati – Paraná.....	25
Tabela 8 - Classificação da água em relação à concentração de Carbonato de Cálcio (CaCO <sub>3</sub> ), segundo a OMS.....	26
Tabela 9 - Resultados para a análise de dureza total obtidos nos diferentes pontos de coleta de água do Rio das Antas, Irati - Paraná.....	26

## SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO .....	8
2.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	9
2.1.	POLUIÇÃO DA ÁGUA .....	9
2.2.	QUALIDADE DA ÁGUA .....	11
3.	OBJETIVOS .....	13
3.1.	OBJETIVO GERAL .....	13
3.2.	OBJETIVO ESPECÍFICOS .....	13
4.	MATERIAIS E MÉTODOS .....	14
4.1.	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO .....	14
4.2.	PONTOS DE COLETA E AMOSTRAGEM .....	15
4.3.	ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS .....	17
4.3.1.	Potencial Hidrogeniônico .....	17
4.3.2.	Condutividade elétrica .....	17
4.3.3.	Temperatura .....	17
4.3.4.	Alcalinidade total .....	18
4.3.5.	Gás carbônico livre .....	17
4.3.6.	Cloretos .....	18
4.3.7.	Dureza total .....	19
5.	RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	20
5.1.	POTENCIAL HIDROGENIÔNICO (pH) .....	20
5.2.	CONDUTIVIDADE ELÉTRICA .....	21
5.3.	TEMPERATURA .....	22
5.4.	ALCALINIDADE TOTAL .....	22
5.5.	GÁS CARBÔNICO LIVRE .....	23
5.6.	CLORETOS .....	24
5.7.	DUREZA TOTAL .....	25
6.	CONCLUSÃO .....	27
7.	REFERÊNCIAS .....	28

Autores: Luiz Gustavo Vivi  
Mauricio Lopes Martins Gasparelo  
Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Giselle Calaça

## **RESUMO:**

As atividades humanas causam grandes impactos nos sistemas aquáticos de diferentes formas, despejos de efluentes domésticos e industriais podem causar grandes modificações, gerando grandes riscos a vida e ao habitat dos animais. Portanto, o monitoramento das águas superficiais, baseando-se em critérios de qualidade estabelecidos pela legislação vigente, faz-se necessário. Dentro deste contexto, o presente estudo tem como objetivo avaliar por meio de parâmetros físico-químicos, a qualidade da água do rio das Antas, localizado no município de Irati - Paraná, em diferentes pontos de coleta, selecionados ao longo do percurso do rio. Foram realizadas sete análises físico-químicas: pH, temperatura, condutividade, alcalinidade, cloretos, gás carbônico livre e dureza total, a fim de obter-se informações relacionadas às características do afluente e avaliar como a urbanização pode afetar diretamente o rio. De forma geral, os valores obtidos encontram-se dentro dos parâmetros estipulados pelos órgãos competentes (Conselho Nacional do Meio Ambiente e Ministério da Saúde) e literatura existente sobre o tema, com exceção da alcalinidade no terceiro ponto de coleta.

**Palavras-chave:** parâmetros físico-químicos, rio das Antas, qualidade da água.



## 1. INTRODUÇÃO

Sabe-se que a água é o recurso natural mais abundante no planeta e é vital para todas as formas de vida. É consumida por todos os seres vivos, sendo, portanto, de suma importância a saúde, qualidade de vida e sobrevivência de toda população terrestre. Além disso, é um recurso essencial à atividade socioeconômica do mundo. Como por exemplo: agricultura, indústria etc. (ASSIS, *et al.* 2017). Entretanto, essas mesmas atividades econômicas ou socioeconômicas podem afetar a qualidade das águas, devido a atividade humana indevida e poluição desregrada, que impactam a qualidade no corpo hídrico (PEREIRA, 2004).

Quando nos referimos a qualidade da água seja de rios, lagos, bacias, poços artesianos entre outros, estamos expondo os impactos ocasionados ao meio ambiente pela ação humana. Correa e Silva (2015) apontam a urbanização desenfreada e sem um planejamento, principalmente em países que estão em desenvolvimento, como uma das principais causas da degradação ambiental, devido à falta de estratégias para gerenciar os solos, os rios e a população.

De acordo com a Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº 1 de janeiro de 1986:

“...considera-se impacto ambiental qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam: I - a saúde, a segurança e o bem-estar da população; II - as atividades sociais e econômicas; III - a biota; IV - as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; V - a qualidade dos recursos ambientais.” (BRASIL, 1986).

A qualidade da água é resultante de fenômenos naturais e da atuação do homem, de maneira geral, a qualidade de uma determinada água é função das condições naturais e do uso e da ocupação do solo na bacia hidrográfica (SPERLING; 2005).

O governo brasileiro, por intermédio do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) editou uma série de resoluções a fim de regular o uso, distribuição e qualidade das águas. Atualmente, a portaria GM/MS nº 888 de 04 de maio de 2021, dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.

Dentro deste contexto, o presente trabalho tem por finalidade avaliar a qualidade da água do Rio das Antas, localizado no município de Irati, Paraná, por meio de análises físico-químicas, e correlacionar os resultados com os possíveis efeitos de ações antrópicas, exercidas ao longo do percurso do rio, dentro do perímetro urbano.

## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

Segundo Grassi (2001) o nosso planeta é repleto de água, com cerca de aproximadamente 1,4 bilhão de Km<sup>3</sup>, ou seja, esse bem mais precioso cobre por volta de 71% da superfície terrestre, mas, em contrapartida existem muitas localidades onde há pouca água que seja potável, pronta para o consumo humano e que atenda necessidades básicas de uso cotidiano, como por exemplo, higienização, cultivo de plantas ou na criação de animais.

Grassi (2001) ainda nos diz que há em torno de 97,5% de água salgada no planeta Terra, 1,7% em calotas polares e geleiras e apenas 0,77% de água doce é acessível. Em valores percentuais é ainda mais visível a pequena quantidade de água potável existente no planeta, e deixa mais claro, o quão preciosa é essa substância.

Lamentavelmente, a escassez de recursos hídricos vem aumentando, visto a forma que o ser humano se utiliza da água, e a quantidade. Uma vez que o desperdício cresce junto com o aumento da população, é possível observar, ao longo dos anos, a diminuição significativa de sua quantidade, bem como qualidade (YASUI, 2015).

Os níveis de poluição, geralmente tendem a aumentar porque no decorrer do cotidiano, os indivíduos despejam mais dejetos na natureza, do que conseguem captar ou reciclar (JUNIOR e VASCONCELOS, 2013). Além da produção de novos compostos que não são decompostos no meio ambiente.

### **2.1 POLUIÇÃO DA ÁGUA**

Há diversas formas de poluição, uma delas é a poluição das águas, presentes nesse grupo estão as águas superficiais. Águas superficiais são aquelas que se acumulam na superfície, esse tipo de água é encontrado em rios, riachos, lagos, pântanos, mares etc, por não penetrarem no solo e o acesso a elas ser mais fácil, são, atualmente, a principal fonte de abastecimento do planeta (FERREIRA, 2017).

Segundo Tucci (2007), a falta de planejamento de uma cidade faz com que as

águas urbanas despejadas no rio, impactem-o, trazendo vários problemas. Os principais problemas relacionados com a infraestrutura de água no ambiente urbano são: falta de tratamento de esgoto; falta de drenagem urbana; ocupação do leito onde pode ocorrer inundações; impermeabilização e canalização dos rios urbanos com aumento da vazão da cheia; e, deterioração da qualidade da água por falta de tratamento dos efluentes, criando riscos ao abastecimento da população.

Na maioria das cidades brasileiras, o processo de urbanização deu-se ao longo dos seus rios, trazendo consequências depreciativas não apenas aos recursos hídricos propriamente ditos, mas também na qualidade do ar, do solo, da fauna e da flora (FENDRICH e OLIYNIK, 2002).

Grassi (2001) fala sobre um fator poluidor de águas que está entre os principais problemas entre águas superficiais, a eutrofização artificial sendo esse um fenômeno causado pelo acúmulo de nutrientes nos rios, especialmente fósforo e nitrogênio, isso causa um aumento desproporcional de algas e conseqüentemente uma diminuição de oxigênio dissolvido no corpo hídrico, acarretando a morte de peixes e outros seres vivos, desequilibrando o sistema.

Outra forma de poluição de águas superficiais, especialmente de lagos e reservatórios destacada por Grassi (2001), é a eutrofização artificial. A eutrofização artificial é um fenômeno causado pelo aporte excessivo de nutrientes nos rios, especialmente fósforo e nitrogênio, o que causa um aumento desproporcional de algas e conseqüentemente uma diminuição de oxigênio dissolvido no corpo hídrico, acarretando a morte de peixes e outros seres vivos, desequilibrando o sistema. A ação de indústrias e compostos agrícolas tem ajudado a acelerar esse processo, que naturalmente é bastante lento e pode durar milhares de anos.

Para se conseguir caracterizar quais são as fontes poluidoras, é necessário que se faça uma avaliação quantitativa e qualitativa dos dejetos gerados pelas indústrias, aterros sanitários ou áreas residenciais, essa caracterização é importante para mensurar o impacto criado e verificar se atendem as normas vigentes no que se diz respeito à parâmetros de emissão e da qualidade do destinatário, podendo ele ser um rio ou até mesmo um conjunto habitacional (CETESB, 2018).

De acordo com Souza (1997), o modo correto de se fazer uma boa caracterização da qualidade da água deve obedecer a rigorosos parâmetros de análise, como quais locais e a forma de coleta.

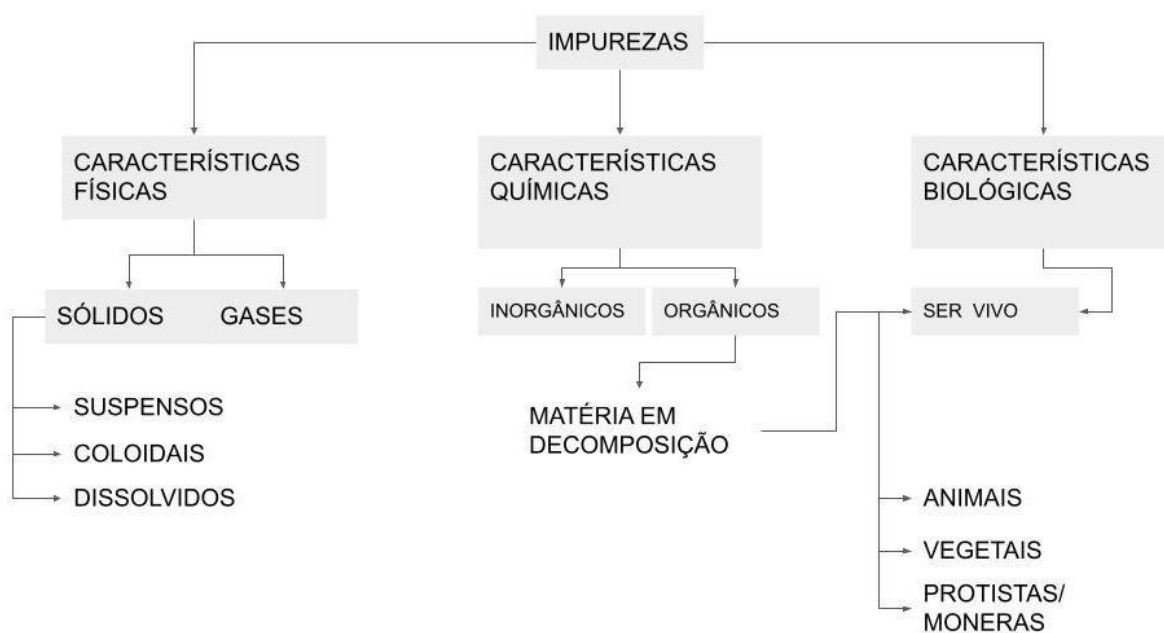
## 2.2 QUALIDADE DA ÁGUA

A qualidade da água não se refere, necessariamente, a um estado de pureza, mas simplesmente sobre as características químicas, físicas e biológicas, e que, conforme essas características, são estipuladas diferentes finalidades (MERTEN e MINELLA, 2002).

As características físicas são perceptíveis aos sentidos humanos tais como cor, turbidez, odor, temperatura e sabor. As características químicas têm dois tipos de teores das substâncias como o pH, demanda bioquímica de oxigênio, alcalinidade, dureza de água, os quantitativos e qualitativos. E, por fim, temos as características microbiológicas que são os organismos presentes na água (YASUI, 2015).

Há diversos fatores que podem influenciar na qualidade da água, sendo de condições naturais, como escoamento superficial ou infiltração; ou ações antrópicas, com o uso do solo em torno da bacia hidrográfica (YASUI, 2015). Desta forma, a água pode conter diversos componentes ou impurezas, os quais provêm do próprio ambiente natural ou foram inseridos a partir da atividade humana, estas impurezas podem ser divididas de acordo com as características, conforme indicado na Figura 1.

Figura 1: Impurezas que afetam a qualidade da água.



Fonte: Sperling, 2005.

A fim de preservar a saúde da população, são necessárias, leis e diretrizes para preservar e monitorar a qualidade da água, bem como estabelecer limites relacionados à potabilidade para o consumo humano.

No Brasil, o Conselho Nacional de Meio Ambiente, por meio da Resolução CONAMA 357, de 17 de março de 2005 (BRASIL, 2005), dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências, e o Ministério da saúde, por meio das Portarias Nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011 (BRASIL, 2011) e Nº 888, de 4 de maio de 2021 (BRASIL, 2021), dispõe sobre a qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 OBJETIVO GERAL**

O presente trabalho tem como objetivo geral avaliar a qualidade da água do Rio das Antas, em Irati – PR, através de análises físico-químicas diferentes pontos, ao longo do percurso do rio.

#### **3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

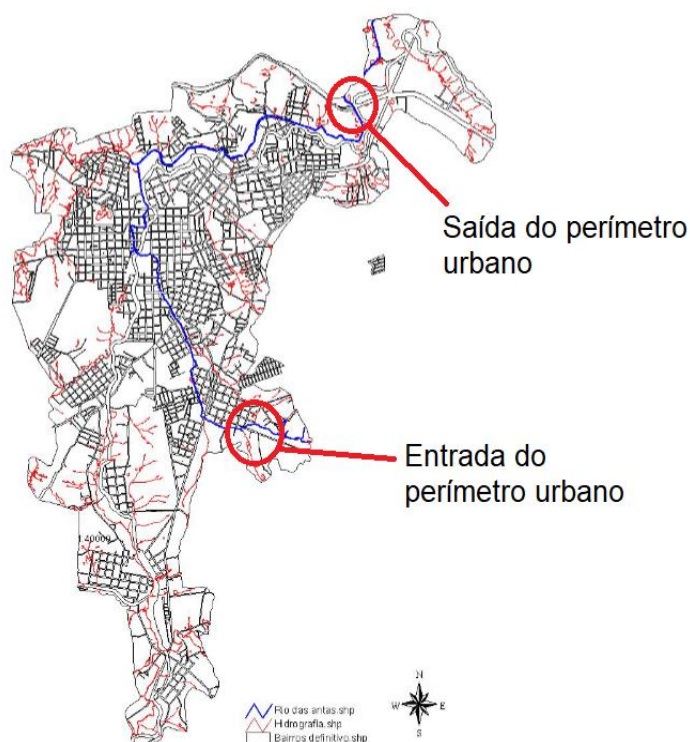
- Coletar amostras de água em três diferentes pontos do Rio das Antas.
- Analisar sete parâmetros físico-químicos (temperatura, pH, condutividade, alcalinidade total, cloretos, dureza total e gás carbônico livre).
- Avaliar a qualidade da água considerando a legislação específica vigente, e comparar com dados da literatura.
- Gerar discussões acerca de possíveis agentes poluidores e da importância da preservação do rio.

## 4. MATERIAIS E MÉTODOS

### 4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi realizado no Rio das Antas localizado no município de Irati, Paraná, Brasil (Figura 2). Considerado um dos principais corpos d'água da cidade de Irati, tem sua nascente na Serra do Nhapindazal, área de expansão urbana do município. Em seu percurso, sua maior extensão atravessa a área urbanizada, passa vários bairros, recebendo vários afluentes antes de sair deste perímetro ao passar sob a ponte na BR 277, percorre mais alguns quilômetros até sua foz, desaguando no rio Imbituvão, rio este que pertence à bacia do Tibagi (SIEKLICKI, 2019).

Figura 2: Mapa do município de Irati e o curso do Rio das Antas com as marcações de entrada e saída do perímetro urbano.



Fonte: ANDRADE e FELCHAK, 2009.

O grande crescimento populacional de forma desordenada e sem qualquer planejamento em torno da bacia do Rio das Antas, juntamente com a falta de saneamento básico, fez com que a degradação do rio e da mata ciliar tivesse seu início, o que ocorreu na década de 40, onde até então era usado como fonte de alimentação e lazer (ANDRADE e FELCHAK, 2009).

Andrade e Felchak (2009) afirmam que em função do grande trajeto no perímetro urbano, o Rio das Antas recebe despejos oriundos de moradores que vivem em suas proximidades, sendo possível perceber a mata ciliar degradada e solo assoreado juntamente com o lixo depositado às suas margens.

#### 4.2 PONTOS DE COLETA E AMOSTRAGEM

Foram selecionados três pontos de coleta abrangendo a área de estudo: Ponto 1, localizado próximo ao Centro Estadual Florestal de Educação Profissional Presidente Costa e Silva, com coordenadas -25.499650,-50.641862; Ponto 2, localizado próximo ao Hotel Luiz XV, com coordenadas -25.462413, -50.644735; e Ponto 3, próximo a Floresta Nacional de Irati (FLONA), dentro do Kartódromo, com coordenadas -25.412001, -50.602197 (Figura 3).

A seleção dos pontos de amostragem foi realizada com a finalidade de comparar os diferentes parâmetros obtidos ao longo do corpo hídrico. Para isso, selecionou-se o primeiro ponto antes de adentrar o perímetro urbano da cidade, o segundo ponto no centro, sendo um bairro majoritariamente comercial e o terceiro ponto, após a saída do perímetro urbano.

Figura 3: Pontos de coleta das amostras



Fonte: Google Maps

A coleta das amostras foi realizada no dia 19 de março de 2022, em frasco de vidro previamente higienizado, que foram imersos a aproximadamente 15 cm de



profundidade, a uma distância de 30 cm da margem (SOUZA e DERISO, 1977).

As imagens dos locais de coleta dos pontos 1, 2 e 3 são apresentadas nas Figuras 4.

Figura 4: (A) e (B) são os pontos de coleta 1. (C) e (D) são os pontos de coleta 2. (E) e (F) são os pontos de coleta 3.



Fonte: Os autores.

### 4.3 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

Os parâmetros físico-químicos: alcalinidade total, gás carbônico livre, cloretos, dureza total, pH, condutividade e temperatura, foram escolhidos conforme os recursos disponíveis no laboratório no Instituto Federal do Paraná – Campus Irati. As análises empregadas (Tabela 1) seguiram as metodologias descritas na literatura (Funasa, 2013; GARCEZ, 2004 e DIAS *et al.* 2016).

Tabela 1 - Parâmetros físico-químicos analisados e métodos empregados.

PARÂMETRO	MÉTODO
Potencial Hidrogeniônico	Medidor de pH
Condutividade elétrica	Medidor de condutividade
Temperatura	Termômetro digital
Alcalinidade total	Volumetria de neutralização
Gás carbônico livre	Volumetria de neutralização
Cloretos	Volumetria de precipitação
Dureza total	Volumetria de complexação

Fonte: Os autores.

#### 4.3.1 Potencial Hidrogeniônico

A medida do potencial hidrogeniônico (pH) foi determinada pelo método potenciométrico, com um pHmetro de bancada de marca MS Tecnopon, modelo mPA-210 com display alfanumérico, previamente calibrado com soluções tamponadas (pH 4,0 e 7,0), com resultados expressos em escala logarítmica de pH.

#### 4.3.2 Condutividade elétrica

A condutividade elétrica (CE) expressa em  $\mu\text{S cm}^{-1}$  foi determinada por meio de um condutivímetro de bancada, da marca Nova Instruments, modelo NI CVM, previamente calibrado com uma solução de  $146,9 \mu\text{S cm}^{-1}$ .

#### 4.3.3 Temperatura

A temperatura (expressa em graus Celsius °C) foi medida em campo, utilizando um termômetro portátil digital, modelo WT-1B.

#### 4.3.4 Alcalinidade total

A alcalinidade total (mg/L de CaCO<sub>3</sub>), foi realizada através de uma titulação ácido-base, empregando-se uma solução padrão 0,01 mol/L de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> e indicador metilorange, na ausência de alcalinidade à fenolftaleína, de acordo com o método descrito no “*Manual Prático de Análises de Água*” (FUNASA, 2013).

Os valores de alcalinidade total, determinados em triplicata, foram obtidos através da fórmula abaixo:

$$\text{Alcalinidade (mg/L de CaCO}_3) = \frac{M_{H_2SO_4} \times V_{H_2SO_4} \times MM_{CaCO_3}}{V_{amostra}} \times 1000$$

Onde:

$M_{H_2SO_4}$  = Concentração da solução padrão do titulante (mol/L).

$V_{H_2SO_4}$  = Volume de titulante consumido na titulação (mL).

$MM_{CaCO_3}$  = Massa Molar do carbonato de cálcio (g/mol).

$V_{amostra}$  = Volume da amostra (mL).

#### 4.3.5 Gás carbônico livre

A análise de gás carbônico livre (mg/L de CO<sub>2</sub>) foi realizada por meio de uma titulação ácido-base, empregando-se uma solução 0,02 mol/L de NaOH, devidamente padronizada, e indicador fenolftaleína, de acordo com o método descrito no “*Manual Prático de Análises de Água*” (FUNASA, 2013).

Os valores para análise de gás carbônico livre, determinados em triplicata, foram obtidos através da fórmula abaixo:

$$V \times 10 \times Fc = \text{mg/L de CO}_2 \text{ livre}$$

Onde:

V= Volume de titulante consumido na titulação (mL).

Fc= Fator de correção (0,895).

#### 4.3.6 Cloretos

Esse parâmetro é expresso em mg L<sup>-1</sup> de Cl. Nesta análise adotou-se o procedimento descrito no “*Manual de Procedimentos e Técnicas Laboratoriais voltado para Análises de Águas e Esgotos Sanitário e Industrial*” (GARCEZ, 2004). Realizou-se uma titulação por precipitação (método Mohr) empregando-se uma solução 0,0141

mol/L de AgNO<sub>3</sub>, devidamente padronizada, e cromato de potássio como indicador. Quando necessário, antes do início da titulação, os pHs das amostras foram corrigidos para valores entre 7 e 10.

Os valores de cloretos, determinados em triplicata, foram obtidos através da fórmula abaixo:

$$Cl \text{ (mg/L)} = \frac{(A - B) \times M_{AgNO_3} \times 35,453}{V_{amostra}} \times 1000$$

Onde:

*A* = Volume do titulante gasto para titular a amostra (mL)

*B* = Volume do titulante gasto para titular o branco (mL)

*M*<sub>AgNO<sub>3</sub></sub> = Concentração da solução do titulante (mol/L)

*V*<sub>amostra</sub> = Volume da amostra (mL)

#### 4.3.7 Dureza total

Determinou-se a dureza total das amostras, expressa em mgL<sup>-1</sup> de CaCO<sub>3</sub>, por meio de titulação complexométrica com uma solução padrão de EDTA 0,01 mol/L, após o tamponamento do meio com uma solução tampão NH<sub>3</sub>/NH<sub>4</sub>Cl (pH =10), e empregando-se indicador eriocromo-T, de acordo com o procedimento descrito por Dias *et al.* (2016).

Os valores de dureza total, determinados em triplicata, foram obtidos através da fórmula abaixo:

$$\text{Dureza total (mg/L de CaCO}_3\text{)} = \frac{M_{EDTA} \times V_{EDTA} \times MM_{CaCO_3}}{V_{amostra}} \times 1000$$

Onde:

*M*<sub>EDTA</sub> = Concentração da solução padrão do titulante (mol/L).

*V*<sub>EDTA</sub> = Volume de titulante consumido na titulação (mL).

*MM*<sub>CaCO<sub>3</sub></sub> = Massa Molar do carbonato de cálcio (g/mol).

*V*<sub>amostra</sub> = Volume da amostra de água (mL).

## 5. RESULTADO E DISCUSSÃO

As amostras foram coletadas ao longo do percurso do Rio das Antas, na cidade de Irati – PR, em três diferentes localidades, a primeira antes de adentrar o perímetro urbano, a segunda no centro, sendo um bairro majoritariamente comercial e a terceira, após a saída do perímetro urbano.

Avaliou-se os seguintes parâmetros físico-químicos: alcalinidade total, gás carbônico livre, cloretos, dureza total, pH, condutividade e temperatura. Os resultados obtidos foram comparados com os valores estabelecidos e gerenciados pelos órgãos competentes, Conselho Nacional do Meio Ambiente (Resolução CONAMA N° 357, de 17 de março de 2005) e Ministério da Saúde Portaria nº 888, de 4 de maio de 2021. Alguns dos parâmetros analisados não são especificados pelo CONAMA nem pelo Ministério da Saúde, nestes casos buscou-se a comparação com valores reportados na literatura sobre análise de águas superficiais.

Os pontos de coleta serão denominados pelas abreviações P1, P2 e P3. Os resultados obtidos mediante aos testes de qualidade estão apresentados a seguir.

### 5.1 POTENCIAL HIDROGENIÔNICO (pH):

Os valores de pH obtidos nos três pontos de coletas são apresentados na Tabela 2. A análise de potencial hidrogeniônico (pH), determina a concentração de íons H<sup>+</sup> dissolvidos em água, permitindo assim, de acordo com escala de pH, verificar se ela está ácida, neutra ou alcalina.

As medidas de pH obtidas nos três pontos de coletas são apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2 - Medidas de pH obtidas nos diferentes pontos de coleta de água do Rio das Antas, Irati - Paraná.

P1	P2	P3
7,04	7,30	6,74

Fonte: Os autores.

Os valores obtidos estão em conformidade com a portaria do Ministério da Saúde nº 888, de 4 de maio de 2021, que recomenda que o pH da água esteja na faixa de 6,0 a 9,5. Além disso, é possível observar nos resultados, que o terceiro ponto

de coleta teve pH levemente mais ácido do que em relação aos pontos 1 e 2, uma hipótese seria que efluentes despejados no rio ao longo da cidade aumentem sua acidez.

## 5.2 CONDUTIVIDADE ELÉTRICA

A condutividade da água é a medida da possibilidade que ela tem de conduzir corrente elétrica, e é proporcional à quantidade de sais dissociados em determinado corpo hídrico. Nas regiões tropicais a condutividade está relacionada com as características geoquímicas da região e condições climáticas. Esse parâmetro não é um indicador preciso de quais sais estão presentes na água, mas é um indicador importante de poluição (PIRATOBA *et al.*, 2017; ZUIN, 2008).

As medidas de condutividade elétrica obtidas nos três pontos de coletas são apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3 - Medidas de condutividade elétrica obtidas nos diferentes pontos de coleta de água do Rio das Antas, Irati - Paraná.

P1	P2	P3
68,61 uS/cm	96,98 uS/cm	105,3 uS/cm

Fonte: Os autores.

De acordo com Piratoba *et al.* (2017) o ponto de coleta após percorrer o perímetro urbano pode ter sua condutividade aumentada, uma vez que sofre com a influência dos efluentes das indústrias e da comunidade da cidade. Os dados obtidos através das análises corroboram com essa premissa, pois é possível observar aumento significativo nos valores de condutividade desde o P1, passando pelo P2 e finalmente P3. Houve aumento de 53,5% na condutividade do P3, em relação ao P1.

O CONAMA não aborda os parâmetros de condutividade como sendo avaliador da qualidade da água, portanto, buscou-se comparar com a literatura existente. De acordo com Von Sperling (2007 *apud* Aguilar Piratoba, 2017) um valor normal para condutividade em águas doces seria entre 10 e 100  $\mu\text{S/cm}$ , podendo chegar até a 1000  $\mu\text{S/cm}$  em águas poluídas. Desta forma, os pontos P1 e P2 estão dentro da normalidade, enquanto o P3 tem está um pouco acima do valor citado.

### 5.3 TEMPERATURA

A poluição pode se dar de diferentes modos, um deles é a térmica, uma poluição do tipo física, que não está diretamente ligada à temperatura do rio, mas sim aos efluentes que são despejados no corpo hídrico (ANDRADE e FELCHAK, 2009).

Pequenas variações de calor nos rios são importantes para as reações químicas e fundamentais para a manutenção da biota. Diversos fatores afetam a temperatura superficial da água tais como a latitude, longitude, estação do ano e até mesmo a profundidade. À medida que a temperatura vai de 0°C a 30° vários fatores físico-químicos como viscosidade, constante de ionização, calor latente de vaporização, tensão superficial, calor específico tendem a diminuir, em contrapartida a condutividade e pressão de vapor aumentam (CETESB, 2018).

Diversos organismos têm temperaturas adequadas para migração, desova, incubação de ovos, crescimento e limites de tolerância superior ou inferior.

As medidas de temperatura obtidas nos três pontos de coletas são apresentadas na Tabela 4.

Tabela 4 - Medidas de temperatura obtidas nos diferentes pontos de coleta de água do Rio das Antas, Irati - Paraná.

P1	P2	P3
21°C	22°C	22°C

Fonte: Os autores.

O CONAMA não aborda a variação de temperatura dos rios como um parâmetro a ser obedecido pela entidade responsável do município, mas cita parâmetros mínimos para o despejo de efluentes no corpo hídrico. Segundo o art. 34, § 4º, II a Resolução do CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005, a temperatura do efluente despejado no rio não deve ultrapassar a 40°C, sendo que não deve variar mais de 3°C na zona de mistura, a região onde há a diluição inicial do efluente.

### 5.4 ALCALINIDADE TOTAL

A alcalinidade total de uma água pode ser obtida pela soma de todas as formas de alcalinidade, ou seja, é a concentração dos bicarbonatos ( $\text{HCO}_3^-$ ), carbonatos ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) e hidróxidos ( $\text{OH}^-$ ), expressa em termos de carbonato de cálcio (FUNASA,



2013). Outros ânions, como cloretos, nitratos e sulfatos, não contribuem para a alcalinidade (BRASIL, 2014).

Este parâmetro indica a quantidade de íons na água que reagem para neutralizar os íons hidrogênio, portanto, é uma medição da capacidade da água de neutralizar os ácidos, servindo, assim, para expressar a capacidade de tamponamento da água, ou seja, a capacidade de resistir a variações no pH. Desta forma, ambientes aquáticos com altos valores de alcalinidade podem manter aproximadamente os mesmos valores de pH, mesmo com o recebimento de contribuições fortemente ácidas ou alcalinas (BRASIL, 2014).

Os resultados obtidos na análise de alcalinidade total são apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 - Resultados para a análise de alcalinidade total obtidos nos diferentes pontos de coleta de água do Rio das Antas, Irati - Paraná.

	P1	P2	P3
Alcalinidade (mg/L de CaCO <sub>3</sub> )	25,69	41,89	39,16

Fonte: Os autores.

O Conselho Nacional do Meio Ambiente CONAMA 357/2005 não fornece um parâmetro como indicador de alcalinidade total nas águas superficiais, no entanto, a maioria das águas naturais apresentam valores de alcalinidade na faixa de 30 a 500 mg/L<sup>-1</sup> de CaCO<sub>3</sub> (SILVA *et al.*, 2019). No parâmetro alcalinidade total, expresso em mg/L de carbonato de cálcio, o P2 e P3 se encaixam dentro dos valores usuais, enquanto o P1 está um pouco abaixo.

Águas de baixa alcalinidade (<24 mg/L como CaCO<sub>3</sub>), apresentam pouca capacidade de tamponamento e, assim, são suscetíveis às mudanças de pH de acordo com Chapman e Kimstack (1992, apud COELHO, *et al.* 2015). Valores elevados de alcalinidade, por sua vez, podem estar associados a processos de decomposição da matéria orgânica e alta taxa respiratória de micro-organismo, pois há a liberação e dissolução de gás carbônico (CO<sub>2</sub>) na água (BRASIL, 2014).

## 5.5 GÁS CARBÔNICO LIVRE

A acidez total da água é representada pelo teor de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) livre, de ácidos minerais, de ácidos orgânicos, e sais ácidos, os quais na hidrólise



produzem íons de hidrogênio. A importância da determinação da acidez, se dá ao fato de que sua variação brusca, pode caracterizar o lançamento de algum resíduo industrial (NETO, 2013).

Em contraposição a alcalinidade, o teor de acidez mede a capacidade da água resistir às mudanças de pH causadas pelas bases, a origem dessa acidez pode ser natural como (CO<sub>2</sub> absorvido da atmosfera, ou resultante da decomposição de matéria orgânica, presença de gás sulfídrico) ou antropogênica (despejos industriais, passagem da água por minas abandonadas) (BRASIL, 2014).

Os resultados para a análise de gás carbônico livre são apresentados na Tabela 6.

Tabela 6 - Resultados para a análise de gás carbônico livre obtidos nos diferentes pontos de coleta de água do Rio das Antas, Irati - Paraná.

	P1	P2	P3
mg/L de CO <sub>2</sub> livre	2,01	1,34	3,02

Fonte: Os autores.

O Ministério da Saúde e o CONAMA não abordam os limites máximos para o gás carbônico (CO<sub>2</sub>). Entretanto, segundo o Manual Prático de Análises de Água (FUNASA, 2013), o gás carbônico livre existe em águas superficiais normalmente está em concentração menor do que 10 mg/L, enquanto em águas subterrâneas pode existir em maior concentração.

Nos resultados obtidos, é possível observar que todos os pontos apresentaram concentração de CO<sub>2</sub> livre inferior a 10 mg/L, citado como normal em águas superficiais. Além disso, corroboram com o indicativo de que os efluentes despejados ao longo do percurso do rio, podem influenciar na quantidade de gás carbônico livre, visto que o teor no P3 é um pouco maior que nos outros dois pontos de coleta.

## 5.6 CLORETOS

O cloreto é um íon importante nas águas subterrâneas e superficiais, os cloretos, geralmente, provêm da dissolução de minerais ou da intrusão de águas do mar, e ainda podem advir dos esgotos domésticos ou industriais (BRASIL, 2014). O suor e dejetos dos seres humanos e animais possuem muitos cloretos, pois o cloreto de sódio (NaCl) sempre está presente em suas dietas e é inteiramente jogado para

fora do organismo (VOGEL,1992).

As altas concentrações de cloretos oferecem perigo também para muitas espécies de plantas, superfícies feitas de metal e até estruturas de construção. Para os seres humanos as altas taxas de cloretos podem variar sua periculosidade, pessoas que vivem em áreas mais áridas podem suportar até a 900 mg/L de cloretos sem percepção de efeitos fisiológicos, já pessoas que não são acostumadas um grande teor de cloretos pode ocasionar efeitos laxativos (VOGEL,1992).

A Resolução do CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005 estabelece que o valor máximo permitido para cloretos é de 250 mg/L.

Os resultados obtidos para análise de cloretos, expressos em mg/L, são apresentados na Tabela 7.

Tabela 7 - Resultados para a análise de cloretos obtidos nos diferentes pontos de coleta de água do Rio das Antas, Irati - Paraná.

	P1	P2	P3
Cloretos (mg/L)	4,70	5,19	5,58

Fonte: Os autores.

É possível observar que os valores obtidos na análise de cloretos estão bem abaixo do máximo permitido pelo CONAMA, entretanto, há um aumento gradativo no percorrer do rio, corroborando com a premissa de que a influência antrópica altera as características do corpo hídrico.

## 5.7 DUREZA TOTAL

Um parâmetro importante da avaliação da qualidade da água é a determinação da sua dureza, que é atribuída à presença de cátions metálicos, principalmente íons  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$ , por serem mais abundantes. O cálcio e o magnésio estão presentes na água, principalmente como bicarbonatos e sulfatos de cálcio e magnésio. Os bicarbonatos de cálcio e magnésio são responsáveis pela alcalinidade, causam a dureza temporária e, pela ação de calor ou de substâncias com caráter alcalino, originam precipitados de  $\text{CaCO}_3$  e  $\text{MgCO}_3$ . Os sulfatos e outros compostos, como cloretos, por exemplo, dão à água a dureza permanente (BACCAN *et al.*, 2001; DIAS *et al.*, 2016).

Quando a água está com elevados níveis de dureza, é exigida uma quantidade

maior de sabão para se produzir espuma, e, por muito tempo esse parâmetro foi levado em consideração para a manutenção da qualidade da água, visto a dificuldade e custos de se fazer limpezas tanto de roupas como de utensílios (NETO, 2013).

A dureza da água causa um outro problema perigoso quando exposta a altas temperaturas, provoca incrustações em painéis, prejudicando alimentos, podendo causar entupimentos em tubulações aumentando assim a pressão e podendo causar grandes explosões ,segundo Neto (2013).

A Organização Mundial de Saúde (OMS) classifica água em relação à concentração de carbonato de cálcio. A Tabela 08 mostra a classificação da água de acordo com a dureza (ALMEIDA e SOUZA, 2019).

Tabela 8 - Classificação da água em relação à concentração de Carbonato de Cálcio (CaCO<sub>3</sub>), segundo a OMS.

DUREZA	CONCENTRAÇÃO DE CaCO <sub>3</sub>
Muito dura	>180 mg/L
Dura	121 a 180 mg/L
Moderadamente dura	60 a 120 mg/L
Macia	<60 mg/L

Fonte: Almeida e Souza, 2019.

Os resultados para a análise de dureza total são apresentados na Tabela 9.

Tabela 9 - Resultados para a análise de dureza total obtidos nos diferentes pontos de coleta de água do Rio das Antas, Irati - Paraná.

	P1	P2	P3
Dureza total (mg/L de CaCO <sub>3</sub> )	30,69	34,43	32,03

Fonte: Os autores.

Em relação a concentração de carbonato de cálcio (CaCO<sub>3</sub>), a portaria nº518/2004 do Ministério da Saúde, determina uma concentração máxima de 500 mg/L, permitido para o consumo humano. Na tabela 9 é possível observar que os três pontos coletados apresentaram dureza total inferior a 60 mg/L de CaCO<sub>3</sub>, ou seja, a água pode ser classificada como macia.

## 6. CONCLUSÃO

O crescimento populacional exacerbado, e a iminente escassez hídrica evidenciam a necessidade de se estabelecer rotinas de monitoramento dos recursos hídricos, a fim de avaliar seus níveis de poluição para adoção de medidas de correção e prevenção.

Os parâmetros físico-químicos empregados neste trabalho, permitiram estimar a qualidade da água do Rio das Antas, Irati – PR ao longo de seu percurso.

Os valores medidos, na sua maioria, estão abaixo dos limites máximos estabelecidos pelo CONAMA, Ministério da Saúde, ou recomendados pela literatura disponível, com exceção da alcalinidade no terceiro ponto de coleta, que foi um pouco abaixo do usual encontrado em águas naturais.

É importante destacar que se observou nas análises, um aumento da condutividade elétrica ao longo do percurso do rio, fato que pode evidenciar a influência antrópica durante seu percurso no perímetro urbano, indicando que a urbanização, de alguma forma, afeta as suas características originais.

Essa pesquisa visa influenciar futuros estudos, a fim de que se haja monitoramento adequado deste recurso hídrico importante para a região, objetivando a melhora da qualidade do rio para uso seguro pela população.

## 7. REFERÊNCIAS

ALMEIDA, W. R. F. de; SOUZA, F. M. de. Análise Físico-Química da Qualidade da Água do Rio Pardo no Município de Cândido Sales – BA. **Id on Line Rev. Mult. Psic.**, vol.13, n.43, p. 353-378, 2019. ISSN: 1981-1179.

ANDRADE, A. R. de; FELCHAK, I. M. A Poluição Urbana e o Impacto na Qualidade da Água do Rio das Antas - Irati/Pr. **Geoambiente On-line**, n. 12, 2013. DOI: 10.5216/rev. geoambie.v0i12.25985.

ASSIS, D. M. S. et al. Avaliação dos Parâmetros Físico-Químicos da Água de Abastecimento em Diferentes Bairros do Município de Salvaterra (Arquipélago do Marajó, PA). **Revista Virtual de Química**, 2017, 9 (5), 1825-1839, 2017.

BACCAN, N. *et al.* **Química Analítica Quantitativa Elementar**, 3ª edição. São Paulo: Edgard Blucher, 2001.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS**. Brasília: Funasa, 2014.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria Nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria Nº 888, de 4 de maio de 2021.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 1, de 23 de janeiro de 1986 Publicada no DOU, de 17 de fevereiro de 1986.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005.

CETESB, Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Módulo II – Prevenção da Poluição Ambiental e Controle de Fontes: **Fundamentos do Controle de Poluição das Águas**. São Paulo, 2018.

CHAPMAN, D; KIMSTACK, V. The selection of water quality variables In: CHAPMAN, D. **Water Quality Assessment**. London: Chapman & Hall Ltd., 1992. p.51-117.

COELHO. D. A, SILVA. A. R. S, CASTRO. T. O, SANTOS.R.C.G, PASSOS.A.S. Análise de alcalinidade total e concentração de carbono inorgânico em trechos urbanos de rios: o exemplo do Rio Santa Rita, região sudoeste da Bahia. **VI Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental**, Porto Alegre, 2015.

CORRÊA, R. S.; SILVA, R. V. B. Ocupação urbana e degradação ambiental: ocupação, simbolismo e cidadania ambiental no bairro do Paraíso, Mosqueiro - PA. **Revista Perspectivas do Desenvolvimento**, v. 3, n. 04, 2015.

DIAS, S. L. P. *et al.* **Química Analítica: Teoria e práticas essenciais**. Porto Alegre: Bookman, 2016.

FENDRICH, R.; OLIYNIK, R. **Manual de Utilização das Águas Pluviais**. 1ª Edição. Curitiba: Livraria do Chain Editora. 190p., 2002.

FERREIRA, Rosely. Portal de Educação Ambiental. Infraestrutura e Meio Ambiente, Governo do estado de São Paulo, 2017. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/blog/2017/03/20/conheca-os-diferentes-tipos-de-agua/>. Acesso em: 28 de maio de 2022.

FUNASA, Fundação Nacional da Saúde. **Manual Prático da Análise da Água**. Departamento de Saúde Ambiental Coordenação de Controle da Qualidade da Água. Brasília: 4º edição, 2013.

GARCEZ, N. L. **Manual de Procedimentos e Técnicas Laboratoriais Voltados para Análises de Águas e Esgotos Sanitários e Industrial**. Disponível em: [http://www.leb.esalq.usp.br/disciplinas/Fernando/leb360/Manual%20de%20Tecnicas%20de%20Laboratorio\\_Aguas%20e%20Esgotos%20Sanitarios%20e%20Industriais.pdf](http://www.leb.esalq.usp.br/disciplinas/Fernando/leb360/Manual%20de%20Tecnicas%20de%20Laboratorio_Aguas%20e%20Esgotos%20Sanitarios%20e%20Industriais.pdf). Acesso em: 14 de abr. 2022.

GRASSI M.T. As águas do planeta Terra. **Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola**. Edição especial, maio de 2001.

JÚNIOR, L. C. A.; VASCONCELOS, E. C. A. Poluição. **Revista Síntese - Direito Ambiental**, v. 13, p. 118-134, 2013.

MERTEN, G. H.; MINELLA, J. P. Qualidade de água em bacias hidrográficas rurais: um desafio atual para a sobrevivência futura. **Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável**. v.3, n.4, 2002.

NETO, J. L. S. **Análise físico-química de parâmetros de qualidade da água de abastecimento de uma cidade localizada no alto sertão do estado de Pernambuco**. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Estadual da Paraíba, 2013.

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

PIRATOBA, A. R. A. *et al.* Caracterização de parâmetros de qualidade da água na área portuária de Barcarena, PA, Brasil. **Revista Ambiente e Água**, v. 12, n. 3, 2017. DOI: [doi.org/10.4136/ambi-agua.1910](https://doi.org/10.4136/ambi-agua.1910)

SIEKLICKI, Jéssica *et al.* Relações pontuais entre o uso e ocupação da terra e a qualidade da água obtida pela avaliação dos efeitos genotóxicos em bioindicadores vegetais. **Revista Ambiente e Água**, v. 14, n. 2, 2019. DOI: [doi.org/10.4136/ambi-agua.2299](https://doi.org/10.4136/ambi-agua.2299)

SILVA, A.B. *et al.* Química ambiental: monitoramento físico-químico da água de um poço artesiano na cidade de Remígio-PB. **Águas Subterrâneas - Seção Estudos de Caso e Notas Técnicas**, 2019.

SOUZA, H. B.; DERISO, J. C. **Guia Técnico de Coleta de Amostras de Água**. CETESB, 257 p. Il. São Paulo, 1977.

SPERLING, M. V. **Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias**. Volume 1 - Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos. 3ª Edição. Belo Horizonte: UFMG, 2005.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 2ª ed. Porto Alegre: Editora da Universidade: ABRH, 1997.

VOGEL, A. I. **Análise Química Quantitativa**. Editora Guanabara Koogan S.A., 1992. Rio de Janeiro, RJ.

YASUI, J. C. **Análise físico-química e microbiológica de água em residências localizadas no município de Pacaembu/SP**. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, Campus Campo Mourão, 2015.

ZUIN, V. G; *et al.* O Emprego de Parâmetros Físicos e Químicos para a Avaliação da Qualidade de Águas Naturais: Uma Proposta para a Educação Química e Ambiental na Perspectiva CTSA. **Química Nova na Escola**, vol. 31, nº 1, 2009.