



UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA  
CURSO DE QUÍMICA INDUSTRIAL

**LETÍCIA PONTES DE ARAÚJO CAVALCANTE**

**ESTUDO DA QUALIDADE FÍSICO-QUÍMICA E MICROBIOLÓGICA DAS ÁGUAS DO  
RIO DOS CACHORROS NA COMUNIDADE DO TAIM**



São Luís - MA

2016

**LETÍCIA PONTES DE ARAÚJO CAVALCANTE**

**ESTUDO DA QUALIDADE FÍSICO-QUÍMICA E MICROBIOLÓGICA DAS ÁGUAS DO  
RIO DOS CACHORROS NA COMUNIDADE DO TAIM**

Monografia apresentado ao Curso de Química Industrial da Universidade Federal do Maranhão como requisito para obtenção do título de Bacharela em Química Industrial

Orientador: Prof. Dr. Victor Elias Mouchrek Filho

**São Luís - MA**

**2016**

Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo(a) autor(a).  
Núcleo Integrado de Bibliotecas/UFMA

Pontes de Araújo Cavalcante, Leticia.

ESTUDO DA QUALIDADE FÍSICO-QUÍMICA E MICROBIOLÓGICA DAS  
ÁGUAS DO RIO DOS CACHORROS NA COMUNIDADE DO TAIM / Leticia  
Pontes de Araújo Cavalcante. - 2016.

50 f.

Orientador(a): Victor Elias Mouchrek Filho.

Monografia (Graduação) - Curso de Química Industrial,  
Universidade Federal do Maranhão, UFMA, 2016.

1. Contaminação. 2. Físico-química. 3.  
Microbiologia. I. Elias Mouchrek Filho, Victor. II.  
Título.

**LETÍCIA PONTES DE ARAÚJO CAVALCANTE**

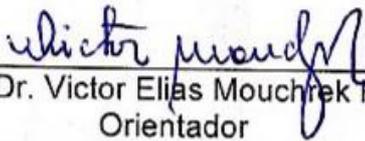
**ESTUDO DA QUALIDADE FÍSICO-QUÍMICA E MICROBIOLÓGICA DAS ÁGUAS DO  
RIO DOS CACHORROS NA COMUNIDADE DO TAIM**

Monografia apresentado ao Curso de Química Industrial da Universidade Federal do Maranhão como requisito para obtenção do título de Bacharela em Química Industrial

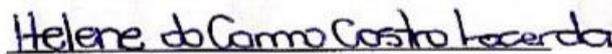
Orientador: Prof. Dr. Victor Elias Mouchrek Filho

Aprovada em 02/09/2016.

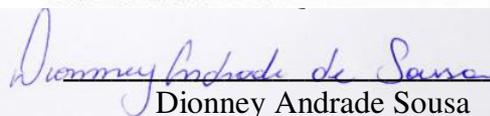
**BANCA EXAMINADORA**



Prof. Dr. Victor Elias Mouchrek Filho  
Orientador  
Departamento de Tecnologia Química



Helene do Carmo Castro Lacerda  
Bacharela em Química Industrial



Dionney Andrade Sousa  
Bacharel em Química Industrial  
Coordenação do Curso de Bacharel em Ciências e Tecnologia

Dedico a Deus por sempre guiar meus passos.

Dedico a minha família a qual me baseio e inspiro.

Dedico a meu noivo e a meus amigos pela força e  
compreensão.

“Mantenha seus pensamentos positivos, porque seus pensamentos tornam-se suas palavras.

Mantenha suas palavras positivas, porque suas palavras tornam-se suas atitudes.

Mantenha suas atitudes positivas, porque suas atitudes tornam-se seus hábitos.

Mantenha seus hábitos positivos, porque seus hábitos tornam-se seus valores.

Mantenha seus valores positivos, porque seus valores... Tornam-se seu destino”.

(MAHATMA GANDHI)

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pelo dom da vida, pela fé e perseverança para vencer os obstáculos. A minha avó Maria e meu falecido avó Moisés por serem à base de tudo.

Aos meus pais Silvio Aurélio e Elisiê, aos meus irmãos Erick e Milenna, pela orientação, confiança e dedicação nessa fase do curso de graduação e durante toda minha vida.

A minhas tias, Elienê, Jôse Ana e Maria Lima pela força, apoio e incentivo em todos os momentos da minha vida.

Ao meu noivo Rodrigo, que esteve presente na realização da pesquisa e disponibilizou seu tempo em me acompanhar nesta etapa e pela compreensão, pois estive ausente em muitos momentos de estudo.

Ao meu orientador Prof. Dr. Victor Elias Mouchrek Filho pelas orientações ao longo do desenvolvimento da pesquisa.

Agradeço a todos os professores do curso de Química Industrial, professores da UFMA.

A amiga Helene, que diretamente me incentivou e orientou nas análises e procedimentos laboratoriais.

A amiga Natália, pelo companheirismo e apoio prestado durante toda graduação.

Agradeço ao Sr. Valdemir, morador da comunidade do Taim, que auxiliou e apontou os pontos para as coletas no Rio dos Cachorros, bem como disponibilizou seu tempo em me acompanhar nesta etapa.

Ao grupo do Programa de Controle de Qualidade de Alimentos e Água que realizou as análises microbiológicas da água coletada e apresentada no trabalho.

Ao Prof. João Reis do Laboratório de Química de Solos da UEMA pelo apoio prestado.

A todas amigas da turma de Química Industrial 2012.1 que enfrentaram essa batalha juntas a mim durante toda jornada de estudos.

Enfim, sou grata a todos que contribuíram de forma direta ou indireta para a realização desta monografia.

Muito Obrigada!

## RESUMO

A água é um bem natural essencial à existência de todos os seres vivos, contendo um largo espectro das atividades humanas, em que se destacam múltiplos usos indispensáveis, entre outros, o abastecimento público e industrial, a irrigação agrícola, a produção de energia elétrica e as atividades de lazer e recreação. Porém, para atender todas as necessidades dos seres vivos ela precisa estar em condições adequadas ao uso, ou seja, limpa e com a concentração de seus componentes equilibrada. Este trabalho teve como temática avaliar a qualidade físico-química e microbiológica da água do Rio dos Cachorros na comunidade do Taim, localizado na zona rural de São Luís – MA, que é utilizado por comunidades ribeirinhas da região para pesca e recreação. A água analisada nos estudos foi proveniente de dois pontos nas proximidades da comunidade, o primeiro ponto foi em frente ao principal acesso que os moradores da comunidade do Taim têm ao rio e o segundo ponto de coleta foi 540m a jusante do primeiro ponto. Os resultados obtidos na determinação dos parâmetros físico-químicos indicam que a água do rio está dentro de sua caracterização que é de águas salobras de classe I e II, estando em conformidade com a resolução 357 do CONAMA. Depois de feita a comparação com a resolução, verificou-se que as análises físico-químicas apresentaram resultados satisfatórios, exceto alguns metais e a turbidez, onde os valores obtidos para salinidade foram 25‰; 25‰; 23‰; 23‰; 27‰ e 27‰, para pH 7,99; 8; 8,06; 8,08; 8,02; 8,06, para cloretos 15554,53; 15453,52; 12928,27; 12675,74; 15655,54 e 15655,54, para turbidez 12,32; 19,49; 4,98; 5,56; 5,88 e 6,20, para condutividade elétrica 29.745; 29.068; 28.924; 27.992; 29.648 e 29.188, para alcalinidade 9,592 e 13,189 de  $\text{CO}_3^{2-}$  e 139,08; 136,64; 168,36; 169,58; 122; 114,68 de  $\text{HCO}_3^{-}$ , para dureza total 5326,5; 5326,5; 4522,5; 4623; 6130,4 e 6130,4, para ferro 0,345; 0,683; 0,118; 0,144; 0,004 e 0,21, para o cádmio 0,01221; 0,00544; 0,01533; 0,01113; 0,00387 e 0,00563, para o chumbo 1,57842; 1,96299; 1,19530; 1,83401; 1,75755 e 2,00420, para manganês 0,01304; 0,01178; 0,01166; 0,00926; 0,01179 e 0,00911, para mercúrio 0,05367; 0,03097; 0,03870; 0,02670; 0,05036 e 0,03522. Já as microbiológicas apresentaram variações na determinação do número mais provável de coliformes, sendo 93; 460; 1100; 2400; 2400; 2400; 2400 os valores obtidos de coliformes totais e termotolerantes, chegando a apresentar valores acima do permitido, tal fato provavelmente se deram devido à contaminação oriunda de dejetos humano ou animal, uma vez que não há ligações clandestinas de esgoto sanitário sendo jogadas diretamente no rio. Este rio que em sua extensão é utilizado por comunidades ribeirinhas apresentou resultados considerados razoáveis.

Palavras-chave: físico-química, microbiologia, contaminação.

## ABSTRACT

Water is a natural resource essential to the existence of all living beings, containing a wide range of human activities, which highlights multiple essential uses, among others, public and industrial supply, agricultural irrigation, the production of electricity and leisure and recreation activities. However, to meet all the needs of living beings it must be in proper condition for use, ie clean and the concentration of its balanced components. This study has the objective of evaluate the physical, chemical and microbiological water quality of Rio dos Cachorros in the Taim community, located in the countryside of São Luis – MA that is used by riverside communities in the region for fishing and recreation. The water analyzed in the study came from two points near the community, the first point was in front of the main access that the residents, of Taim community, have to the river and the second collection point was 540 meters downstream from the first point. The results obtained in the determination of physico-chemical parameters indicate that the river water is within of your characterization that is brackish waters class I and II, in conformity with Resolution 357 of CONAMA. Having made the comparison with the resolution, it was found that the physico-chemical analysis showed satisfactory results, but some metals and turbidity, where values were obtained for salinity 25 ‰; 25 ‰; 23 ‰; 23 ‰; 27 ‰ to 27 ‰, to pH 7.99; 8; 8.06; 8.08; 8.02; 8.06 to 15554.53 chlorides; 15453.52; 12928.27; 12675.74; 15655.54 and 15655.54 for turbidity 12.32; 19.49; 4.98; 5.56; 5.88 and 6.20, electric conductivity to 29,745; 29068; 28924; 27,992; 29,648 and 29,188, 13.189 and 9.592 for alkalinity of  $\text{CO}_3^{2-}$  and 139.08; 136.64; 168.36; 169.58; 122; 114.68 of  $\text{HCO}_3^-$  to total hardness 5326.5; 5326.5; 4522.5; 4623; 6130.4 6130.4 and for iron 0.345; 0.683; 0.118; 0.144; 0.004 and 0.21, for cadmium 0.01221; 0.00544; 0.01533; 0.01113; 0.00387 and 0.00563, 1.57842 for lead; 1.96299; 1.19530; 1.83401; 1.75755 and 2.00420 to 0.01304 manganese; 0.01178; 0.01166; 0.00926; 0.01179 and 0.00911 to 0.05367 mercury; 0.03097; 0.03870; 0.02670; 0.05036 and 0.03522. Already microbiological showed variations in determining the most probable number of coliforms, 93; 460; 1100 and 2400 the values of total and fecal coliforms, coming to present above the allowed values, this fact probably given due to contamination originating from human or animal waste, since there is no illegal connections of sewage being thrown directly into the river. This river that in your extension is used by coastal communities showed results considered reasonable.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> – Mapa de localização da comunidade do Taim.....	5
<b>Figura 2</b> – Mapa de localização do Golfão Maranhense .....	7
<b>Figura 3</b> – Espectrofotômetro de UV/Visível .....	14
<b>Figura 4</b> – Turbidímetro Digital.....	15
<b>Figura 5</b> – Peagômetro.....	15
<b>Figura 6</b> – Condutivímetro.....	16
<b>Figura 7</b> – Refratômetro Portátil.....	16
<b>Figura 8</b> – Estufa de Cultura a 35°C .....	17
<b>Figura 9</b> – Banho-Maria regulado a 45°C.....	17
<b>Figura 10</b> – Espectrofotômetro de emissão atômica.....	18
<b>Figura 11</b> – Mapa de localização dos pontos de amostragem .....	19
<b>Figura 12</b> – Esquema ilustrativo do teste presuntivo.....	24
<b>Figura 13</b> – Esquema ilustrativo para o teste de coliformes totais .....	25

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> – Tabela do Número Mais Provável (NMP), para séries de três tubos .....	26
<b>Tabela 2</b> – Diferenciação de coliformes da água.....	27
<b>Tabela 3</b> – Análise Físico-Química de Águas Coletadas nos Pontos 1 e 2.....	28
<b>Tabela 4</b> – Análise Microbiológica de Águas Coletadas nos Pontos 1 e 2.....	32

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	<b>3</b>
<b>2.1</b>	<b>Comunidade do Taim</b> .....	<b>3</b>
<b>2.2</b>	<b>Localização</b> .....	<b>4</b>
<b>2.3</b>	<b>Clima</b> .....	<b>6</b>
<b>2.4</b>	<b>Vegetação</b> .....	<b>6</b>
<b>2.5</b>	<b>Geologia</b> .....	<b>7</b>
<b>2.6</b>	<b>Geomorfologia</b> .....	<b>7</b>
<b>2.7</b>	<b>Parâmetros Físico-Químicos</b> .....	<b>8</b>
2.7.1	Turbidez .....	8
2.7.2	Alcalinidade .....	8
2.7.3	Potencial de hidrogênio (pH) .....	8
2.7.4	Cloreto .....	9
2.7.5	Dureza .....	9
2.7.6	Condutividade Elétrica .....	10
2.7.7	Salinidade .....	10
2.7.8	Ferro .....	10
2.7.9	Metais pesados .....	11
<b>2.8</b>	<b>Análise Bacteriológica</b> .....	<b>12</b>
2.8.1	Técnica Dos Tubos Múltiplos (NMP/100ML) .....	12
<b>3.</b>	<b>OBJETIVOS</b> .....	<b>13</b>
<b>3.1</b>	<b>Objetivo Geral</b> .....	<b>13</b>
<b>3.2</b>	<b>Objetivos Específicos</b> .....	<b>13</b>
<b>4.</b>	<b>PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS</b> .....	<b>14</b>
<b>4.1</b>	<b>Equipamentos</b> .....	<b>14</b>
4.1.1	Espectrofotômetro de UV/Visível .....	14
4.1.2	Turbidímetro Digital .....	14
4.1.3	Peagômetro .....	15

4.1.4	Condutivímetro Microprocessado .....	16
4.1.5	Refratômetro Portátil .....	16
4.1.6	Estufa de Cultura.....	17
4.1.7	Banho Maria.....	17
4.1.8	Espectrofotômetro de emissão atômica .....	18
<b>4.2</b>	<b>Materiais e Vidrarias .....</b>	<b>18</b>
<b>4.3</b>	<b>Reagentes e Soluções.....</b>	<b>18</b>
<b>4.4</b>	<b>Pontos de Amostragem .....</b>	<b>19</b>
<b>4.5</b>	<b>Metodologia das Análises .....</b>	<b>19</b>
4.5.1	Análises físico-químicas .....	19
4.5.1.1	Turbidez .....	20
4.5.1.2	Alcalinidade.....	20
4.5.1.3	Potencial de hidrogênio (pH) .....	21
4.5.1.4	Cloreto.....	21
4.5.1.5	Dureza .....	21
4.5.1.6	Condutividade Elétrica.....	22
4.5.1.7	Salinidade.....	22
4.5.1.8	Ferro.....	23
4.5.1.9	Metais pesados .....	23
4.5.2	Análises microbiológicas .....	23
4.5.2.1	Técnica Dos Tubos Múltiplos (NMP/100ML) .....	24
<b>5.</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>28</b>
<b>5.1</b>	<b>Análises Físico-Químicas .....</b>	<b>28</b>
5.1.1	Salinidade .....	29
5.1.2	pH.....	29
5.1.3	Turbidez .....	29
5.1.4	Cloreto.....	30
5.1.5	Condutividade Elétrica.....	30
5.1.6	Alcalinidade.....	30
5.1.7	Dureza .....	31
5.1.8	Ferro .....	31

5.1.9	Metais Pesados.....	31
5.2	<b>Análises microbiológicas</b> .....	32
6.	<b>CONCLUSÃO</b> .....	34
	<b>REFERÊNCIAS</b>	35

## 1. INTRODUÇÃO

A água é um bem natural essencial à existência de todos os seres vivos. Ela é a mais comum e importante substância da superfície da Terra (KRAMER, 1983), contendo um largo espectro das atividades humanas, em que se destacam múltiplos usos indispensáveis, entre outros, o abastecimento público e industrial, a irrigação agrícola, a produção de energia elétrica e as atividades de lazer e recreação. Porém, para atender todas as necessidades dos seres vivos ela precisa estar em condições adequadas ao uso, ou seja, limpa e com a concentração de seus componentes equilibrada (PEZENTE, 2009).

A água circula em nosso planeta continuamente de maneira ininterrupta, através do ciclo hidrológico. Embora mais de 70% do planeta seja constituído de água, somente cerca de 3% desta, se encontra disponível para o aproveitamento humano. Além disso, com a explosão industrial, urbana, agrícola e o avanço das ciências médicas houve contribuição para o aumento populacional que, passaram a consumir mais água, tornando-a mais escassa, (PEZENTE, 2009).

A qualidade da água é resultante de fenômenos naturais e da atuação do homem. Onde a interferência do homem quer de uma forma concentrada, como na geração de despejos domésticos ou industriais, quer de uma forma dispersa, como na aplicação de defensivos agrícolas no solo, contribui para a introdução de compostos tanto orgânicos como inorgânicos na água, afetando a sua qualidade (KRAMER, 1983).

Ao interferir no meio ambiente, lançando produtos tóxicos o homem vem alterando o meio onde vive, proporcionando condições ideais para aparecimento de doenças piorando consideravelmente sua qualidade de vida. (FILHO,1984)

Quanto maior for à ineficiência do sistema do abastecimento de água, como coleta de esgoto, falta de informação e conscientização sobre hábitos higiênicos, maior será a porcentagem de óbitos obtidos, nos países com essas características, chegando a 70% de todas as mortes e doenças em todo o mundo, sendo que 2,5 milhões de pessoas morreram de doenças diarreicas em 1996 (PHILIPPI, 2005).

A distinção entre qualidade e potabilidade da água é muito importante. Qualidade engloba todos os usos possíveis da água e potabilidade refere-se ao uso da água para fins de alimentação (PHILIPPI, 2005).

O monitoramento ambiental é um instrumento de controle e avaliação, desde que realizado de forma sistemática. Serve para conhecer o estado e as tendências

qualitativas e quantitativas dos recursos naturais e as influências exercidas pelas atividades humanas e por fatores naturais sobre o ambiente. Desta forma, subsidia medidas de planejamento, controle, recuperação, preservação e conservação do ambiente em estudo, bem como auxilia na definição das políticas ambientais (Emcon Ambiental, 2005).

No Brasil, os padrões de qualidade para os corpos de água são fixados pela Resolução nº 357 de 18 de março de 2005, que dispõe sobre as diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece condições e padrões de lançamentos de efluentes.

Este trabalho teve como objetivo avaliar a qualidade da água do rio dos Cachorros por meio de medições de parâmetros físico-químicos e microbiológicos, no sentido de monitorar a qualidade das águas do rio em que a comunidade do Taim executa suas atividades e pesca e recreação, localizada na porção Sudoeste da Ilha do Maranhão, voltada para a baía de São Marcos.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 Comunidade do Taim

A ilha de São Luís é formada por um conjunto de ecossistemas que compõem uma biodiversidade singular, composta por manguezais, dunas, restingas, brejos (buritizais e juçarais) e babaçuais, que se traduzem em um espaço relevante para a conservação da vida silvestre, além de funcionar como um berçário para a vida marinha (SILVA, 2012).

Em meio a esta paisagem tão complexa, ressalta-se uma ocupação populacional, bastante diversificada e espalhada ao longo de 1.462,4 Km<sup>2</sup> de área territorial, englobando os municípios de São Luís, São José do Ribamar, Paço do Lumiar e Raposa. A ilha possui uma área rural formada, além de outras, pelas comunidades de Cajueiro, Limoeiro, Taim, Rio dos Cachorros e Porto Grande (SILVA, 2012).

Esta área destaca-se por ser um reduto de conservação dos principais ecossistemas que ainda engloba um complexo sistema de vida dos povos tradicionais, isto é, pescadores artesanais e agroextrativistas. Seu histórico de ocupação remonta ao século XIX, com o início da ocupação no antigo povoado de Laranjal, hoje chamado Taim. Até os anos 70, havia aproximadamente 20 casas. A instalação da ALUMAR atraiu trabalhadores e grileiros e, a partir dos anos 70, a ocupação se intensificou (SILVA, 2012).

Em meados dos anos 1990, afetadas pelos grandes projetos, comunidades da região passam a buscar estratégias de resistência a seu desmantelamento e deslocamento compulsório, realidade que passa a ser constante no Estado. Nesse período, doze comunidades da Zona Rural – Taim, Rio dos Cachorros, Vila Maranhão, Limoeiro, Cajueiro, Jacamim, Portinho, Embaubal, Ilha Pequena, Porto Grande, Amapá, Tauá-Mirim – buscam a criação de um espaço protegido legalmente que lhes permitisse a continuidade de seus modos de vida, aliada à proteção ambiental. A partir desse momento, inicia-se a mobilização para a criação da RESEX (Reserva Extrativista) de Tauá-Mirim, modalidade de unidade de conservação prevista pelo Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC) (SANT'ANA JÚNIOR ET al., 2009).

Em 2004, contudo, o então governo estadual projetou a constituição de um Polo Siderúrgico na região da Zona Rural, operando com a ideia constante de vazio demográfico com vocação natural para a industrialização, sinônimo de desenvolvimento. Naquele período, estando articuladas em prol da criação da RESEX de Tauá-Mirim e tendo

a experiência de vários deslocamentos e também muitas resistências, as comunidades da Zona Rural de São Luís passam a lutar para que o projeto desenvolvimentista não vingasse na região, afirmando seu projeto alternativo enquanto RESEX. O Polo Siderúrgico não foi constituído, após ampla resistência de comunidades e outros setores sociais, como universidades, pastorais, sindicatos, ONGs e profissionais liberais, mas a implantação de empresas na região continuou à revelia dos posicionamentos e embates travados pelos moradores locais (SANT'ANA JÚNIOR ET al., 2009).

Desde 2007, ano em que foi concluído o laudo do IBAMA favorável à criação da referida reserva (IBAMA, 2007), o processo continuou tramitando, chegando ao ano de 2013 sem ainda haver uma resposta favorável à sua constituição. O governo estadual de então chegou a pronunciar-se contrariamente, por meio de carta enviada ao Ministério do Meio Ambiente, utilizando-se do mesmo argumento de pretensa vocação natural para o desenvolvimento que teria aquela região, por conta de sua proximidade estratégica à Estrada de Ferro Carajás (EFC), à BR-135 aos Portos do Itaqui e da Ponta da Madeira, que constituem uma rota de escoamento de mercadorias para o exterior. Frente a essa conjuntura política desfavorável, os membros das comunidades, em assembléia popular no ano de 2015, decidiram se auto instituírem enquanto RESEX, não esperando mais pela posição do governo, já que todos os procedimentos para a criação da reserva já foram cumpridos, faltando apenas uma carta de anuência de cunho político emitida pelo governo estadual. (JESUS, 2015)

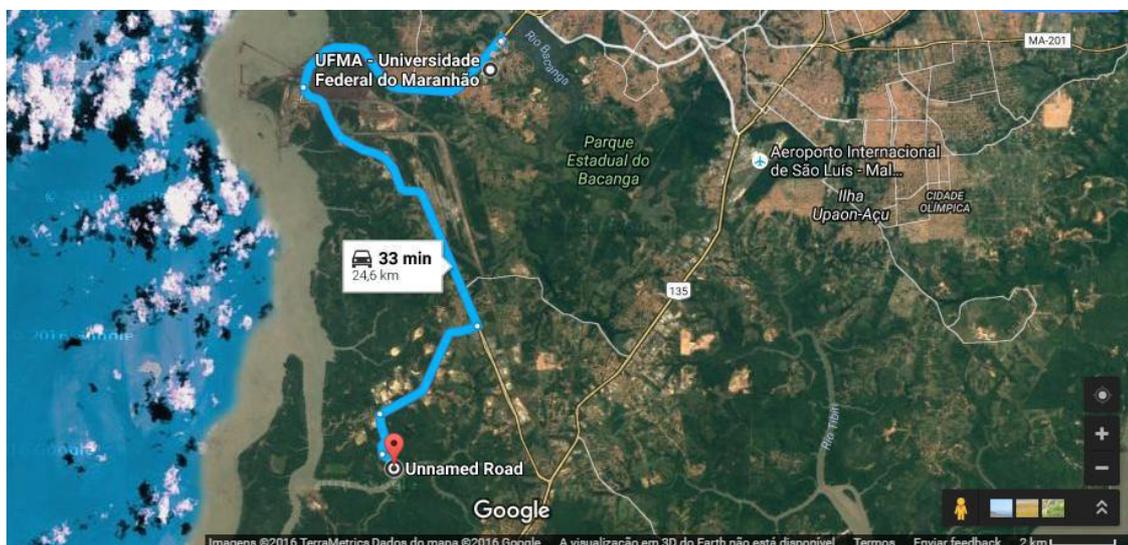
Este é o contexto conflituoso em que se insere o povoado Rio dos Cachorros, uma das comunidades que encabeçou o processo de demanda de criação da RESEX desde os momentos iniciais, juntamente a Taim, Cajueiro e outras (SILVA, 2012).

## **2.2 Localização**

A comunidade do Taim está localizada na porção Sudoeste da Ilha do Maranhão, voltada para a baía de São Marcos; pertence à região denominada Golfão Maranhense, acidente geográfico mais importante do litoral do estado do Maranhão (IBAMA/CNPT – MA, 2006). Esta região pertence ao grupo de áreas prioritárias para a conservação da biodiversidade nas zonas costeiras e marinhas (IBAMA/CNPT – MA, 2006

e 2007). Em relação à Universidade Federal do Maranhão, o Taim está a 24,6 Km (Figura 1).

**Figura 1-** Mapa de localização da comunidade do Taim



Fonte: Google Maps

Com uma área total, oficialmente reconhecida, de 86,73 hectares (MARANHÃO, 2002), o Taim apresenta uma variedade de ecossistemas como mangue, brejo e capoeira. Associadas a esses ecossistemas, encontram-se diversas espécies vegetais e animais, como: juçarais, buritizais, bacurizais, cajueiros, muricizais, crustáceos, peixes, mamíferos aquáticos (peixe-boi marinho e o boto comum ou tucuxi) etc (IBAMA/CNPT – MA, 2006 e 2007). O rio que banha essa comunidade chama-se Rio dos Cachorros e sofre forte influência do mar.

Quanto ao aspecto humano, a comunidade apresenta em torno de 100 famílias residentes, algumas compostas por descendentes dos seus fundadores. As memórias sobre a fundação da comunidade remontam ao século XIX e relacionam seu processo de ocupação a dois momentos: o primeiro, denominado de povoamento, destaca a presença na área de africanos, indígenas e até ordens religiosas; e o segundo, chamado de repovoamento, registra a fixação de famílias de pescadores vindas do interior do Maranhão. Algumas famílias atuais são compostas por descendentes desses pescadores (SILVA, 2012).

## 2.3 Clima

O Estado do Maranhão localiza-se na faixa de transição entre o clima equatorial e tropical, estando a porção Nordeste do Estado na faixa equatorial e o restante na zona tropical. Segundo a classificação de Köppen, o clima da Ilha de São Luís é tropical do tipo AW, com verões quentes e úmidos. A média da temperatura mínima é de 29°C e a média da temperatura máxima de 31°C. A pluviosidade média é cerca de 2000 mm/ ano e ocorrem duas estações (seca e chuvosa) bem definidas, sendo que mais de 80% das chuvas concentram-se no verão (SILVA, 2012).

## 2.4 Vegetação

A Planície Costeira do Estado do Maranhão é constituída por formações vegetais de mangue, ao longo do Litoral Ocidental, e de dunas e restingas no Litoral Oriental. Na porção interior do Golfão Maranhense ocorrem formações campestres, sazonalmente inundáveis, florestas secundárias de babaçuais e manguezais ao fundo das Baías de São Marcos e São José (RANGEL, 2003). Ao longo do litoral é possível observar uma zonação de ambientes no sentido norte-sul: praias, manguezal e manguezal intercalado por campo (MEDEIROS, 1988).

As florestas secundárias apresentam fisionomia de capoeira, com estratos arbustivos e arbóreos. Ocorre predomínio de babaçu (*Attalea speciosa*) nas áreas mais secas e degradadas, juçara (*Euterpe oleracea*) e buriti (*Mauritia flexuosa*) nas áreas mais úmidas, sendo as palmeiras Anajá (*Attalea maripa*), macajuba (*Acrocomia acuelata*) e tucum (*Astrocaryum vulgare*) bastante abundantes (IBAMA/SEMATUR,1991).

Nas áreas de manguezal é marcante a presença de mangue-vermelho (*Rhizophora mangle*. L), siriúba (*Avicennia* sp.), mangue branco (*Laguncularia racemosa*) e mangue de botão (*Conocarpus erectus*). A formação de mangue, de maneira geral, possui estratificação horizontal de acordo com adaptações morfofisiológicas das espécies. As linhas costeiras das embocaduras dos rios são ocupadas pela espécie *Rhizophora mangle*, e *Avicennia* sp forma uma segunda linha contígua às margens dos rios até onde há influência da maré (IBAMA/SEMATUR,1991).

## 2.5 Geologia

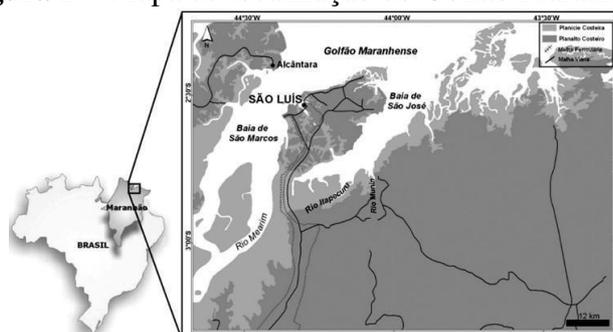
O Golfão Maranhense é o acidente geográfico mais importante do litoral do Estado do Maranhão (MEDEIROS, 1988). Ele corresponde à região de contato entre a Bacia de Barreirinhas e a Bacia de São Luís, apresentando traços geológicos característicos das mesmas. Geologicamente, a região é constituída por rochas do Terciário, apresentando exposição da Formação Itapecuru; da Série Barreiras e predominâncias de sedimentos Quaternários, isto é, depósitos marinhos e flúvio-marinhos do Holoceno e Pleistoceno que tornam expressiva a formação de dunas e vales afogados com presença de manguê (SILVA, 2012).

## 2.6 Geomorfologia

Segundo Ab'Saber (1960), o relevo do Estado do Maranhão apresenta quatro unidades geomorfológicas: chapadões centrais e meridionais; área de transição com relevo residual; colinas terciárias e o Golfão Maranhense - uma região rebaixada e alagadiça dos estuários afogados dos rios Pindaré, Mearim, Itapecuru e Munim.

O Golfão Maranhense (Figura 2) é uma unidade geomorfológica resultante de intenso trabalho de erosão fluvial do quaternário antigo, posteriormente colmatada (CAEMA, 1998). Ela forma um grande recorte litorâneo que, estruturalmente, corresponde a Fossa da Ilha Nova, que separa as Bacias de São Luís e Barreirinhas e interrompe os Litorais Oriental e Ocidental. Seus manguezais, dunas e segmentos de praias apresentam características que remontam a um encadeamento de processos morfogenéticos comuns a toda costa do Maranhão (RANGEL, 2003).

**Figura 2** – Mapa de localização do Golfão Maranhense



## 2.7 Parâmetros Físico-Químicos

### 2.7.1 Turbidez

A determinação da turbidez permite evidenciar alterações na água. A água que possui turbidez faz com que as partículas em suspensão reflitam a luz, fazendo com que a esta não chegue aos organismos aquáticos. Para Santos (2007) alguns vírus e bactérias podem se alojar nas partículas em suspensão, se protegendo da ação de desinfetantes, passando a turbidez a ser considerada também sob o ponto de vista sanitário.

A turbidez é o grau de atenuação de uma amostra de água de intensidade que um feixe de luz sofre ao atravessá-la devido presença de sólidos em suspensão como argila, areia e silte e também partículas orgânicas como plâncton, algas e bactérias.

Alta turbidez reduz a fotossíntese de vegetação enraizada submersa e algas. Esse desenvolvimento reduzido de plantas pode, por sua vez, suprimir a produtividade de peixes. Logo, a turbidez pode influenciar nas comunidades biológicas aquáticas (CETESB, 2013).

### 2.7.2 Alcalinidade

A alcalinidade indica a quantidade de íons na água que reagem para neutralizar os íons hidrogênio. Constitui-se, portanto, em uma medição da capacidade da água de neutralizar os ácidos, servindo assim para expressar a capacidade de tamponamento da água.

A alcalinidade é devida principalmente à presença de bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos. Valores muito elevados de alcalinidade podem ser indesejáveis em uma água a ser utilizada para fins industriais, uma vez que podem ocasionar problemas de formação de depósitos e corrosão, de acordo com a utilização desta água (CETESB, 2013).

### 2.7.3 Potencial de hidrogênio (pH)

O balanço dos íons hidrogênio e hidróxido (OH<sup>-</sup>) determinam quão ácida ou básica é água.

Na água quimicamente pura os íons  $H^+$  estão em equilíbrio com os íons  $OH^-$  e seu pH é neutro, ou seja, igual a 7.

Sua influência nos ecossistemas aquáticos são relativos aos efeitos sobre a fisiologia das espécies. Outro efeito é o indireto, que em determinadas condições de pH, apresenta precipitação de elementos químicos tóxicos como exemplo os metais pesados, podendo apresentar também efeitos sobre a solubilidade de nutrientes. Desta forma, apresenta restrições de faixas que são estabelecidas para as diversas classes de águas naturais de acordo com a legislação.

Conforme Weinstein (1997) o pH é definido como concentração de íons hidrogênio presentes em uma solução, sendo que quando igual ao logaritmo negativo ( $10^{-7}$ ) é classificado como neutro, pois permite que os íons hidrogênio sejam neutralizados pelos íons hidroxila.

#### 2.7.4 Cloreto

O cloreto é o ânion  $Cl^-$  que se apresenta nas águas subterrâneas, oriundo da percolação da água através de solos e rochas. Nas águas superficiais, são fontes importantes de cloreto as descargas de esgotos sanitários. Diversos são os efluentes industriais que apresentam concentrações de cloreto elevadas como os da indústria do petróleo, algumas indústrias farmacêuticas, curtumes dentre outras.

Nas águas tratadas a adição de cloro puro ou em solução leva a uma elevação do nível de cloreto, resultante das reações de dissociação do cloro na água.

O cloreto não apresenta toxicidade ao ser humano, exceto no caso da deficiência no metabolismo de cloreto de sódio.

A concentração de cloreto em águas de abastecimento público constitui um padrão de aceitação, já que provoca sabor “salgado” na água (CETESB, 2013).

#### 2.7.5 Dureza

Sais minerais são encontrados dissolvidos na água, que apresenta dependendo da região variações de composição e sabor. A concentração de íons dissolvidos na água é expressa em termos de concentração de carbonato de cálcio ( $CaCO_3$ ) e denominada

dureza. A dureza pode ser classificada como dureza carbonato ou dureza não carbonato, dependendo do ânion com o qual ela está associada.

A dureza carbonato corresponde à alcalinidade, estando portanto, em condições de indicar a capacidade de tamponamento de uma água. A dureza de uma água pode ter origem natural ou antropogênica (UNICAMP, 2008).

A toxicidade de várias substâncias e elementos varia de acordo com o grau de dureza da água. Existem indicações, por exemplo, de que a toxicidade dos metais pesados é tanto menor quanto maior a dureza da água (CETESB, 2013).

#### 2.7.6 Condutividade Elétrica

A condutividade elétrica da água representa em síntese a facilidade ou a dificuldade de passagem da eletricidade, ou seja, o poder de conduzir corrente elétrica. Depende praticamente de concentrações iônicas e da temperatura que indica quantidade de sais existentes na coluna d'água e representa uma medida indireta da concentração de poluentes. Em geral, níveis superiores a 100  $\mu\text{S}/\text{cm}$  indicam ambientes impactados.

A condutividade também fornece uma boa indicação das modificações na composição de uma água, especialmente na sua concentração mineral, mas não fornece nenhuma indicação das quantidades relativas dos vários componentes. A condutividade da água aumenta à medida que mais sólidos dissolvidos são adicionados. Altos valores podem indicar características corrosivas da água (CETESB, 2013).

#### 2.7.7 Salinidade

A salinidade refere-se à quantidade total de sais minerais dissolvidos na água e pode ser determinada como sólidos totais dissolvidos ou como sais totais dissolvidos.

A salinidade pode ser definida como o peso em gramas dos sais dissolvidos em 1 quilograma de água. O parâmetro tem grande importância na caracterização das massas de água, já que a salinidade determina diversas propriedades físico-químicas, entre as quais a densidade, o tipo de fauna e flora e os potenciais usos humanos da água.

#### 2.7.8 Ferro

O ferro ocorre em águas naturais, geralmente em conjunto com manganês. Ele é proveniente da dissolução de compostos ferrosos de solos arenosos, terrenos de aluvião ou pântanos. Nestes solos a matéria orgânica se decompõe, consumindo oxigênio e produzindo gás carbônico, o que solubiliza compostos de ferro e de manganês. Por isso, ele é encontrado dissolvido principalmente em águas subterrâneas, devido à dissolução dos minérios de ferro pelo gás carbônico da água. Já nas águas superficiais, o nível de ferro aumenta nas estações chuvosas devido ao carreamento de solos e a ocorrência de processos de erosão das margens.

A presença de ferro nas águas se torna notável quando a água entra em contato com uma grande quantidade de  $O_2$ , que oxida o ferro de  $Fe^{2+}$  a  $Fe^{3+}$ , o qual é marrom. Além das formas naturais, o ferro presente em águas pode também ser proveniente da presença de despejos industriais em águas. Apesar de o organismo humano necessitar de até 19 mg de ferro por dia, é estabelecido que pra esta classe a concentração de ferro seja no máximo 0,3 mg/L. Isto principalmente em função de problemas estéticos relacionados à presença do ferro na água (cor amarelada, devido a presença de  $Fe^{3+}$ ) e ao sabor ruim que o ferro lhe confere, além dos prováveis malefícios que pode causar à saúde (doenças tais como cirrose, tumores hepáticos, diabetes mellitus e insuficiência cardíaca).

#### 2.7.9 Metais pesados

Os metais podem ser introduzidos nos ecossistemas aquáticos de maneira natural ou artificial. Naturalmente, por meio do aporte atmosférico e chuvas, pela liberação e transporte a partir da rocha matriz ou outros compartimentos do solo onde estão naturalmente. De modo artificial, por fontes antropogênicas de diversos ramos: esgoto in natura de zonas urbanas, efluentes de indústrias, atividades agrícolas, e rejeitos de áreas de mineração e garimpos. (LIMA, 2013)

O descarte de resíduos industriais é a principal fonte de contaminação dos rios com metais pesados. 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.

Todos os metais resultantes destes processos podem ser solubilizados pela água, causando danos à saúde do homem e de animais, dado o potencial tóxico destes

elementos. Entre os principais elementos tóxicos despejados estão o mercúrio, chumbo, cádmio, arsênico, bário, cobre, cromo e zinco.

O contato com estas substâncias, seja através da ingestão da água ou de peixes contaminados, pode provocar sérios problemas, como disfunções do sistema nervoso e aumento da incidência de câncer. Moradores de áreas contaminadas devem ser acompanhados por um longo tempo, uma vez que os sintomas destas doenças podem levar décadas para aparecer.

## **2.8 Análise Bacteriológica**

### **2.8.1 Técnica Dos Tubos Múltiplos (NMP/100ML)**

Para a determinação do Número Mais Provável (NMP), de coliformes em uma dada amostra, efetua-se a técnica de tubos múltiplos. Esta por sua vez consiste na inoculação de volumes decrescentes da amostra, em meio de cultura adequado ao crescimento dos microrganismos pesquisados, sendo cada volume inoculado em uma série de tubos.

A técnica do Número Mais Provável (NMP) é um meio de estimar a densidade de microrganismos viáveis em água e alimentos. O NMP está diretamente relacionado à frequência de ocorrência de uma série de resultados positivos que são mais prováveis ocorrer quando certo número de organismos está presentes numa amostra. A técnica está baseada no conhecimento do tipo de distribuição das bactérias em uma amostra e na teoria das probabilidades. O NMP é aquele número de organismos por unidade de volume que segundo a teoria estatística teria maior probabilidade de representar o número real de microrganismos do que qualquer outro número de amostra analisada. (FILHO, 2005)

Por essa esta técnica, pode-se obter informações sobre a população presuntiva de coliformes (Teste Presuntivo), sobre a população real de coliformes (Teste Confirmativo) e sobre a população de coliformes de origem fecal (Coliformes Fecais ou Termotolerantes).

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1. Objetivo Geral**

Avaliar a qualidade das águas do Rio dos Cachorros na comunidade do Taim por meio de análises físico-química e microbiológica.

#### **3.2. Objetivos Específicos**

Monitorar a qualidade das águas do principal rio que a comunidade do Taim utiliza para suas atividades de pesca e recreação no que se refere às análises físico-químicas de alcalinidade ( $\text{OH}^-$ ,  $\text{CO}_3^{-2}$  e  $\text{HCO}_3^-$ ), dureza ( $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$ ), cloreto ( $\text{Cl}^-$ ), salinidade, turbidez, condutividade elétrica, pH, ferro, chumbo, cádmio, manganês e mercúrio.

Monitorar a qualidade das águas do rio que abastece a comunidade do Taim no que se refere à análise microbiológica de Coliformes totais e termotolerante.

## 4. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A metodologia aplicada constou de trabalho de campo (pesquisa e coletas semanais de amostras de água do rio dos Cachorros na comunidade do Taim ) e análises realizadas em laboratório. Todas as análises foram realizadas nos Laboratórios de análises físico-químicas e microbiológicas de água, do Programa de Controle de Qualidade de Alimentos e Águas da Universidade Federal do Maranhão – PCQA – UFMA, e no Laboratório de Química de Solos da UEMA.

### 4.1. Equipamentos

#### 4.1.1 Espectrofotômetro de UV/Visível

Para determinar o teor de ferro das amostras, foi usado um espectrofotômetro (Figura 3) da marca Hack e modelo DR 2800.

**Figura 3** - Espectrofotômetro de UV/Visível



Fonte: Próprio autor (2016)

#### 4.1.2 Turbidímetro Digital

Um turbidímetro (Figura 4) da marca Del Lab e modelo DL 350 foi usado para determinar a turbidez das amostras.

**Figura 4** – Turbidímetro Digital

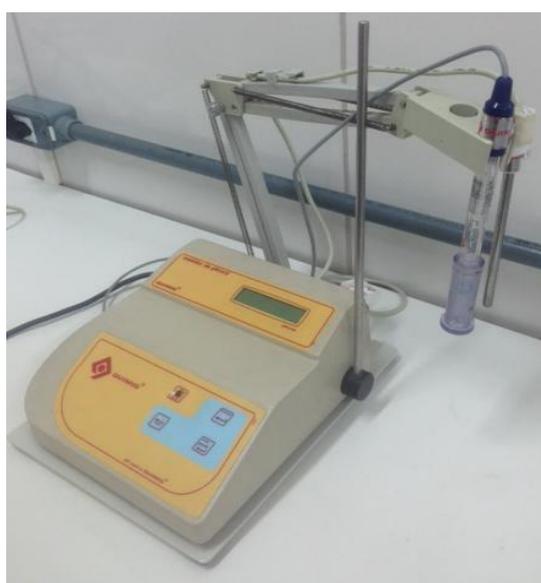


Fonte: Próprio autor (2016)

#### 4.1.3 Peagômetro

Um medidor de pH/mV (Figura 5) da marca Quimis, foi usado para determinar o pH das amostras.

**Figura 5** – Peagômetro Digital



Fonte: Próprio autor (2016)

#### 4.1.4 Condutivímetro Microprocessado

Para determinar a condutividade elétrica das amostras, foi usado um medidor de condutividade (Figura 6) da marca Quimis.

**Figura 6** – Condutivímetro



Fonte: Próprio autor (2016)

#### 4.1.5 Refratômetro Portátil

Um medidor de salinidade (Figura 7) da marca Mingda CO. LTDA e modelo 211 foi usado para determinar a salinidade das amostras.

**Figura 7** – Refratômetro Portátil



Fonte: Próprio autor (2016)

#### 4.1.6 Estufa de Cultura

Uma estufa (Figura 8) da marca FANEM e modelo 502 foi usado para análises bacteriológicas das amostras.

**Figura 8** – Estufa de Cultura a 35°C



Fonte: Próprio autor (2016)

#### 4.1.7 Banho Maria

Um banho-maria (Figura 9) da marca FANEM e modelo 100 foi usado para usado para análises bacteriológicas das amostras.

**Figura 9** – Banho-Maria regulado a 45°C



Fonte: Próprio autor (2016)

#### 4.1.8 Espectrofotômetro de emissão atômica

Para as análises de metais, utilizou-se um espectrofotômetro de emissão atômica por plasma acoplado indutivamente modelo 720-ES, marca VARIAN, acoplado a um computador como mostra a Figura 10.

**Figura 10:** Espectrofotômetro de emissão atômica.



Fonte: Francisco Brito (2012)

#### 4.2. Materiais e Vidrarias

Durante as análises foram utilizados os seguintes materiais e vidrarias: bico de Bunsen, garras metálicas, palitos de fósforo, espátulas, pêra de sucção, pipetas volumétricas e graduadas, pissetas, erlenmeyers, buretas, béqueres, luvas, suporte universal, provetas, papel toalha, conta gotas, tubos de ensaio, alça de platina, frascos de coleta esterilizados, tubos de Durham, pipetas esterilizadas,

#### 4.3. Reagentes e Soluções

Água destilada, hidróxido de potássio (KOH) 10%, murexida, EDTA 0,02N, tampão pH 10, cloreto de amônio, hidróxido de amônio, eriocromo, cromato de potássio 5%, nitrato de prata 0,0141N, ácido clorídrico (HCl) 20%, peróxido de hidrogênio, tiocianato de potássio, ácido sulfúrico, metil orange e fenolftaleína.

#### 4.4. Pontos de amostragem

Para as amostras de água foram selecionados dois pontos de coletas: o primeiro ponto ( $2^{\circ} 40'27''S$ ;  $44^{\circ}20'09''O$ ) foi em frente ao principal acesso que os moradores da comunidade do Taim têm ao rio, e o segundo ponto ( $2^{\circ}40'38''S$ ;  $44^{\circ}20'23''O$ ) de coleta foi 540m a jusante do primeiro ponto. (Figura – 11)

**Figura 11** – Mapa de localização dos pontos de amostragem



Fonte: Google Earth

#### 4.5. Metodologia das Análises

As amostras do estudo foram coletadas semanalmente nos dias 08, 15 e 22 de julho de 2016, (respectivamente Amostras 1, 2 e 3) sendo realizadas sempre nas mesmas localizações. As etapas de coleta das amostras até as análises seguiram a seguinte sequência: coleta das amostras, transporte, recebimento, armazenamento, distribuição das amostras para análises físico-químicas e microbiológicas.

##### 4.5.1 Análises físico-químicas

Nas análises físico-químicas da água determinaram-se os teores de cloreto, alcalinidade, condutividade elétrica, pH, turbidez, salinidade, dureza, ferro, cádmio, chumbo, manganês e mercúrio seguindo os padrões e limites conforme a resolução 357 de 17/03/05, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA, 2005).

#### 4.5.1.1 Turbidez

A determinação da turbidez foi realizada pelo turbidímetro de bancada. Colocou-se uma alíquota de 10 mL da amostra na cubeta do dispositivo e em seguida fez-se a leitura do valor medido.

#### 4.5.1.2 Alcalinidade

A determinação da quantidade de  $\text{OH}^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$  e  $\text{HCO}_3^-$  contidos nas amostras de água, foi realizada de acordo com os procedimentos constantes no Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.

No processo analítico pipetou-se 100 mL da amostra para um erlenmeyer de 250 mL; Colocou-se 3 gotas do indicador fenolftaleína. Nos casos em que não apareceu a coloração rósea,  $\text{OH}^-$  e  $\text{CO}_3^{2-}$  são ausentes, sendo assim, omite-se o terceiro passo deste processo analítico; Titulou-se com solução de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0,04 até descoramento, anotando o gasto como F mL, onde F é o volume gasto de ácido usando fenolftaleína; Colocou-se no mesmo erlenmeyer, 3 gotas do indicador metil orange; Titulou-se com o  $\text{H}_2\text{SO}_4$  até coloração laranja, anotando o volume gasto como M mL.

(M = gasto de ácido usando metil orange; T = volume total do ácido gasto com os dois indicadores).

O calculo dos diferentes casos de alcalinidade, tomou-se como base os volumes gastos com fenolftaleína e o volume total (fenolftaleína + metil orange) nas seguintes equações:

- **Caso:  $F < \frac{1}{2} T$**

$\text{OH}^- = \text{zero}$

$\text{CO}_3^{2-} = 4 \times F \times 5,995 \text{ mg L}^{-1} \text{ em CaCO}_3$

$\text{HCO}_3^- = 2 (T - 2 \times F) \times 12,2 \text{ mg L}^{-1} \text{ em CaCO}_3.$  Equação 1

- **Caso:  $F = 0$**

$\text{OH}^- = \text{zero}$

$\text{CO}_3^{2-} = \text{zero}$

$\text{HCO}_3^- = 2 \times T \times 12,2 \text{ mg L}^{-1} \text{ em CaCO}_3.$  Equação 2

#### 4.5.1.3 Potencial de hidrogênio (pH)

A determinação do pH das amostras foi realizada em um peagômetro de bancada. Para iniciar a medição, foi feita a calibração do equipamento, colocando o eletrodo em uma solução tampão de pH 6,86 calibrando em seguida. Logo após, colocou-se o eletrodo em uma solução tampão de pH 4,01 calibrando em seguida. Realizada a calibração, colocou-se o eletrodo no béquer contendo a amostra e leu-se o pH.

#### 4.5.1.4 Cloreto

Os cloretos foram determinados por precipitação, usando-se uma solução padrão de AgNO<sub>3</sub> e o indicador K<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub> para titular.

No processo analítico diluiu-se 1 mL da amostra de água em 99 mL de água destilada; Adicionou-se 1 mL do indicador cromato de potássio 5%; Titulou-se lentamente com solução padrão de AgNO<sub>3</sub> 0,0141N até atingir a coloração vermelho tijolo; O volume gasto foi multiplicado por 100 (fator de diluição) e anotou-se A mL.

Para o cálculo de determinação dos cloretos, utilizou-se a Equação 3

$$\frac{(A - 0,2) \times 0,5 \times 1000 \times f}{\text{mL}_{\text{ da amostra}}} = \text{mgL}^{-1} \text{Cl}^{-} \quad \text{Equação 3}$$

A subtração de 0,2 mL corresponde ao volume do indicador necessário para precipitar o AgCrO<sub>4</sub> em quantidade suficiente para avermelhar a solução.

#### 4.5.1.5 Dureza

A dureza foi determinada pela soma do volume em mL gasto na titulação de Ca<sup>2+</sup> com o volume em mL gasto na titulação de Mg<sup>2+</sup>.

Para determinação de Ca<sup>2+</sup>, diluiu-se uma alíquota de 10 mL da amostra em 40 mL de água destilada, adicionou-se 2 mL de KOH a 10% (para tornar o pH alcalino), uma

pequena quantidade do indicador murexida e titulou-se com solução Na<sub>2</sub>EDTA 0,02 N. O ponto final de titulação é determinada pela passagem de rosa para roxo. O volume gasto foi multiplicado por 5 (fator de diluição). Utilizou-se a Equação 4:

$$\text{Ca}^{2+} = \frac{B \times 1000 \times f}{\text{mL}_{\text{ da}_{\text{ amostra}}}} \text{ ppmCaCO}_3 \quad \text{Equação 4}$$

B = mL de Na<sub>2</sub>EDTA 0,02 N gasto na titulação.

Para determinação de Mg<sup>2+</sup>, diluiu-se uma alíquota de 1 mL da amostra em 49 mL de água destilada, adicionou-se 3 mL de solução tampão pH 10, adicionou-se de 6 a 7 gotas do indicador Eriocromo e titulou-se com solução Na<sub>2</sub>EDTA 0,02 N até violeta para azul. O volume gasto foi multiplicado por 50 (fator de diluição). Nesta operação determina-se cálcio e magnésio conjuntamente, por diferença se tem o magnésio usando a Equação 5 a seguinte:

$$\text{Mg}^{2+} = \frac{(A - B) \times 1000 \times f}{\text{mL}_{\text{ da}_{\text{ amostra}}}} \text{ ppmCaCO}_3 \quad \text{Equação 5}$$

A = volume em mL gasto de Na<sub>2</sub>EDTA 0,02 N na titulação.

B = volume em mL gasto na titulação de Ca<sup>2+</sup>.

#### 4.5.1.6 Condutividade Elétrica

A determinação da condutividade foi realizada em um condutímetro de bancada. Colocou-se o eletrodo em um béquer contendo a amostra a ser analisada e leu-se o valor medido da condutividade medida.

#### 4.5.1.7 Salinidade

No presente trabalho foi utilizado o refratômetro portátil para medir a salinidade das amostras. Refratômetros medem o quanto a luz refrata quando incide no

líquido. Quanto mais sais e outros minerais estão dissolvidos em água, mais resistência a água encontrará, e maior será sua refração.

Colocou-se, com um conta-gotas, uma gota de água suficiente para cobrir a superfície do prisma em uma fina camada. Para realizar a medição da salinidade, leu-se o valor medido na linha em que as áreas brancas e azuis se encontraram, através da lente localizada na extremidade circular do dispositivo.

#### 4.5.1.8 Ferro

A medição do teor de ferro nas amostras foi realizada no espectrofotômetro. Colocou-se 50 mL da amostra em um béquer, adicionou-se 3mL de HCl 20%, 1,5mL de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> e 5mL de KSCN 10%. Deixou-se reagir por 15 minutos. Colocou-se uma alíquota de água destilada utilizada como branco para zerar o aparelho, depois retirou-se uma alíquota da solução e colocou-se na cubeta do equipamento para ler o valor medido.

#### 4.5.1.9 Metais pesados

No presente trabalho foram analisados os valores de cádmio, chumbo, manganês e mercúrio presentes na água. As análises foram realizadas no espectrofotômetro de emissão atômica por plasma acoplado indutivamente modelo 720-ES, marca VARIAN, acoplado a um computador.

### **4.5.2 Análises microbiológicas**

As análises microbiológicas das amostras foram realizadas para avaliar a qualidade bacteriológica da água, seguindo os padrões e limites conforme a resolução 357 de 17/03/05, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA, 2005).

Para a detecção bacteriológica das amostras se utilizou a leitura do Número Mais Provável (NMP) pela técnica dos tubos múltiplos em meio de cultura.

#### 4.5.2.1 Técnica Dos Tubos Múltiplos (NMP/100mL)

Para a determinação do Número Mais Provável (NMP), de coliformes em uma dada amostra, foi efetuada a técnica de tubos múltiplos. Esta por sua vez consiste na inoculação de volumes decrescentes da amostra, em meio de cultura adequado ao crescimento dos microrganismos pesquisados, sendo cada volume inoculado em uma série de tubos.

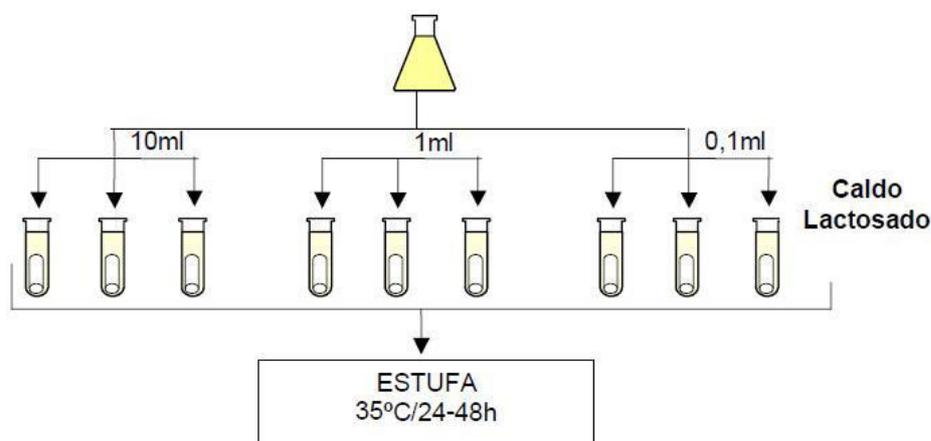
Seguiu-se o método recomendado pelo Standard Methods for the Examination of water and Wastewater-APHA/American Public Health Association (1992).

##### a) Teste Presuntivo

Visa detectar a presença de fermentadores de lactose, especialmente do grupo coliforme. Células estressadas por tratamentos térmicos, congelamentos, etc., podem ser recuperadas nessa fase.

O teste consiste na sementeira de volumes determinados da amostra em séries de tubos contendo Caldo Lactosado (CL), onde a lactose é utilizada como fonte de carbono. Os tubos inoculados foram incubados a uma temperatura de  $35 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ , durante 48 horas, ocorrendo um enriquecimento de organismos fermentadores da lactose. A acidificação, com a produção de gás, que é evidenciado no tubo de Durham, foi a prova presuntiva positiva para a presença de bactérias do grupo coliformes (Figura 12).

**Figura 12** – Esquema ilustrativo do teste presuntivo



Fonte: Filho (2005)

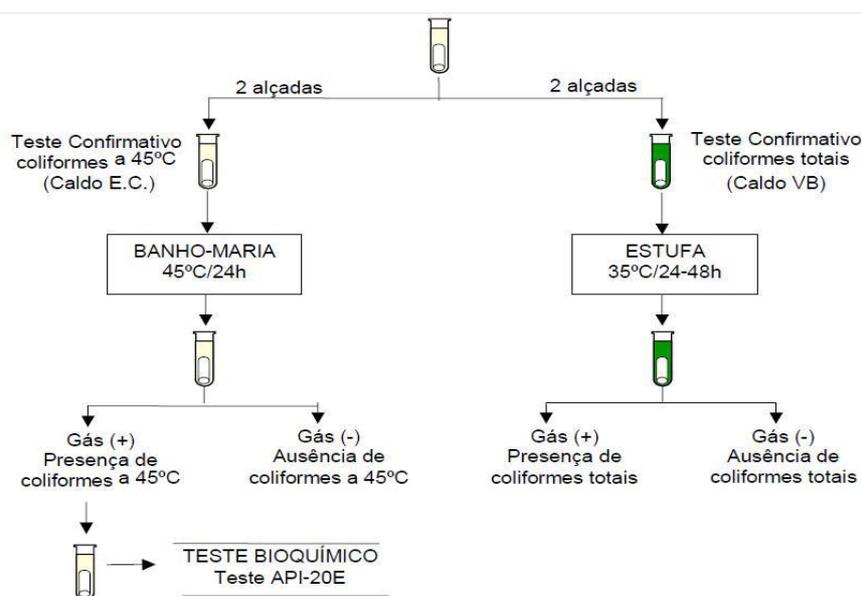
### b) Teste Confirmativo

Consiste na transferência de cada cultura com resultado presuntivo positivo para tubos contendo o Caldo Verde Brilhante e bile 2% (CVBB) com o auxílio de uma alça de platina. A incubação foi efetuada também a uma temperatura de  $35 \pm 0,5^\circ\text{C}$  durante 48 horas. O meio utilizado possui dois inibidores (sais biliares e verde brilhante) do crescimento da microbiota acompanhante dos coliformes e a lactose como o único carboidrato. Então, a produção de gás, a partir da fermentação da lactose presente neste meio, foi prova confirmativa para a presença de bactérias do grupo coliforme (coliformes totais).

### c) Determinação de Coliformes Fecais ou Termotolerantes

O teste baseia-se na transferência de cada cultura com resultado positivo para coliformes totais (acidificação do meio com produção de gás, após 48 horas a  $35 \pm 0,5^\circ\text{C}$ ), no Caldo Verde Brilhante, para tubos contendo o caldo E.C., que foram incubados durante 24 horas a  $44,5 \pm 0,2^\circ\text{C}$  em banho-maria. O resultado foi positivo quando houve produção de gás a partir da fermentação da lactose contida no meio (Figura 13). O Número Mais Provável de coliformes totais e fecais é dado através da Tabela do NMP/100mL. (Tabela 1).

**Figura 13** – Esquema ilustrativo para o teste de coliformes totais.



Fonte: Filho (2005)

**Tabela 1** – Tabela do Número Mais Provável (NMP), para séries de três tubos.

Número de tubos positivos nas diluições				Número de tubos positivos nas diluições			
10 mL	1 mL	0,1 mL	NMP/100mL	10 mL	1 mL	0,1 mL	NMP/100mL
0	0	0	3	2	0	0	9.1
0	1	0	3	2	0	1	14
0	0	2	6	2	0	2	20
0	0	3	9	2	0	3	26
0	1	0	3	2	1	0	15
0	1	1	6.1	2	1	1	20
0	1	2	9.2	2	1	2	27
0	1	3	12	2	1	3	34
0	2	0	6.2	2	2	0	21
0	2	1	9.3	2	2	1	28
0	2	2	12	2	2	2	35
0	2	3	16	2	2	3	42
0	3	0	9.4	2	3	0	29
0	3	1	13	2	3	1	36
0	3	2	16	2	3	2	44
0	3	3	19	2	3	3	53
1	0	0	3.6	3	0	0	23
1	0	1	7.2	3	0	1	39
1	0	2	11	3	0	2	64
1	0	3	15	3	0	3	95
1	1	0	7.3	3	1	0	43
1	1	1	11	3	1	1	75
1	1	2	15	3	1	2	120
1	1	3	19	3	1	3	160
1	2	0	11	3	2	0	93
1	2	1	15	3	2	1	150
1	2	2	20	3	2	2	210
1	2	3	24	3	2	3	290
1	3	0	16	3	3	0	240
1	3	1	20	3	3	1	460
1	3	2	24	3	3	2	1100
1	3	3	29	3	3	3	2400

Fonte: American Public Health Association (APHA,1992).

a) *Escherichia coli* (Identificação)

Todas as culturas positivas no caldo E.C. foram repicadas para Agar EMB, com auxílio da alça de platina ou de níquel cromo, fazendo estrias (por esgotamento). Cada tubo positivo em caldo E.C. correspondeu a uma placa de EMB, identificada, para perfeita correspondência.

Incubou-se a 35°C por 24 horas.

Passado este período, verificou-se o crescimento de colônias típicas de *E. coli*, isto é, colônias de 2 a 3mm de diâmetro, com brilho metálico esverdeado ou com centro escuro abrangendo praticamente toda a colônia.

De cada placa, correspondente a cada tubo, repicou-se de duas a três colônias para tubos contendo o Agar Trypticase Soja (Agar TSA) inclinado. Incubou-se por 24 horas a 35 °C.

Efetuuou-se em cada cultura em Agar TSA (cepas), as seguintes provas bioquímicas: Indol, Vermelho de Metila (VM), Voges Proskauer (VP), Citrato de Simmons. Esta série de testes é chamada de IMVIC.

A Tabela 2 mostra a diferenciação dos coliformes em água obtidas a partir dos resultados para o IMVIC

**Tabela 2** – Diferenciação de coliformes da água

Indol	VM	VP	Citrato de Simmons	Tipo
+	+	-	-	<i>Escherichia coli</i>
-	+	-	-	<i>Escherichia coli atípica</i>
-/+	+	-	+	<i>Citrobacter</i>
-	-	+	+	<i>Enterobacter aerogenes</i>
+/-	+/-	+	+	<i>Klebsiella pneumoniae</i>

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesse estudo foram avaliadas as condições físico-químicas e microbiológicas das amostras coletadas, verificando os limites e padrões estabelecidos pela Resolução Conama 357. Desta maneira ao analisar os resultados percebe-se que o Rio dos Cachorros apresentou resultados significativos nas condições de qualidade da água estabelecidos pela Resolução CONAMA.

### 5.1 Análises físico-químicas

Os dados apresentados na Tabela 3 correspondem às análises Físico-Químicas do Ponto 1, localizado em frente ao principal acesso que os moradores da comunidade do Taim têm ao rio; Ponto 2, localizado 540m a jusante do primeiro ponto.

**Tabela 3** – Análise Físico-Química de Águas Coletadas nos Pontos 1 e 2.

Análises		Amostra 1		Amostra 2		Amostra 3	
		P1	P2	P1	P2	P1	P2
Salinidade (‰)		25	25	23	23	27	27
Ph		7,99	8	8,06	8,08	8,02	8,06
Cloreto (mgL <sup>-1</sup> Cl <sup>-</sup> )		15554,53	15453,52	12928,27	12675,74	15655,54	15655,54
Turbidez (NTU)		12,32	19,49	4,98	5,56	5,88	6,20
Cond. Elétrica (µs/cm)		29.745	29.068	28.924	27.992	29.648	29.188
Alcalinidade (mgL <sup>-1</sup> em CaCO <sub>3</sub> )	OH	0	0	0	0	0	0
	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	0	0	0	0	9,592	13,189
	HCO <sub>3</sub> <sup>3-</sup>	139,08	136,64	168,36	169,58	122	114,68
Ca <sup>2+</sup> (ppm)		824,1	844,2	743,7	703,5	110,5	90,4
Mg <sup>2+</sup> (ppm)		4502,4	4482,3	3778,8	3919,5	6019,9	6040,0
Dureza (ppm)		5326,5	5326,5	4522,5	4623	6130,4	6130,4
Ferro (mg/L)		0,345	0,683	0,118	0,144	0,004	0,21
Metais Pesados (mg/L)	Cádmio	0,01221	0,00544	0,01533	0,01113	0,00387	0,00563
	Chumbo	1,57842	1,96299	1,19530	1,83401	1,75755	2,00420
	Manganês	0,01304	0,01178	0,01166	0,00926	0,01179	0,00911
	Mercúrio	0,05367	0,03097	0,03870	0,02670	0,05036	0,03522

### 5.1.1 Salinidade

Segundo a resolução 357 do CONAMA (2005), é estabelecido que águas com salinidade compreendida entre 0,50‰ e 30‰ são definidas como águas salobras. Desta forma as análises de salinidade realizadas situaram-se nesta faixa. Vale ressaltar que o valor medido está próximo ao limite máximo de salinidade para águas salobras, pois o rio sofre influencia direta do mar, onde águas com salinidade igual ou superior a 30‰ define-se como águas salinas.

### 5.1.2 pH

É estabelecido que o valor de pH não deve ser inferior a 6,5 e superior a 8,5 em águas salobras classes I e II , segundo a resolução 357 do CONAMA (2005). Desta forma as análises realizadas de pH situaram-se nesta faixa, atendendo aos padrões exigidos na resolução.

### 5.1.3 Turbidez

As condições e padrões de qualidade de água estabelecidos pela resolução 357 do CONAMA (2005) observam que substâncias que produzem cor, odor e turbidez devem estar virtualmente ausentes, ou seja, que não é perceptível pela visão, olfato, ou paladar. No entanto, pode-se observar que as amostras coletas em ambos os pontos apresentou turbidez, onde esta pode ser justificada pelo fato do rio está localizado em região de manguezal e ter águas em movimentação, que ocasionam turbidez devido aos ventos e ondas que podem revolver os sedimentos do fundo.

Observa-se que na primeira amostra coleta nos Pontos 1 e 2, a turbidez medida apresentou valores maiores que as demais, devido a ocorrência de chuva que houve no dia anterior a coleta. Pois, após uma chuva forte, as águas dos mananciais de superfície ficam turvas, graças ao carreamento dos sedimentos das margens pela enxurrada.

#### 5.1.4 Cloreto

A Resolução CONAMA (2005) não apresenta especificações para cloretos em águas salobras. Os resultados da análise de cloretos evidenciam que o Rio dos Cachorros sofre forte influência do mar, baseando-se nos altos teores de cloretos obtidos.

Na segunda amostra coletada nos dois pontos, observa-se que os valores de cloretos obtidos na medição foram menores. Tal fato é justificado devido à coleta ter sido realizada em maré baixa.

#### 5.1.5 Condutividade Elétrica

A Resolução do CONAMA (2005) não estabelece limites inferiores e nem superiores de concentração para condutividade elétrica. No entanto, ressalta-se a importância de seu controle e monitoramento com o objetivo de estimar a qualidade da água do rio.

Os valores de condutividade obtidos nas medições estão relacionados aos elevados teores de cloretos constatados, devido a forte influência do mar que o rio sofre. Isso porque, os íons que constituem o cloreto se dissociam na água, facilitando a condução da eletricidade. Assim, quanto maior o teor de cloretos, maior será a condutividade elétrica da água.

#### 5.1.6 Alcalinidade

A Resolução CONAMA (2005) não apresenta especificações para este parâmetro. A alcalinidade se torna muito importante na preservação dos ambientes aquáticos, pois está diretamente relacionado ao grau de decomposição de matéria orgânica e a conseqüente liberação de CO<sub>2</sub>. Quando esses valores estão acima dos indicados caracteriza um elevado processo de decomposição que interfere diretamente no oxigênio dissolvido no meio, ocasionado assim um desequilíbrio no ambiente e nas diversas formas de vida presentes nele (BAIRD, 2002).

Torna-se importante também, pois, é possível determinar a partir da alcalinidade a capacidade tamponante do corpo d'água já que os íons  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  associam se ao bicarbonato.

#### 5.1.7 Dureza

A dureza da água é uma propriedade relacionada com a concentração de íons de determinados minerais dissolvidos na água, geralmente causada pela presença de sais de Cálcio e de Magnésio, de modo que os principais íons levados em consideração na medição da dureza da água são os íons de Cálcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ) e de Magnésio ( $\text{Mg}^{2+}$ ). Os valores de dureza que diretamente estão relacionados com os íons de magnésio e cálcio presentes nas águas, apresentaram valores de 5326,5 e 5326,5; 4522,5 e 4623; 6130,4 e 6130,4 para as amostras A e B, respectivamente.

Águas com teor de dureza superior a 300 mg/L  $\text{CaCO}_3$  são consideradas muito duras. A água dura não é um risco de saúde, mas um incômodo, dependendo de sua aplicação, por causa do acúmulo mineral em dispositivos elétricos, tubulações e desempenho deficiente do sabão e/ou o detergente.

#### 5.1.8 Ferro

É estabelecido que o valor de ferro dissolvido não deva ser superior a 0,3 mg/L Fe em águas salobras classes I e II, segundo a resolução 357 do CONAMA (2005). Os valores obtidos estão dentro do limite estabelecido, com exceção da primeira amostra do Ponto 2, que apresentou teor de ferro igual a 0,683.

O ferro tem como característica conferir á água um sabor metálico e manchar roupas, louças sanitárias, pavimentos e paredes. A concentração de ferro na água deve ser monitorada porque, acima de certos níveis, pode se tornar danosa.

#### 5.1.9 Metais Pesados

Os valores estabelecidos segundo a resolução 357 do CONAMA (2005) para os metais pesados cádmio, chumbo, manganês e mercúrio em águas salobras classes I, são respectivamente, 0,005 mg/L , 0,01mg/L, 0,1mg/L e 0,0002mg/L.

Os valores obtidos estão, em sua maioria, acima dos padrões exigidos, com exceção aos valores de manganês que se comportaram dentro do limite.

## 5.2 Análises microbiológicas

Os valores do NMP de coliformes totais e termotolerantes encontrados nas amostras analisadas no mês de julho de 2016 no Rio dos Cachorros estão representados na Tabela 4.

**Tabela 4** – Análise Microbiológica de Águas Coletadas nos Pontos 1 e 2.

Análises	Amostra 1		Amostra 2		Amostra 3	
	P1	P2	P1	P2	P1	P2
<b>Coliformes Totais</b>	93	460	2400	2400	2400	2400
<b>Coliformes</b>	93	460	1100	2400	2400	2400
<b>Termotolerantes</b>						

A resolução 357 do CONAMA (2005) estabelece que em águas salobras de classe I, devem ser obedecidas as condições e padrões contidos na Resolução CONAMA nº 274, de 2000. Onde, são categorizadas como satisfatórias, as águas que apresentarem 80% ou mais de um conjunto de amostras obtidas em cada uma das cinco semanas anteriores, colhidas no mesmo local, houver, no máximo 1000 coliformes fecais (termotolerantes) ou 800 *Escherichia coli* ou 100 enterococos por 100 mililitros.

Sendo assim, observamos que os resultados obtidos não obedecem ao limite exigido, pois apenas a primeira amostra dos Pontos 1 e 2 esteve dentro do limite.

Segundo depoimento do Sr. Valdemir, morador da comunidade do Taim, as residências da comunidade não contam com rede de coleta de esgoto. Assim, a contaminação constatada nas análises poderá ter ocorrido devido a dejetos humano ou animal depositados nas margens do rio, que quando sofre influência do mar, aumenta o volume, arrastando para o rio tudo que se deposita em suas margens.

Outro ponto a se levar em consideração é o estudo de balneabilidade realizado nas praias de São Luís. O relatório de balneabilidade elaborado pela Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Naturais – SEMA, aponta que de 21 pontos de coletados ao longo das praias da cidade, apenas 1 ponto situado na Praia do Meio apresentou resultado satisfatório de coliformes. Diante disso, a contaminação constatada nas análises também poderá ter ocorrido, devido à forte influência do mar no rio dos Cachorros.

## 6. CONCLUSÃO

O presente trabalho possibilitou uma avaliação da qualidade da água, em 2 pontos do rio dos cachorros, nas proximidades da comunidade do Taim.

Com base nas análises físico-químicas realizadas, no que se refere a salinidade, pH, cloretos, condutividade elétrica, alcalinidade, dureza, ferro e manganês, apresentaram valores satisfatórios em relação as condições de sua localidade. Já quanto às análises de turbidez, cádmio, chumbo e mercúrio, os valores encontrados estavam fora do padrão exigido pela Resolução CONAMA 357. As contaminações por metais podem ser associadas a influência da indústria presente nas proximidades do rio, onde alguns processos de produção utilizam estes metais que, quando lançados irregularmente nos esgotos, contaminam os cursos de água.

Nas análises microbiológicas observou-se que houveram resultados fora do limite estabelecido para sua caracterização de águas salobras de classe I. Tal relato provavelmente se deu devido à contaminação oriunda de dejetos humano ou animal, uma vez que não há ligações clandestinas de esgoto sanitário sendo jogado diretamente no rio. Outro ponto a se levar em consideração é o estudo de balneabilidade realizado nas praias de São Luís.

Com este estudo conclui-se que é importante monitorar e diagnosticar a qualidade da água dos rios em que comunidades ribeirinhas estão em contato diário direto ou indiretamente para assegurar a saúde de todos.

## REFERÊNCIAS

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 18 ed. Washington/D.C: APHA/AWWA/WEF.1992.

BAIRD, C. *Química Ambiental*. 2 ed. Porto Alegre: Bookman, 2002.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução n. 357, de 18 de março de 2005. Dispõe sobre uma nova classificação para as águas doces, bem como para as águas salobras e salinas do território nacional. Brasília: Conama, 2005.

CAEMA. *Estudo de Impacto Ambiental – Sistema de Esgotamento Sanitário da Ilha de São Luís/ Etapa 1*. São Luís, ESSE- Engenharia e Consultoria, 1998.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). Disponível Em:  
<[http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/agua/aguassuperficiais/aguasinteriores/variaveis/aguas/variaveis\\_quimicas](http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/agua/aguassuperficiais/aguasinteriores/variaveis/aguas/variaveis_quimicas)>. Acessado em 25 de julho de 2013.

EMCON AMBIENTAL–Empresa de Consultoria Ambiental. Monitoramento. 2005. Disponível em: <<http://www.emconambiental.com.br/monitoramento>>. Acesso em: 10 junho 2016.

FILHO, D. F. *Tecnologia de Água*. 3ª edição. São Paulo: NOBEL,1984.

FILHO, V. E. M.; NASCIMENTO, A. R. *Análises físico-químicas e bacteriológicas da água*. São Luís, 2005. 59 p.

IBAMA/CNPT-MA. Laudo Sócio-Econômico e Biológico para a Criação da Reserva Extrativista do Taim. São Luís: Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis/Centro Nacional de Desenvolvimento Sustentado das Populações Tradicionais - Maranhão, 2006. Mimeo.

IBAMA/CNPT- MA. Laudo Sócio-Econômico e Biológico para a Criação da Reserva Extrativista do Taim. São Luís, 2007. Mimeografado.

IBAMA/SEMATUR. *Diagnóstico dos principais problemas ambientais do Estado do Maranhão*. São Luís, LITHOGRAF 194p, 1991.

JESUS, T.S.C. *Ancestralidade, trajetórias e resistências: conflitos ambientais em Rio dos Cachorros*, São Luís-MA, v. 1, n. 2, p. 55-77, jul./dez. 2015.

KRAMER, P.J. *Water relations of plants*. Academic Press Inc., San Diego, 1983.

LIMA, D. P., Monografia, *Avaliação da contaminação por metais pesados na água e nos peixes da bacia do rio cassiporé, estado do Amapá, Amazônia, Brasil*. Universidade Federal do Amapá, Macapá – AP, 2013.

MARANHÃO. *Plano de Desenvolvimento do Assentamento (PDA) Taim*. São Luís: ITERMA, 2002.

MEDEIROS, T.C.C. *Contribuição ao estudo a fisiografia de mesolitoral do Golfão Maranhense*. Boletim LaboHidro 8: 81-96, UFMA, São Luis, 1988.

PEZENTE, A.W. *Análise microbiológica, física e química da água dos Bebedouros e torneiras consumida na E.E.B Timbé do Sul, localizada no centro do município de Timbé do Sul – SC*. 2009. 20 f. Tese (Graduação em Farmácia) – Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma. 2009.

PHILIPPI, J. A.; PELICIONI, M. *Educação ambiental e sustentabilidade*. Barueri, SP: Manole, 2005.

RANGEL, M.E.S. *Contribuição de dados integrados dos sistemas sensores TM/LANDSAT-5 e ERS-1/SAR para o estudo de uso e cobertura da terra no nordeste da Ilha do Maranhão*. Dissertação de mestrado em sensoriamento remoto. INPE, São José dos Campos, 2003.

SANT'ANA JÚNIOR, H.A. et al. *Ecos dos conflitos socioambientais: a RESEX de Tauá-Mirim*. São Luís: EDUFMA, 2009.

SANTOS, F. A. Tese de Mestrado, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre - RS (2007).

SILVA, P. R. M. E. *Estudo da potabilidade das águas do poços artesianos, cacimba e caixas d'água com levantamento sócio-econômico e ambiental da comunidade do Taim*. Universidade Federal do Maranhão, São Luís – MA (2012).