



UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAPÁ
PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO
CURSO DE BACHARELADO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS

BRENDA LETÍCIA BARBOSA DE SOUSA

QUALIDADE DA ÁGUA DE ABASTECIMENTO PÚBLICO DAS POPULAÇÕES DA
ZONA URBANA DE MACAPÁ – AP

MACAPÁ
2017

BRENDA LETÍCIA BARBOSA DE SOUSA

QUALIDADE DA ÁGUA DE ABASTECIMENTO PÚBLICO DAS POPULAÇÕES DA
ZONA URBANA DE MACAPÁ – AP

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Ciências Ambientais, da Universidade Federal do Amapá-UNIFAP, como requisito final para obtenção do título de Bacharel em Ciências Ambientais.

Orientador: Prof. Dr. Alan Cavalcanti da Cunha
Co-orientadora: Prof^a. Dr^a. Helenilza Ferreira Albuquerque Cunha

MACAPÁ
2017

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Biblioteca Central da Universidade Federal do Amapá

353
S719q

Sousa, Brenda Letícia Barbosa de.

Qualidade da água de abastecimento público das populações da zona urbana de Macapá - AP. / Brenda Letícia Barbosa de Sousa; orientador, Alan Cavalcanti da Cunha. -- Macapá, 2017.

53 f.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação) – Fundação Universidade Federal do Amapá, Coordenação do Curso de Ciências Ambientais.

1. Água – Análise. 2. Água – Consumo. 3. Companhia de água e esgoto do Amapá (CAESA). I. Cunha, Alan Cavalcanti da; orientador. II. Fundação Universidade Federal do Amapá. III. Título.

BRENDA LETÍCIA BARBOSA DE SOUSA

**QUALIDADE DA ÁGUA DE ABASTECIMENTO PÚBLICO DAS POPULAÇÕES DA
ZONA URBANA DE MACAPÁ – AP**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à banca examinadora do Curso de Bacharelado em Ciências Ambientais da Universidade Federal do Amapá, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de Bacharel em Ciências Ambientais.

Aprovada em: ___/___/___

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Alan Cavalcanti da Cunha

(Universidade Federal do Amapá – UNIFAP)

Orientador e Presidente

Profa. MsC. Alzira Marques Oliveira

(Universidade Federal do Amapá-UNIFAP)

Membro Titular

Prof. Mc. Arialdo Martins da Silveira Júnior

(Universidade Federal do Amapá-UNIFAP)

Membro Titular

DEDICATÓRIA

Dedico à minha mãe Vera Sônia do Rosário Barbosa (*In Memoriam*) por toda a vida que dedicou à minha vida, pelo melhor exemplo que eu poderia ter de ser humano sensível, de fé inabalável, mãe guerreira, esposa amorosa, mulher feminista e feminina, filha amável, amiga fiel e cidadã consciente. Eu seria nada sem ela.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiro à graça de Deus e Jesus Cristo pelo dom da vida, presente divino e mais belo que recebemos e também a possibilidade de seguir com o trabalho! A Nossa Senhora Maria minha amada mãezinha que do céu me guarda e protege.

À minha amada mãe Vera Sônia (*In Memoriam*), meu pai João de Deus e a meu padrasto e pai de criação Carlos Augusto, por me sustentarem e me oportunizarem concluir o nível de graduação e ao incentivo de ir sempre em frente com os meus estudos.

Ao meu namorado, Diego Maciel, que sempre me apoiou e incentivou desde o início do curso para as atividades acadêmicas que procurei desenvolver, inclusive me ajudou e muito nas coletas de campo dessa pesquisa disponibilizando o carro e o seu tempo para dirigir nos dias de coleta pela cidade de Macapá.

A minha co-orientadora Prof.^a Dr.^aHelenilza Cunha, que me concedeu a oportunidade de iniciar a pesquisa como aluna de Iniciação Científica PIBIC. E ao CNPq pelo apoio de subsidiar o desenvolvimento da pesquisa de iniciação científica - Projeto de Pesquisa Universal 14/2011 (No. do Processo 484509/2011-0).

Ao meu orientador, Prof. Dr. Alan Cavalcanti Cunha, por não desistir das orientações do meu TCC me auxiliando até a finalização do mesmo, e principalmente ao incentivo às pesquisas científicas que sempre deu nas aulas, não apenas a mim, mas a toda minha turma.

Agradeço ao Prof. Dr. Marcelo Oliveira, como professor da disciplina de TCC, me apoiar e auxiliar neste caminho com suas sugestões sempre pertinentes, fazendo o bem sem olhar a quem!

Agradeço também ao meteorologista, Prof^o. Mestre Jefferson Vilhena, por me apoiar com a logística de seu automóvel em algumas coletas de campo e por outras vezes me auxiliar, como um amigo do meio científico, em várias dúvidas decorrentes da pesquisa desenvolvida. Assim como aos demais professores e profissionais técnicos que trabalham no bloco de Ciências Ambientais, por todas as vezes que eu recorri a eles e não mediram esforços em me ajudar.

Em último agradeço imensamente à todos os amigos que conquistei no decorrer do curso, pois a vida acadêmica é sempre corrida, às vezes estressante também, quanto mais os semestres passam, mais se percebe a necessidade do estudo, da dúvida, da crítica construtiva, da indagação, da paciência, da evolução, dos erros que ensinam, das vitórias que motivam, do tempo que oras ajuda, oras complica e da enorme necessidade do próximo, o que seria de cada um de nós sem o outro para ajudar nessa caminhada? Espero que isto vá além da graduação!

Se você não descobrir o gosto do fracasso, talvez nunca saiba o verdadeiro sentido da vitória. Quem crer em Deus não desiste, persiste e crer na vida!

(Própria autora)

RESUMO

O Amapá tem sofrido um acelerado adensamento populacional e, conseqüentemente, não tem apresentado uma contrapartida proporcional de oferta de serviços de saneamento básico. Como resultado, detém um dos piores indicadores de salubridade ambiental do Brasil, especialmente o abastecimento de água potável com repercussões e impactos na saúde de seus habitantes. O objetivo do presente estudo foi avaliar parâmetros físico-químicos e microbiológicos da água de consumo humano da cidade de Macapá, averiguando sua conformidade em relação aos padrões legais vigentes. Para este propósito, o monitoramento da qualidade da água fornecida pela Companhia de Água e Esgoto do Amapá (CAESA) foi realizado por um período de 12 meses. As amostras de água foram coletadas durante Agosto-2013/Junho-2014 ao longo de períodos bimestrais em 45 residências distribuídas em 10 bairros de Macapá. Os procedimentos de amostragem, armazenamento e conservação das amostras seguiram critérios de preservação e qualidades físicas, químicas e microbiológicas (APHA, 2005). As análises ocorreram *in loco* e no Laboratório de Química e Saneamento e Modelagem de Sistemas Ambientais (LQMSA/UNIFAP). Os resultados obtidos foram comparados com os padrões de potabilidade da água de abastecimento público (Portaria nº 2914/2011 do Ministério da Saúde). As análises estatísticas descritivas foram então utilizadas para avaliar a frequência espaço-temporal de não-conformidade observadas nas amostras de água. Os indicadores físico-químicos Fe, Al, Mn, pH, turbidez e cor aparente, além dos microbiológicos Coliformes totais e *Escherichia coli*, evidenciaram não-conformidade. As únicas exceções foram NO₃ e F. Conclui-se que os parâmetros que apresentaram maior risco à saúde da população foram os indicadores microbiológicos, com tendência de deterioração mais acentuada durante o mês de junho, sugerindo uma associação com fatores não mensurados nesta pesquisa, como a qualidade da infra-estrutura de distribuição de água e o próprio sistema de produção (ETA da CAESA).

Palavras-chave: Indicadores Ambientais. Água para consumo humano. Análise físico-químicas e microbiológicas. Portaria nº 2.914/2011.

ABSTRACT

The Amapá has undergone an accelerated population density and, consequently, has not presented a proportional counterpart of the offer of basic sanitation services. As a result, it has one of the worst indicators of environmental health in Brazil, especially the supply of drinking water with repercussions and impacts on the health of its inhabitants. The objective of the present study was to evaluate physico-chemical and microbiological parameters of water for human consumption in the city of Macapá, evaluating its compliance with current legal standards. For this purpose, the monitoring of the quality of treated water provided by the Water and Sewage Company of Amapá (CAESA) was carried out for a period of 12 months. Water samples were collected during August-2013 / June-2014 during bimonthly periods in 45 residences located in 10 districts of Macapá. Sampling, storage and preservation procedures followed the criteria of preservation and physical, chemical and microbiological qualities (APHA, 2005). The analyzes were carried out in loco and in the Laboratory of Chemistry and Sanitation and Modeling of Environmental Systems (LQSMSA/UNIFAP). The results obtained were compared to the drinking water standards of public water supply (Ordinance N°. 2914/2011 of the Ministry of Health). The descriptive statistical analyzes were then used to evaluate the time frequency of nonconformity observed in the water samples. The physical-chemical indicators Fe, Al, Mn, pH, turbidity and apparent color, in addition to the microbiological Total coliforms and *Escherichia coli*, showed non conformity. The only exceptions were NO₃ and F. It was concluded that the parameters that presented the greatest risk to the health of the population were the microbiological indicators, with a tendency of deterioration more accentuated during the month of June, suggesting an association with factors not measured in this research, as the quality of the water distribution infrastructure and the production system itself. (ETA da CAESA).

Keywords: Environmental indicators. Public water supply. Physical-chemical and microbiological analysis. Ordinance n° 2.914 / 2011-MS.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Quadro 1 Doenças relacionadas com a água.....	22
Mapa 1 Localização dos pontos de coletas realizadas bimestralmente em Macapá.....	28
Tabela 1 Quantitativo de pontos de coleta por bairro.....	29
Tabela 2 Parâmetros, unidades de medida, métodos de análises utilizados e VMP determinados pelo Ministério da Saúde, Portaria N° 2.914 de 2011.....	29
Quadro 2 Relação de presença e ausência de E-coli nos bairros em 6 meses de coletas.....	42
Mapa 2 Análise espaço-temporal da presença de <i>E-coli</i> nos bairros de Macapá.....	43
Quadro 3 Comparação dos Parâmetros analisados entre os municípios de Macapá e Santana..	44

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 Monitoramento de turbidez.....	32
Gráfico 2 Monitoramento de cor.....	33
Gráfico 3 Monitoramento de pH.....	34
Gráfico 4 Monitoramento de alumínio.....	35
Gráfico 5 Monitoramento de nitrato.....	36
Gráfico 6 Monitoramento de fluoreto.....	37
Gráfico 7 Monitoramento de ferro.....	38
Gráfico 8 Monitoramento de manganês.....	39
Gráfico 9 Monitoramento de coliformes totais.....	40
Gráfico 10 Monitoramento de <i>E. coli</i>	41

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	REFERENCIAL TEÓRICO	15
2.1	SANEAMENTO URBANO	15
2.1.1	Água de Abastecimento Público	16
2.1.2	Uso Múltiplo da Água versus Saneamento	18
2.1.3	Meio Ambiente e Saúde Pública	20
2.1.4	Doenças de Veiculação Hídrica	21
2.1	PARÂMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA	23
2.2.1	Físico	24
2.2.2	Químicos	24
2.2.3	Microbiológico	25
3	MATERIAL E MÉTODOS	27
3.1	LOCALIZAÇÃO DA ÁREA E PERÍODO DE ESTUDO	27
3.2	ANÁLISE DA QUALIDADE DA ÁGUA	29
3.3	TABULAÇÃO E ANÁLISE ESTATÍSTICA	31
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	32
4.1	PARÂMETROS FÍSICOS	32
4.1.1	Turbidez	32
4.1.2	Cor	33
4.2	PARÂMETROS QUÍMICOS	34
4.2.1	pH	34
4.2.2	Alumínio	35
4.2.3	Nitrato	36
4.2.4	Fluoreto	37
4.2.5	Ferro	38
4.2.6	Manganês	39
4.3	PARÂMETROS MICROBIOLÓGICOS	39
4.3.1	Coliformes Totais	40
4.3.2	<i>E-coli</i>	40
5	CONCLUSÃO	45
6	REFERÊNCIAS	47
7	APÊNDICE A – EQUIPAMENTOS E MATERIAIS USADOS NA PESQUISA	51

1 INTRODUÇÃO

O surgimento das cidades brasileiras, geralmente de maneira não planejada, tem desencadeando uma série de problemas de ordem social, econômica e ambiental, tais como o *déficit* de saneamento básico. Esta falta de saneamento básico pode ser citada como uma das causas que mais têm agravado este tipo de problema na maioria das cidades brasileiras, onde os sistemas não funcionam adequadamente, quando existentes. Na região Norte o problema é ainda mais grave, o que resulta em sérios transtornos e prejuízos para a sociedade, além de comprometer o meio ambiente (MACHADO et al, 2010). Por exemplo, segundo a fonte Trata Brasil (2015), Macapá apresenta a segunda pior posição entre cidades com abastecimento de água com mais de 100 mil habitantes, com apenas 38,2%, a frente apenas de Porto Velho (RO) e Ananindeua (PA). Portanto, indicadores relacionados à saúde, meio ambiente e saneamento são muito importantes na elaboração de políticas públicas e execução de ações que buscam o efeito positivo na sociedade como, o bem-estar e melhoria da qualidade de vida da população.

Como o aumento do contingente populacional não planejado no Município de Macapá tem sido uma tendência, assim como em municípios vizinhos como Santana, torna-se necessário estudos para avaliar como variam estes indicadores ambientais, especialmente aqueles relacionados com qualidade de vida dos munícipes. Isto é, avaliando-se o estágio atual de componentes essenciais de saneamento básico, tais como abastecimento de água para consumo humano, e como estes devem ser otimizados no futuro. Nestes termos, um elemento fundamental é o monitoramento sistemático da qualidade da água (CUNHA et al, 2004).

O instrumento legal federal que auxilia no contexto de verificação do cumprimento de serviços básicos para a qualidade de vida é a Lei Nacional de Saneamento Básico n. 11.445 de 5 de janeiro de 2007, definindo saneamento básico em quatro componentes básicos, como: “o abastecimento público de água; a limpeza urbana e manejo dos recursos sólidos; os serviços de drenagem e de manejo das águas pluviais; e o esgotamento sanitário, todos realizados de maneira adequada à saúde pública e à proteção do meio ambiente”. A presente pesquisa teve como foco apenas no componente abastecimento de água.

A água é um ótimo solvente, e como consequência disso, são necessários indicadores físicos, químicos e biológicos para caracterizá-la segundo determinações dos usos e que dependem dos valores das substâncias presentes nela (BRAGA et al, 2005). E cada indicador, reflete as medidas necessárias para verificar a existência e o grau de qualidade da água,

fornecendo uma informação significativa, uma prova, ou um sinal do critério de qualidade procurado (BANDEIRA, 2003).

A água de abastecimento público deve ser captada, manuseada, tratada e distribuída de modo a “obedecer aos padrões legais, como exige a Portaria de Potabilidade da água nº 2914/2011 do Ministério da Saúde (MS), visando a saúde de quem a consome e sem agredir ao meio ambiente”. A água como um produto destinado ao consumo humano se não for adequadamente tratada pode acarretar diversas doenças. Do ponto de vista de saúde pública e ambiental, as doenças associadas a água agrupam-se em cinco classes de enfermidades (FEACHEM et al., 1983): a) vinculadas a falta de higiene pessoal e doméstica em razão da deficiência no abastecimento ou inacessibilidade a água; b) causadas por contato com a água; c) transmitidas por vetores aquáticos; d) disseminadas pela água e e) transmitidas pela água. (RAZZOLINI et al, 2008)

Como a água tratada apresenta diversos constituintes físico-químicos e microbiológicos, por causa de seus diferentes tipos de fontes, vários destes parâmetros servem como indicadores de qualidade. E, normalmente, são associados a diversos efeitos à saúde humana, sejam positivos ou negativos. Os benefícios à saúde da população e ao meio ambiente dependem desta qualidade.

A ausência de informações, bem como os atuais indicadores de saneamento do Estado do Amapá, incorrendo em riscos à saúde da população de Macapá, se a água consumida não estiver com a qualidade necessária ao consumo humano (Portaria nº 2914 do Ministério da Saúde), é dever das instituições e de cada cidadão o registro e até a denúncia quanto ao possível descumprimento legal, sejam quais forem os motivos técnicos (GROTT, 2016).

Esta pesquisa teve como questão norteadora: a água de abastecimento público fornecida pela CAESA, servida aos moradores de Macapá, é potável e apropriada ao consumo humano? Com base nesses pressupostos, a hipótese aqui levantada é a seguinte: “ a água fornecida pela CAESA não se encontra integralmente potável ao consumo humano de abastecimento público, isto é, em não-conformidade com a Portaria nº 2914/11 do MS”, sugerindo grau considerável de risco à saúde pública dos habitantes de Macapá.

O principal objetivo é avaliar a variação espaço-temporal da qualidade de água fornecida para o consumo na zona urbana de Macapá. Os objetivos específicos são: monitorar e analisar amostras de água de consumo humano em diferentes períodos e bairros de Macapá e, compará-las com padrões equivalente estabelecidos em lei para água potável, mediante campanhas bimestrais em 45 residências de 10 bairros de Macapá durante um ano.

2.REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 SANEAMENTO URBANO

Para a Organização Mundial de Saúde (OMS), saneamento é o controle de todos os fatores do meio físico do homem, que exercem ou podem exercer efeito deletério sobre o bem-estar físico, mental e social. É considerado instrumento para a promoção de saúde, quando gerenciado de modo eficaz. Está ligado ao estado de salubridade ambiental e o conceito está intrinsecamente relacionado à saúde e ao meio ambiente (FUNASA, 2007). Saúde, meio ambiente e saneamento trabalhados em conjunto são os elementos que podem resultar em benefícios à vida e ao bem-estar da população.

A Política Nacional de Saneamento Básico, prevista pela Lei nº 11.445/2007, em seu Art. 2º, estabelece que saneamento é a integralidade dos serviços de abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos, drenagem e manejo das águas pluviais, prestados de maneira adequada à saúde pública e à proteção do meio ambiente. De modo que esses serviços sejam de acesso universal à população. (BRASIL, 2007). Mas a salubridade ambiental é o estado de bem-estar e vida saudável ao homem, proporcionado pelo desenvolvimento dos serviços de saneamento, com a atenção à proteção do meio ambiente:

Atualmente, os sistemas de indicadores que estão sendo construídos relativos à salubridade ambiental têm a finalidade de prover informações, permitindo assim novos conhecimentos, visando o melhoramento da qualidade de vida urbana em dimensão social e ambiental. Contribuem assim para a realização de previsões, visando a orientação para a definição e aplicação de políticas específicas e temporais das ações públicas (BATISTA, 2006, pg. 55).

A Fundação Nacional de Saúde (FUNASA, 2007) define salubridade ambiental como também referente ao gozo do estado de bem-estar, de vida saudável, mas deixa claro a sua função de inibir, prevenir ou impedir a ocorrência de doenças:

É o estado de higidez em que vive a população urbana e rural, tanto no que se refere a sua capacidade de inibir, prevenir ou impedir a ocorrência de endemias ou epidemias veiculadas pelo meio ambiente, como no tocante ao seu potencial de promover o aperfeiçoamento de condições mesológicas favoráveis ao pleno gozo de saúde e bem-estar (FUNASA, 2007, pg.14).

Por meio do uso dos métodos de Indicadores de Salubridade Ambiental (ISA), pode-se também realizar o controle e monitoramento dos serviços de saneamento. Neste estudo,

utilizou-se apenas o método de comparação dos parâmetros de água de abastecimento público por meio de análises, a avaliação de sua qualidade. O monitoramento e a comparação da qualidade da água foram realizados de acordo com a Portaria do Ministério da Saúde nº 2914/2011 a qual dispõe sobre os padrões de potabilidade da água (BRASIL, 2011).

2.1.1 Água de Abastecimento Público

Os sistemas de abastecimento de água (SAA) são obras de engenharia que, além de objetivarem assegurar o conforto às populações e prover parte da infraestrutura das cidades, visam prioritariamente superar os riscos à saúde impostos pela má qualidade. Para que os SAAs cumpram com eficiência a função de proteger os consumidores contra os riscos à saúde humana, é essencial um adequado e cuidadoso desenvolvimento de todas as suas fases: a concepção, o projeto, a implantação, a operação e a manutenção (BRASIL, 2006).

O serviço de abastecimento de água pela rede geral caracteriza-se pela retirada da água bruta da natureza, adequação de sua qualidade, transporte e fornecimento à população através de rede geral de distribuição. Há de se considerar, ainda, formas alternativas de abastecimento das populações (proveniente de chafarizes, bicas, minas, poços particulares, carros-pipas, cisternas, etc.) (PNSB, 2008; GROTT, 2016).

A água como elemento necessário à vida dos seres vivos, principalmente ao ser humano, deve se enquadrar dentro de algumas definições para ser considerada potável. Segundo a Portaria nº 2914 do Ministério da Saúde, Art. 5º, são adotadas as seguintes definições (BRASIL, 2011):

- I - água para consumo humano: água potável destinada à ingestão, preparação e produção de alimentos e à higiene pessoal, independentemente da sua origem;
- II - água potável: água que atenda ao padrão de potabilidade e que não ofereça riscos à saúde;
- III - padrão de potabilidade: conjunto de valores permitidos como parâmetro da qualidade da água para consumo humano;
- V - água tratada: água submetida a processos físicos, químicos ou combinação destes, visando atender ao padrão de potabilidade;
- VI - sistema de abastecimento de água para consumo humano: instalação composta por um conjunto de obras civis, materiais e equipamentos, desde a zona de captação até as ligações prediais, destinada à produção e ao fornecimento coletivo de água potável, por meio de rede de distribuição;

A água usada para abastecimento doméstico deve apresentar características sanitárias e toxicológicas adequadas, tais como estar isenta de organismos patogênicos e substâncias tóxicas, para prevenir danos à saúde e ao bem-estar do homem (FAVERI et al, 2013).

A universalização do acesso à água de boa qualidade e em quantidade diária apropriada está diretamente ligado à saúde pública da população, auxiliando na redução de ocorrências de diversas doenças, principalmente as de veiculação hídrica. Infelizmente o direito a esse serviço básico de saúde não é garantido a todos os brasileiros. Por exemplo, a OMS ainda indica que nos países em desenvolvimento, como o Brasil, 70% da população rural e 25% da população urbana não dispõem de abastecimento adequado de água potável (FAVERI et al, 2013).

A água que chega às torneiras das residências atendidas pelo serviço público, é captada e passa por processo de tratamento afim de torná-la apta ao consumo humano. No Estado do Amapá a CAESA é a responsável pelas etapas do processo de captação, tratamento e distribuição da água. Mas há ainda um procedimento essencial, o de monitoramento da qualidade da água distribuída, para a confirmação da qualidade e sua manutenção.

O controle de qualidade de água destinada ao consumo humano, desde os sistemas produtores (mananciais, captação, tratamento) aos sistemas de distribuição (reservatório, redes), normalmente é realizado pela empresa responsável de saneamento local e monitorada pelas Secretarias de Saúde Estaduais (D'GUILA, 2005). A manutenção da rede municipal de distribuição e das redes domiciliares e prediais também influenciam na preservação da qualidade da água, pois se estiver em más condições de conservação pode estar suscetível à contaminação por infiltrações de águas residuais e subterrâneas.

O monitoramento é um instrumento fundamental da gestão de sua qualidade. É através deste instrumento que se faz uma avaliação espacial e temporal avaliando-se as entradas e saídas dentro das redes de distribuição. Entretanto, o consumidor final depende desse monitoramento para avaliar falhas, na maioria dos casos. O abastecimento de água de qualidade e em quantidade suficiente tem importância fundamental para promover condições higiênicas adequadas, proteger a saúde da população e promover o desenvolvimento socioeconômico, principalmente em regiões de vulnerabilidade socioambiental (RAZZOLI et al., 2008). Assim, monitoramento e pesquisas científicas sobre a qualidade da água são importantes e têm sido desenvolvidos quase que obrigatoriamente em todo o país.

Por exemplo, um estudo de análise físico-química e microbiológica de qualidade da água, em Nova Iguaçu, no Paraná, foi realizado para verificar a potabilidade da água de abastecimento público, justamente por ser um importante meio de transmissão de doenças de veiculação hídrica. Somente após este estudo observou-se que 61% das amostras se

apresentaram positivas nos exames bacteriológicos. Ou seja, foi constatado que a água de abastecimento de rede geral não estava com todos os seus parâmetros de acordo com o padrão de potabilidade. Essa análise mostra como o serviço de saneamento é diferenciado no Brasil, principalmente em áreas de baixo desenvolvimento socioeconômico (D'ÁGUILA et al, 2000).

Na cidade de Guarariba - PB, também foi feita uma pesquisa similar sobre a qualidade da água utilizando parâmetros físico-químicos (cloro residual livre, cor aparente, pH, turbidez, alcalinidade, CO₂, oxigênio consumido, aspecto, presença de depósito) e microbiológico (coliformes totais e termotolerantes), onde o resultado foi contrariamente satisfatório. Neste caso, a água estava de acordo com os valores máximos e mínimos permitidos legalmente, confirmando-se sua adequação ao consumo humano (OLIVEIRA et al, 2012).

Na cidade de Macapá - AP, tem sido realizado diversas pesquisas sobre a qualidade da água utilizando-se metodologias similares. Mas os resultados têm se mostrado muito insatisfatórios, haja vista a precariedade e falta de políticas públicas do setor, confirmando-se frequentemente sua inadequação ao consumo humano (GROTT, 2016; CUNHA et al, 2012).

Junior (et al, 2013), realizou pesquisa afim de monitorar características químicas (Al, Fe e pH) da água proveniente de poços e do sistema público de abastecimento no Bairro Santa Rita, em Macapá-AP. No fim do estudo verificou que 92% dos domicílios amostrados o pH infringiu o VMP da Portaria nº 2914/11 do Ministério da Saúde, o ferro não ultrapassou os valores permitidos, já o nitrato em água de poço foi maior do que o índice preconizado. Isto demonstrou, segundo o autor, que independentemente da procedência da água, ela está sujeita à deterioração de sua qualidade.

2.1.2 Uso Múltiplo da Água versus Saneamento no Brasil

A distribuição da água entre as suas diversas formas no planeta vem mudando ao longo dos anos, sobretudo devido à forma como o ambiente vem sendo modificado – dos impactos locais até os impactos globais -, como também se altera ao longo de um ano hidrológico, segundo as diversas estações climáticas. Além disso, essa distribuição e essas modificações não são homogêneas no espaço, havendo regiões com extremos de abundância e outras com extremos de escassez de água, variando com a escala geográfica (HELLER, 2006).

A Resolução do CONAMA nº 357 dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, estabelecendo as condições e padrões de lançamento de efluentes e outras providências. Art. 2º para efeito desta Resolução são adotadas as seguintes definições (BRASIL, 2005):

- I - águas doces: águas com salinidade igual ou inferior a 0,5 ‰;
- II - águas salobras: águas com salinidade superior a 0,5 ‰ e inferior a 30 ‰;
- III - águas salinas: águas com salinidade igual ou superior a 30 ‰;

Como um dos recursos naturais mais utilizável, a água é essencial para a existência e manutenção da vida na Terra, logo deve estar presente nos diversos tipos de ambientes em determinadas quantidades e qualidades, de acordo com a sua utilidade (BRAGA et al., 2005):

- *Abastecimento humano*: este é considerado o uso mais nobre e prioritário, pois o homem depende de uma quantidade adequada de água para consumir como alimento, cozinhar, fazer limpezas, entre outros usos. A água usada para abastecimento doméstico deve apresentar características sanitárias e toxicológicas adequadas, tais como estar isenta de organismos patogênicos e substâncias tóxicas, para prevenir danos à saúde e ao bem-estar do homem.
- *Abastecimento industrial*: usado em indústrias nos seus diversos processos produtivos. Cada indústria obedece à um padrão de qualidade específico, de acordo com a finalidade de produção.
- *Irrigação*: representa cerca de 70% do consumo de água doce do mundo. Para cada tipo de cultura a ser irrigada (vegetais, frutas, entre outras) há um padrão de qualidade adequado.
- *Geração de energia elétrica*: no Brasil o grande potencial de produção de energia é em usinas hidrelétricas e termoelétricas. Esse tipo de uso pode causar impactos ambientais.
- *Navegação*: este uso é viavelmente econômico para o Brasil, devido suas extensas hidrovias. A navegação fluvial necessita de corpos d'água profundos e de alta velocidade.
- *Assimilação e transporte de poluentes*: os corpos d'água também são utilizados para lançamento final de efluentes. Os poluentes são diluídos na água, procurando neutralizar e equilibrar o meio, decompondo as matérias orgânicas.
- *Preservação da flora e fauna*: todos os tipos de uso da água devem obedecer à padrões e legislações ambientais vigentes, para a preservação da flora e fauna, principalmente do meio aquático.
- *Aquicultura*: atividade econômica pesqueira que requer padrões de qualidade da água para o desenvolvimento de cada espécie de peixe.
- *Recreação*: os corpos d'água oferecem vários tipos de atividades recreativas, como os diversos esportes aquáticos, natação, polo, etc. ou ainda por meio de navegação e pesca esportiva. Como esse tipo de uso requer um certo contato do homem com a água, esta deve estar adequada para o uso.

O uso da água deve ser de maneira consciente, pois usufruí-la de modo desenfreado, sem controle, geram consequências que pode afetar o meio ambiente e indiretamente ou

diretamente o homem. Um corpo d'água receptor do lançamento de esgotos pode incorporar toda uma ampla gama de agentes tóxicos ou transmissores de doenças. Este fato pode não gerar um impacto à biota do corpo d'água em si, mas afeta um dos usos preponderantes a ele destinados, tais como abastecimento de água potável, irrigação e balneabilidade. (SPERLING, 2005; CUNHA et al., 2004).

Organismos patogênicos são percebidos no monitoramento da qualidade desses corpos d'água por meio de análises físico-químico e microbiológica. A presença desses seres pode acarretar em prejuízos da saúde humana. Segundo Sperling (2005) é fundamental compreender o comportamento dos agentes tóxicos ou transmissores de doenças em um corpo d'água, a partir de seu lançamento até os locais de utilização (captação de água ou balneabilidade), pois, a maioria desses agentes tem no trato intestinal humano as condições ótimas para o seu crescimento e reprodução.

Existem exigências de qualidade da água em normas, portarias e diversos documentos legais, que devem ser obedecidos devido à necessidade dos seres vivos em usufruírem deste recurso natural diariamente (Portaria nº 2 914 e Resolução do CONAMA nº 357).

2.1.3 Meio Ambiente e Saúde Pública

A Política Nacional de Meio Ambiente, Lei nº 6938/81 em seu Art. 3º Inciso I, meio ambiente é o conjunto de condições, leis, influências e interações de ordem física, química e biológica, que permite, abriga e rege a vida em todas as suas formas (BRASIL, 1981).

A Lei nº 8.080/90, que dispõe sobre as condições para a promoção, proteção e recuperação da saúde, a organização e o funcionamento dos serviços correspondentes e outras providências, trata em seus Art. 2º e Art. 3º (BRASIL, 1990):

Art. 2º - a saúde é um direito fundamental do ser humano, devendo o Estado prover as condições indispensáveis ao seu pleno exercício.

Art. 3º - os níveis de saúde expressam a organização social e econômica do País, tendo a saúde como determinantes e condicionantes, entre outros, a alimentação, a moradia, o saneamento básico, o meio ambiente, o trabalho, a renda, a educação, a atividade física, o transporte, o lazer e o acesso aos bens e serviços essenciais.

A partir da segunda metade do século XX a inter-relação entre saúde e saneamento foi estruturada em uma só área, denominada de Saneamento Ambiental. No entanto o modelo de crescimento econômico brasileiro tem intensificado as desigualdades do direito ao acesso a serviços básicos por meio das disparidades de renda e de infra-estrutura, colocando a grande maioria do povo, que é pobre, em condições precárias e insalubres. Esses fatores, agravados

pela falta de serviços de saneamento nas áreas mais pobres, levam a uma sobrecarga do setor saúde com pacientes acometidos de doenças evitáveis (RIBEIRO, 2004).

A carga de doença relacionada ao ambiente é um dos grandes diferenciais entre os países do norte e os do sul global, como é o caso do Brasil, que, para construir um desenvolvimento sustentável e com qualidade de vida, a melhora dos indicadores de saneamento deve ser uma prioridade (Prüss e Corvalan apud CARNEIRO et al, 2012).

Tradicionalmente, os direitos humanos ou direitos inalienáveis do ser humano eram: equidade, liberdade, felicidade, vida e propriedade. Hoje em dia, um meio ambiente salubre não é só visto como um elemento da qualidade de vida, mas como um direito humano ou um direito inalienável, portanto sujeito ao princípio universal de igualdade e a receber um status legal formal, uma vez que constituiria um direito legal (RIBEIRO, 2004).

Condições adequadas de abastecimento resultam em melhoria das condições de vida e em benefícios como controle e prevenção de doenças, prática de hábitos higiênicos, conforto e bem-estar, aumento da expectativa de vida e da produtividade econômica (RAZZOLINI et al, 2008). Em estado de salubridade ambiental o indivíduo tende a viver melhor a tal ponto de não perder anos de vida devido às doenças tornando-se mais produtivo socialmente. Assim, a exigência legal para a qualidade da água potável para o consumo humano, nada mais é do que o propósito primário para a proteção à saúde pública (DÁGUILA, 2000).

Juntamente com a crescente evolução da legislação, ampliou-se a consciência de que a saúde, individual e coletiva, nas suas dimensões física e mental, está intrinsecamente relacionada à qualidade do meio ambiente (RIBEIRO, 2004).

2.1.4 Doenças de Veiculação Hídrica

Segundo a OMS saúde é um estado de completo bem-estar físico, mental e social, e não somente a ausência de doenças (FUNASA, 2006). Mas um dos mais importantes aspectos de poluição das águas é aquele relacionado com o fator higiênico, associado às doenças de veiculação hídrica (SPERLING, 2005). Portanto, o serviço de oferta e distribuição da água de abastecimento público, como componente essencial do saneamento, precisa ser realizado com qualidade obedecendo as exigências legais, para não estimular a veiculação de doenças hídricas.

Segundo Santos (2012), mesmo que o Estado do Amapá possua uma razoável rede geral de distribuição de água, o serviço é prestado de maneira precária e irregular. Ressalta ainda que em Macapá apenas 56,4% dos domicílios são atendidos pela rede de abastecimento público, ou seja, grande parcela da população recorre aos poços (GROTT, 2016), contribuindo

negativamente para a salubridade ambiental, até porque as diferentes fontes de água demandam diferentes tipos de tratamentos (CUNHA et al., 2008).

A falta de salubridade ambiental ocorre por conta de alguns fatores, aqui definidos como: falhas no monitoramento da qualidade da água, encanações suscetíveis às infiltrações, falta de informação para a população sobre higiene sanitária, e a não universalização do acesso à rede geral de distribuição de água. Todos podem acarretar em consequências diretas na saúde, por meio das doenças de veiculação hídricas (Quadro 1).

Quadro 1. Doenças relacionadas com a água

Grupo de doenças	Formas de transmissão	Principais doenças	Formas de prevenção
Transmitidas pela via feco-oral (alimentos Contaminados por fezes)	O organismo patogênico (agente causador de doença) é ingerido	1. Diarréias e disenterias, como a cólera e a giardíase 2. Febre tifóide e paratifóide 3. Leptospirose 4. Amebíase 5. Hepatite infecciosa 6. Ascaridíase (lombriga)	1. Proteger e tratar as águas de abastecimento e evitar uso de fontes contaminadas 2. Fornecer água em quantidade adequada e promover a higiene pessoal, doméstica e dos alimentos
Controladas pela limpeza com a água (associadas ao abastecimento insuficiente de água)	A falta de água e a higiene pessoal insuficiente criam condições favoráveis para sua disseminação	Infeções na pele e nos olhos, como o tracoma e o tifo relacionado com piolhos, e a escabiose	Fornecer água em quantidade adequada e promover a higiene pessoal e doméstica
Associadas à água (uma parte do ciclo da vida do agente infeccioso ocorre em um animal aquático)	O patogênico penetra pela pele ou é ingerido	Esquistossomose	1. Evitar o contato de pessoa com águas infectadas 2. Proteger mananciais 3. Adotar medidas adequadas para a disposição de esgotos 4. Combater o hospedeiro intermediário
Transmitidas por vetores que se relacionam com a água	As doenças são propagadas por insetos que nascem na água ou picam perto dela	1. Malária 2. Febre amarela 3. Dengue 4. Filariose (elefantíase)	1. Combater os insetos transmissores 2. Eliminar condições que possam favorecer criadouros 3. Evitar o contato com criadouros 4. Utilizar meios de proteção individual

Fonte: BRASIL (2006).

A falta de água ou a ausência de qualidade se traduz em doença – e em morte. Segundo a OMS, por exemplo, a diarreia é a causa da morte de 1,5 milhão de pessoas todos os anos. A grande maioria por diarreia é relacionada a má qualidade da água, saneamento inadequado e falta de higiene (AGUIAR et al, 2014).

O acesso precário a água significa risco iminente de aumento na incidência de doenças associadas a ela, as quais, em geral, atingem populações mais suscetíveis, representadas por crianças menores de 5 anos, idosos, desnutridos e imune deficientes (RAZZOLINI et al, 2008). As crianças e idosos são frequentemente os mais afetados com essas doenças. E podem ter como consequência a morte, devido ao sistema imunológico frágil e vulnerável.

Este quadro pode ser mudado. Segundo a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB), a cada 1,00 real que se investe em saneamento nos países em desenvolvimento, economiza-se 4,00 de gastos com saúde pública (PNSB, 2008). Ou seja, o bem-estar da população com serviços adequados de saneamento básico, rende benefícios financeiros evidentes, inclusive para o governo.

2.2 PARÂMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA

Segundo Braga et al (2005) a alteração da qualidade da água não está ligada somente aos aspectos estéticos, pois a água de aparência satisfatória para um determinado uso pode conter microorganismos patogênicos e substâncias tóxicas nocivas à saúde se utilizada para consumo humano.

Segundo Portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde em seu Art. 3º, toda água destinada ao consumo humano, distribuída coletivamente por meio de sistema ou solução alternativa coletiva de abastecimento de água, deve ser objeto de controle e vigilância da sua qualidade (BRASIL, 2011).

Segundo o Ministério da Saúde e Vigilância Sanitária, por meio do estudo desenvolvido sobre Vigilância e Controle da Qualidade de Água para Consumo Humano, a avaliação da qualidade da água deve ser feita de forma integrada, considerando-se o conjunto das informações de caráter físico, químico e biológico (BRASIL, 2006).

Este trabalho utilizou como base a Portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde para a comparação dos parâmetros físicos (Cor, Turbidez); químicos (pH; Alumínio; Manganês; Ferro; Nitrato, Fluoreto) e microbiológicos (Coliformes Totais, *Escherichia Coli*).

2.2.1 Físico

Segundo Braga et al (2005), a cor é uma característica derivada da existência de substâncias em solução, na maioria de natureza orgânica. E a turbidez que tem propriedade de desviar raios solares é decorrente da presença de materiais em suspensão na água e de organismos microscópicos.

Segundo Brasil (2006), a unidade de definição da cor da água é uH (unidade Hazen). Para efeito de caracterização de águas para abastecimento, distingue-se a cor aparente, na qual se consideram as partículas suspensas, da cor verdadeira. Para atender ao padrão de potabilidade, a água deve apresentar intensidade de cor aparente inferior a cinco unidades.

A alteração a penetração da luz na água decorre da presença de material em suspensão, sendo expressa por meio de unidades de turbidez (também denominadas unidades de Jackson ou nefelométricas). Para fins de potabilidade, a turbidez deve ser inferior a uma unidade. Tal restrição fundamenta-se na influência da turbidez nos processos usuais de desinfecção, atuando como escudo aos microorganismos patogênicos e assim minimizando a ação do desinfetante. (BRASIL, 2006).

2.2.2 Químico

O potencial hidrogeniônico (pH) representa a intensidade das condições ácidas ou alcalinas do meio líquido por meio da medição da presença de íons hidrogênio (H^+). (BRASIL, 2006)

Segundo Braga et al (2005), o valor do pH para água pura a 25°C é igual a 7 e varia entre 0 e 7, em meios ácidos, e entre 7 e 14 em meios alcalinos. Muitas reações no ambiente são afetadas pelo valor do pH, por isso sua importância. No entanto, as substâncias decorrentes da atividade humana despejadas no meio aquático podem alterar significativamente o valor do pH.

A concentração de fluoreto é um parâmetro relevante para avaliação da qualidade nas águas de consumo, seja pela possibilidade de prevenção da cárie dentária, quando presente em níveis adequados, seja pelo potencial de provocar fluorose dentária, quando em níveis elevados. Estabelecer níveis de segurança para o fluoreto em águas de consumo é uma medida imprescindível de proteção à saúde humana (FRAZÃO et al, 2011).

Segundo Braga et al (2005), o nitrogênio em todas as suas formas, como por exemplo o nitrato, é considerado uma impureza orgânica. O nitrogênio, por seguir um ciclo que o conduz à mineralização total sob a forma de nitritos, permite avaliar o grau e a distância de uma poluição pela quantidade e forma de apresentação de derivados nitrogenados.

Além de ser frequentemente encontrado na natureza, na forma de proteínas e outros compostos orgânicos, o nitrogênio tem uma significativa origem antropogênica, principalmente em decorrência do lançamento, em corpos d'água, de despejos domésticos, industriais e de criatórios de animais, assim como de fertilizantes (BRASIL, 2006).

Metais no sistema de distribuição de água podem ter origem na variabilidade da qualidade da água que o sistema de distribuição pode apresentar ou estar relacionados a esse fato. Duas origens podem ser indicadas: a primeira diz respeito ao próprio sistema que fornece o metal, principalmente por meio de corrosão química ou microbiológica; a segunda diz respeito à origem da água que entra na estação de tratamento, onde principalmente alumínio e ferro formam compostos utilizados no processo de coagulação cujo objetivo é a remoção de partículas em suspensão na água que aflui para a estação de tratamento (FREITAS et al, 2001).

Nas ETAs que usam o sulfato de alumínio, como coagulante, se faz necessária a análise de alumínio, pois a dosagem incorreta deste coagulante é denotada pela quantidade significativa de alumínio que persiste na água tratada. O hidróxido de alumínio, formado na reação é anfótero. Sua ionização se processa em pH ácido ou básico (FUNASA, 2006).

A Portaria nº 2914/11 do Ministério da Saúde estabelece que o padrão de aceitação para consumo humano de alumínio na água é de 0,2 mg/l (BRASIL, 2011).

O ferro, com certa frequência associado ao manganês, confere à água sabor, ou melhor, sensação de adstringência e coloração avermelhada, decorrente de sua precipitação. As águas ferruginosas mancham as roupas durante a lavagem, mancham os aparelhos sanitários e podem ficar depositadas nas tubulações. O manganês apresenta inconvenientes semelhantes aos do ferro, porém é menos comum e sua coloração característica é o marrom (BRAGA et al, 2005).

Embora esses elementos não apresentem inconvenientes a saúde, nas concentrações normalmente encontradas nas águas naturais, eles podem provocar problemas de ordem estética ou prejudicar determinados usos industriais. O padrão de potabilidade determina valores máximos de 0,3 mg/L para o ferro e 0,1 mg/L para o manganês (BRASIL, 2006).

2.2.3 Microbiológico

Segundo Braga et al (2005), os microorganismos de origem externa, como os patogênicos (bactérias, vírus, protozoários), são introduzidos na água com matéria fecal de esgotos sanitários, eles não são naturais do meio aquático, têm suas origens principalmente nos dejetos de pessoas doentes. Portanto, eles têm sobrevivência limitada na água, mas podem alcançar o ser humano por meio de ingestão ou contato com a água, causando doenças.

De acordo com Sperling (2005), as bactérias do grupo coliforme são utilizadas como indicadores de contaminação fecal, ou seja, indicam se uma água foi contaminada por fezes e, em decorrência, se apresenta uma potencialidade para transmitir doenças (SPERLING, 2005).

Uma vantagem no uso de bactérias coliformes como indicadoras de contaminação fecal é sua presença em grandes quantidades nos esgotos domésticos, pois cada pessoa elimina bilhões dessas bactérias diariamente. Dessa forma, havendo contaminação da água por esgotos domésticos, é muito grande a chance de se encontrar coliformes em qualquer parte e em qualquer amostra de água (BRASIL, 2006).

A *E coli* é uma bactéria heterotrófica, que realiza a decomposição da matéria orgânica para se alimentar, ela se desenvolve em esgotos, onde há uma enorme proliferação por conta da alta carga de matéria orgânica que necessitam ser decomposta e a nutre. Este é o processo da autodepuração que ocorre em lagos e rios na tentativa de equilibrar o sistema aquático (SPERLING, 2005).

Segundo Brasil (2000), a Resolução do CONAMA nº 274, a bactéria *Escherichia coli* é abundante em fezes humanas e de animais. É encontrada em esgotos, efluentes, águas naturais e solos que tenham recebido contaminação fecal recente.

3 MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho é objeto de um projeto de pesquisa (CUNHA, 2012), que visa a geração e avaliação de indicadores de serviços de saneamento em áreas urbanas e suas implicações na qualidade de vida das populações de Macapá e Santana – AP. Este projeto foi realizado até 2014 com várias pesquisas teóricas, de campo e análises em laboratório.

A presente pesquisa foi desenvolvida de agosto de 2013 a junho de 2014, buscando relatar a importância da qualidade da água de abastecimento público de Macapá. Foram realizadas 6 campanhas amostrais de água para análises dos parâmetros físico, químico e microbiológico, os quais foram comparados com os padrões de VMP estabelecidos na Portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde (Brasil, 2011).

Segundo Nechet (2002), Macapá possui período de inverno nos meses de dezembro a julho. Das seis coletas bimestrais feitas, quatro compreendem o período de maior nível de precipitação pluviométrico.

3.1 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA E PERÍODO DE ESTUDO

O estado do Amapá localizado no extremo norte do Brasil, ocupa uma área de um pouco mais de 142.828 km². Possui uma população de 766.679 habitantes. A área de estudo está localizada na área urbana do município de Macapá que conta com 456.171 habitantes (INSTITUTO, 2015).

Segundo Santos (2012), apenas 56,4% dos domicílios de Macapá recebem água pela rede de abastecimento central. Na época que foi desenvolvido a pesquisa de Santos (2012) a população de Macapá era de 398.204 hab.

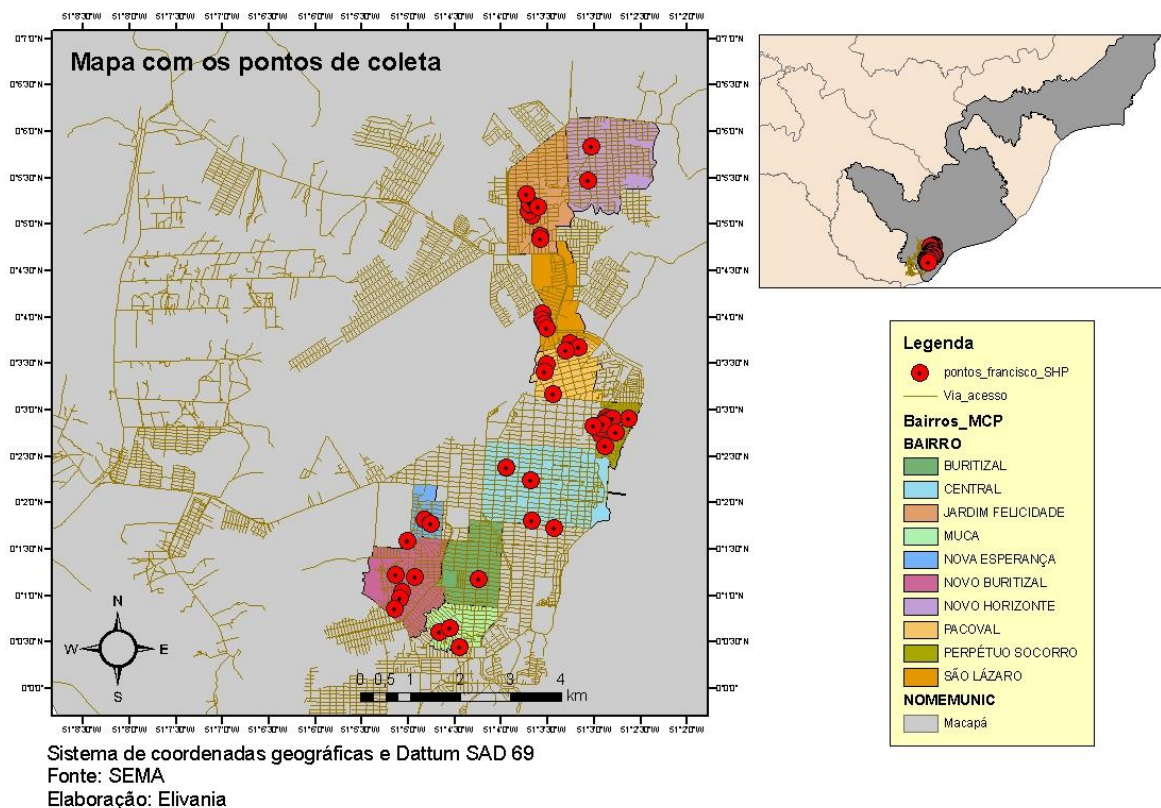
As coletas foram realizadas de maneira bimestrais no período de 12 meses, de agosto de 2013 a junho de 2014: 1ª) agosto; 2ª) outubro; 3ª) dezembro; 4ª) fevereiro; 5ª) abril, 6ª) junho. Os dados coletados equivalem a 45 pontos (residências) distribuídos em 10 bairros da cidade (Mapa 1). Esses pontos amostrais foram aleatoriamente escolhidos pela ferramenta bioEstat 5.0.

A portaria nº 2.914/ 2011 do Ministério da Saúde, que dispõe sobre o padrão de potabilidade da água de consumo humano, serviu como base comparativa e de conformidade (Valor Máximo/Mínimo Permitido) dos elementos físico-químicos e microbiológico analisados durante a pesquisa.

Todos os procedimentos metodológicos seguiram os padrões de APHA (2005) e foram executadas em campo ou no Laboratório de Química, Saneamento e Modelagem de Sistemas Ambientais – LQSMSA do Curso de Ciências Ambientais/UNIFAP.

Os bairros são: São Lázaro, Novo Horizonte, Jardim Felicidade I, Pacoval, Perpétuo Socorro, Central, Nova Esperança, Buritizal, Novo Buritizal e Muca. Estes bairros foram escolhidos baseado na tese de mestrado de Santos (2012) que aplicou estudo de Indicadores de Salubridade Ambiental – ISA em Macapá e ao fim de sua dissertação de mestrado conseguiu sistematicamente salientar ineficiências e precariedades da Gestão Urbanística para o saneamento e a insalubridade evidente na área urbana. Na Tabela 1 pode-se observar a distribuição dos pontos amostrais por bairro quantitativamente.

Mapa 1. Localização dos pontos de coletas realizadas bimestralmente em Macapá.



Fonte: ABREU (2013)_comunicação pessoal.

Tabela 1. Quantitativo de pontos de coleta por bairro.

Bairro	Pontos de coleta
São Lázaro	4
Novo Horizonte	2
Jardim Felicidade I	7
Pacoval	6
Perpétuo Socorro	10
Central	4
Nova Esperança	3
Buritizal	2
Novo Buritizal	3
Muca	4

Fonte: Arquivo do próprio autor

Em cada um dos 45 pontos amostrais, ou domicílios, foi solicitada autorização para pesquisa e coleta de água até a finalização da pesquisa, com base em procedimentos éticos.

3.2 ANÁLISE DA QUALIDADE DA ÁGUA DE ABASTECIMENTO

Foram feitas análises de 10 parâmetros de qualidade da água em cada amostra coletada bimestralmente. Na Tabela 2 são apresentados os parâmetros com seus respectivos métodos, unidades de medida e seus Valores Máximo Permitido (VMP) de acordo com as exigências legais da Portaria de Potabilidade do Ministério da Saúde Nº 2.914 de 2011.

As recomendações dessa portaria indicam que os rumos para a avaliação da qualidade da água de consumo se tornam cada vez mais complexos devido a decrescente qualidade de água bruta captada em mananciais deteriorados, reforçando que ações na área de saneamento ambiental são dinâmicas e devem refletir as contínuas alterações ambientais. Apesar da importância dos avanços dessa portaria, deve-se investigar se todos os brasileiros têm acesso a água com a qualidade ditada por ela (RAZZOLINI et al, 2008).

Tabela 2. Parâmetros, unidades de medida, métodos de análises utilizados e VMP determinados pelo Ministério da Saúde, Portaria Nº 2.914 de 2011.

	Parâmetro	Unidade	Métodos/Equipamentos de Análises	VMP
Físico	Cor	uH ⁽¹⁾	Espectrofotômetro (Hach DR/ 2800)	15
	Turbidez	uT ⁽²⁾	Turbidímetro portátil HACH 2100P	5

Químico	pH	à 25°C	pH-âmetro Orion/3 Star	6 a 9
	Nitrato	mg/L	NitraVer (HACH DR/2800)	10
	Fluoreto	mg/L	SPADNS (HACH DR/ 2800)	1,5
	Ferro	mg/L	FerroVer (HACH DR/2800)	0,3
	Manganês	mg/L	PAN (HACH DR/ 2800)	0,1
	Alumínio	mg/L	AluVer (HACH DR/ 2800)	0,2
Microbiológico	Coliformes Totais	CT/100mL d'água	Substrato cromogênico com Colilert/IDEXX	Ausência em 100mL
	<i>Escherichia coli</i>	<i>E.coli</i> /100mL d'água	Substrato cromogênico com Colilert/IDEXX	Ausência em 100mL

Fonte: Nota1: unidades Hazen. Nota 2: unidades de Turbidez. Dados retirados do Anexo da Portaria nº 2.914 de 2011 do Ministério da Saúde.

A metodologia da pesquisa quanto a coleta das amostras em campo e análises em laboratório foi feita com base em APHA (2005). Foram realizadas duas coletas de amostras em campo da mesma água: 1ª) coleta em garrafas de 250 mL (Apêndice - Figura 1) lavadas anteriormente com água destilada para preservação das características físico-química da água; 2ª) coleta em bolsas estéreis (Thio-Bag) com capacidade para 100 ml (Apêndice - Figura 2) que contém um comprimido de 10mg de tiosulfato de sódio para neutralização do cloro presente na amostra, para posterior análise microbiológica.

As análises foram realizadas no Laboratório de Química, Saneamento e Modelagem de Sistemas Ambientais – LQSMSA da UNIFAP.

Para as análises de cor, nitrato, fluoreto, ferro, manganês e alumínio foi utilizado o método do espectrofotômetro (Apêndice - Figura 3) de marca HACH/ DR 2800 (HACH, 2005). Nas análises de turbidez foi usado o método turbidimétrico com o turbidímetro portátil (Apêndice - Figura 4) de marca HACH/ 2100P (HACH, 1998). Para as análises de pH foi usado o método potenciométrico com um auxílio de um pH-âmetro Orion/3 Star (Apêndice - Figura 5). A definição de análises microbiológicas foi pelo método do substrato cromogênico definido utilizando reagente COLILERT/IDEXX (Apêndice - Figura 6) (APHA, 2005).

Determinação de parâmetro físico e químico: as amostras foram coletadas em garrafas plásticas de 250 ml, lavadas com água destilada. Para os parâmetros microbiológicos: as amostras foram acondicionadas em bolsas estéreis (Thio-bag) com capacidade para 100 ml de amostra. Os recipientes foram abertos somente no local de coleta, depois ficavam acondicionados em caixa térmica para serem transportados até o laboratório.

Caracterização da qualidade da água: nos domicílios amostrados foram coletadas amostras de água e preservada sua qualidade química de acordo com APHA (2005).

Para os físico-químicos:

- Cor aparente: determinada pelo espectrofotômetro HACH/DR 2800.
- Turbidez: determinado pelo método turbidimétrico, com o uso de um turbidímetro portátil HACH 2100P;
- pH, pelo método potenciométrico, com auxílio de um pHmêtro;
- Nitrato (NO₃-), pelo método NitraVer® com o uso de espectrofotômetro HACH/DR 2800;
- Fluoreto, pelo método SPADNS®, com a ajuda de um espectrofotômetro HACH/DR 2800;
- Ferro, pelo método FerroVer® por espectrofotometria;
- Manganês, pelo método PAN por espectrofotometria;
- Alumínio, pelo método AluVer® por espectrofotometria.

Para os parâmetros microbiológicos:

- Coliformes totais e *E. coli*: determinados pelo método do substrato cromogênico (definido), utilizando reagente COLILERT/IDEXX.

Para a determinação de *Escherichia-coli* as amostras coletadas em bolsas estéreis (Thio-Bag). Adicionado para cada amostra um flaconete de substrato, após a diluição do substrato, as amostras foram transferidas para uma cartela estéril, fechada com auxílio da seladora Quanti-Tray Sealer (CUNHA et. al. 2008). As cartelas foram inseridas em estufa a 35±0,5°C durante 24h. As leituras foram realizadas com auxílio de câmara escura sob luz ultravioleta (CUNHA et al., 2012), onde foi observado a presença de *E-coli*. Para a identificação de Coliformes Totais realiza-se a contagem sem necessitar do auxílio da luz ultravioleta (CUNHA et al, 2011).

3.3 TABULAÇÃO E ANÁLISE ESTATÍSTICA

Dois programas computacionais foram utilizados para análises dos dados: 1) o software Excel 2013 da Microsoft, foi útil nas tabulações estatísticas dos dados e gerações de gráficos; 2) o programa Bio Estat 5.0, foi usado no sorteio de 45 pontos amostrais no método de sorteio aleatório.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os principais resultados são mostrados nos gráficos (1-9) os quais foram obtidos para os seguintes parâmetros: nitrato, fluoreto, turbidez, pH, ferro, alumínio, manganês, cor, coliformes totais, *Escherichia coli*.

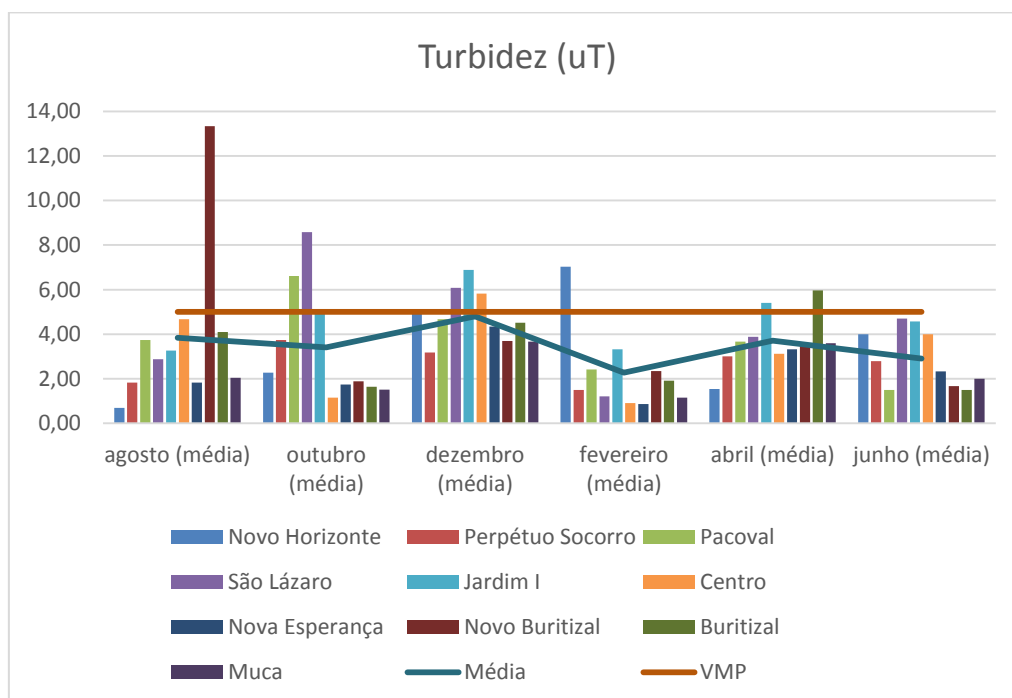
4.1 PARÂMETROS FÍSICOS

4.1.1 Turbidez

Nas análises do parâmetro de turbidez, segundo a Portaria nº 2914/2011, é permitido até 5 uT. O Art. 30. da Portaria descreve: para a garantia da qualidade microbiológica da água, em complementação às exigências relativas aos indicadores microbiológicos, deve ser atendido o padrão de turbidez expresso no Anexo II e devem ser observadas as demais exigências contidas nesta Portaria (BRASIL, 2011).

Os resultados para este parâmetro foram não satisfatórios para as amostras de água coletadas. Um total de 21% estavam acima do valor permitido (Gráfico 1).

Gráfico 1. Valores obtidos do parâmetro turbidez das amostras de águas.



Fonte: Elaboração da autora

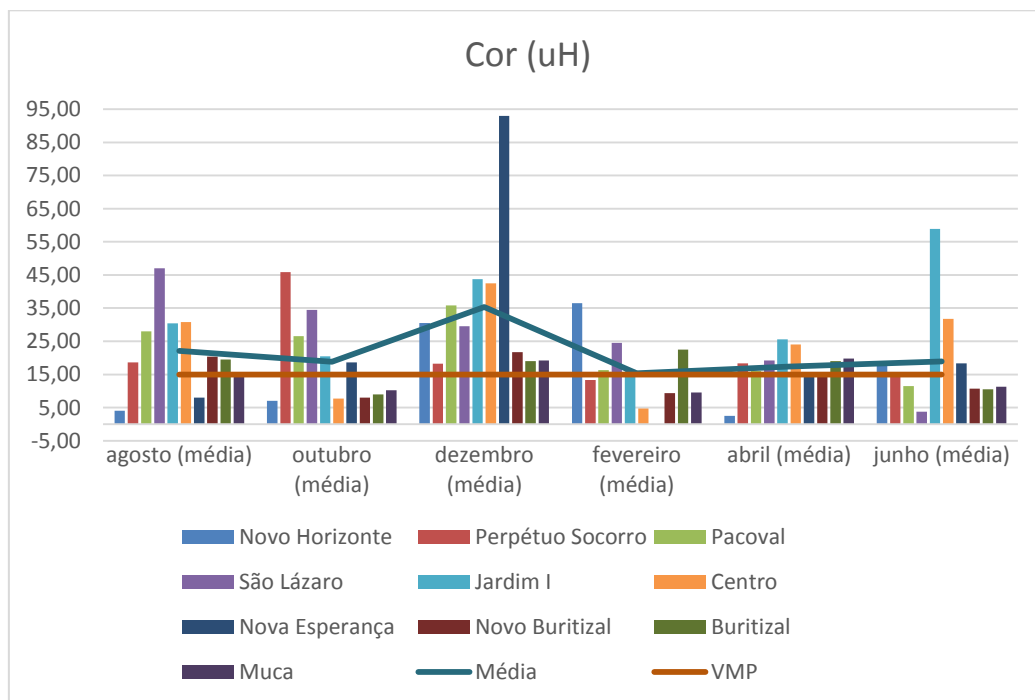
Percebe-se no gráfico 1 que em todos os meses pelo menos um dos bairros ultrapassou o VMP de 5 uT. Nos meses de outubro, dezembro, abril e junho em todos os bairros houve pontos de coleta com valores de unidade de turbidez maiores do que o padrão de potabilidade permite.

4.1.2 Cor aparente

O Valor Máximo Permitido para o parâmetro de Cor aparente na Portaria nº 2914 de Padrão de Potabilidade, é de 15 uH.

A Cor (Gráfico 2), assim como a turbidez, serve como indicador de possíveis incidências de seres patogênicos nas águas, o que pode indicar sucessivamente uma grande probabilidade da água não está adequada para o consumo humano biologicamente.

Gráfico 2. Valores obtidos do parâmetro cor das amostras de águas.



Fonte: Elaboração da autora

Do total de amostras, 138 (51%) tiveram resultados superiores a 15 uH. Isto é mais da metade do total das coletas e análises feitas durante toda a pesquisa para este.

Observa-se que o mês de dezembro teve significativos valores, de unidades Hazen. Em todos os bairros ultrapassou o valor permitido pela portaria de potabilidade.

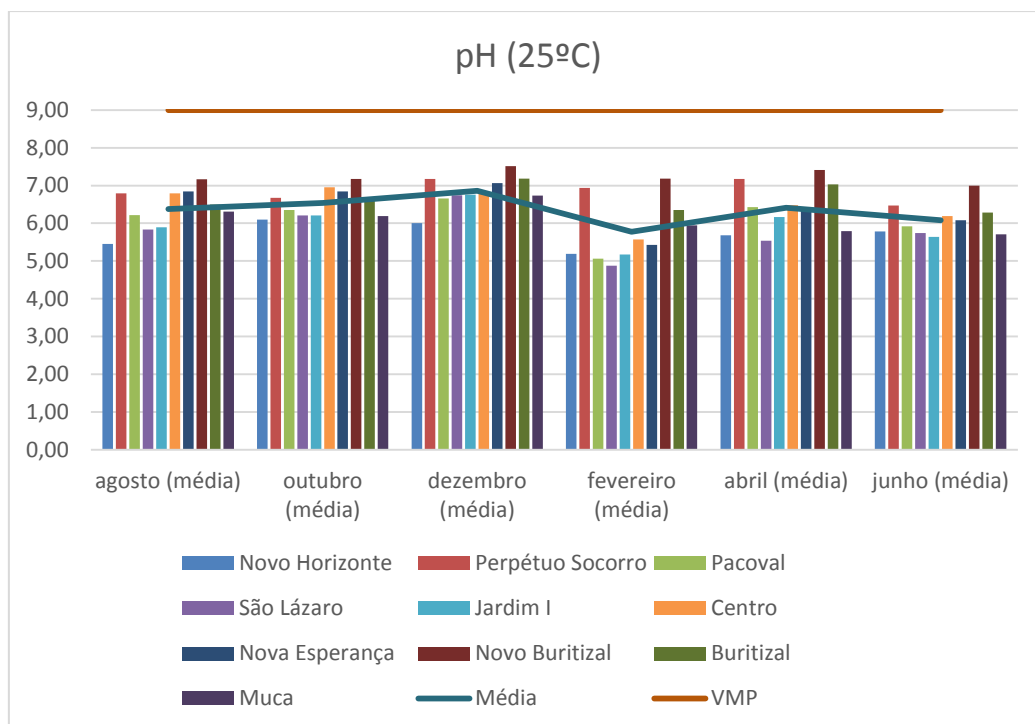
Esta ocorrência no parâmetro de turbidez e cor aparente pode servir como indicador da presença de bactérias, principalmente do tipo heterotróficas (decompositoras) (SPERLING, 2005). Vale ressaltar que, em várias residências a água turva era visível à olho nu.

4.2. PARÂMETROS QUÍMICOS

4.2.1 pH

Seguindo a legislação vigente para a potabilidade da água, o índice de pH para a água de consumo humano deve ficar entre 6 e 9 à temperatura ambiente (25°C) (BRASIL, 2011). Nos resultados para pH este parâmetro nem sempre obedeceu a exigência legal (Gráfico 3).

Gráfico 3. Valores obtidos do parâmetro pH das amostras de águas.



Fonte: Elaboração da autora

Do total de 270 amostras, coletadas 202 estavam com valores de pH entre 6 e 9, e as outras 68, ou seja 25%, das amostras apresentaram resultado inferior a 6. Lembrando que o pH é considerado ácido com valores de 0-7, pode-se dizer que do total das amostras, 84% foram consideradas de meio ácido (pH de 0-7). Verifica-se nessa percentagem quantitativa, mesmo sendo apenas 25% do total das amostras abaixo do padrão de potabilidade permitido, a

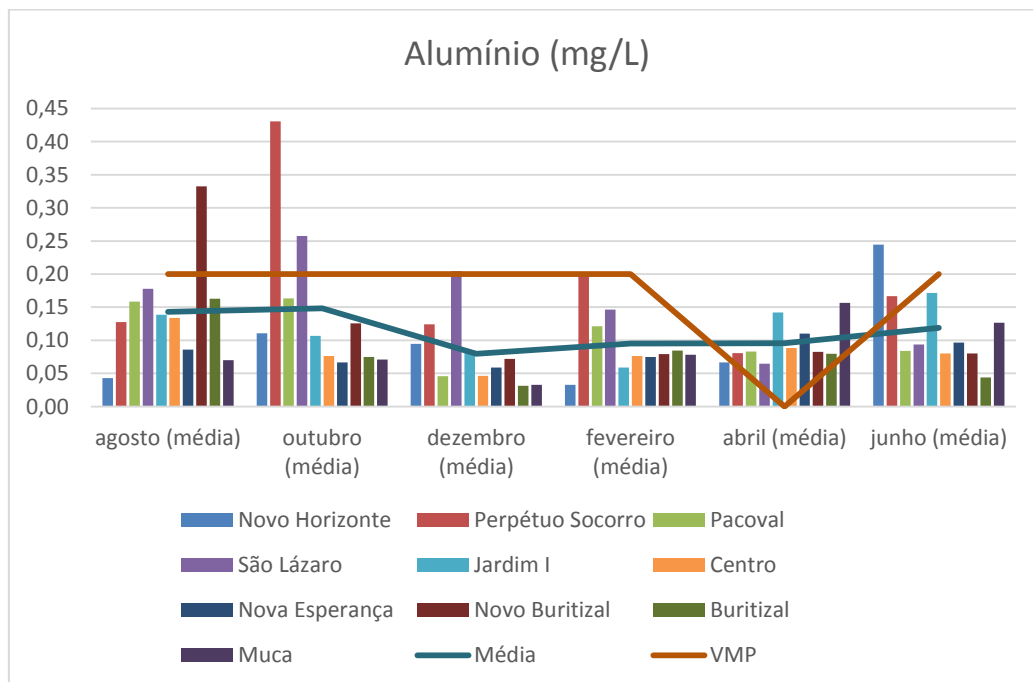
evidência de um número relativamente alto das amostras, exatos 226, que estavam com o pH ácido, elementos externos podem ter afetado a qualidade desta água, segundo a tendência do gráfico principalmente de fevereiro a abril de 2014.

Outra possibilidade seria o aumento da adição de Sulfato de Alumínio no tratamento da água para a fase de floculação e redução de microorganismos patogênicos, o que pode ter influenciado a baixa alcalinidade da água e aumento do pH, pois o sulfato de Alumínio consome íons de hidrogênio (CORAL et al, 2009). Esse aumento de Sulfato de Alumínio pode incidir nos resultados do parâmetro de Alumínio também de modo elevado.

4.2.2 Alumínio

Para análise do parâmetro Alumínio (Al) (Gráfico 4) o valor permitido na água de abastecimento é de até 0,2 mg/L (BRASIL, 2011).

Gráfico 4. Valores obtidos do parâmetro alumínio das amostras de águas.



Fonte: Elaboração da autora

Para as coletas de Alumínio de 270 análises, 22 encontraram-se acima do padrão exigido, ou seja, maior que 0,2mg/L, isso equivale a 8% das amostras. Outubro foi o mês com maior número de amostras de água acima do padrão. Mesmo em relação a totalidade das

amostras, o valor de 8% pareça pequeno, ainda assim o resultado é significativo e indica 8% das coletas de água que não cumpriu com o VMP pelo Ministério da Saúde.

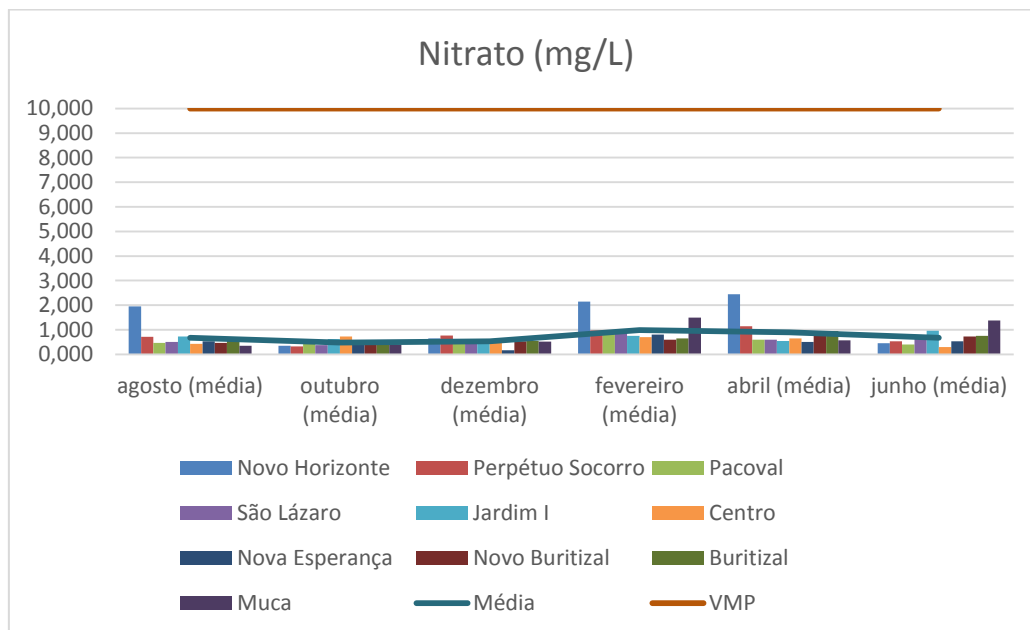
Para o sulfato de alumínio, no entanto, observou-se uma redução de pH de acordo com o aumento da concentração, o que pode ser justificado pelo fato do sulfato de alumínio ser um coagulante ácido, podendo baixar drasticamente o pH da solução (CORAL et al, 2009). O autor atenta para a possível causa do aumento de alumínio na água de abastecimento público.

Apesar do alumínio não ter indicações de toxicidade, não se conhece nenhum efeito benéfico dele, portanto é interessante o seu monitoramento, evitando-se excessos.

4.2.3 Nitrato

Para análises do parâmetro Nitrato (NO₃) (Gráfico 5), o VMP segundo portaria de Potabilidade do Ministério da Saúde nº 2914/2011 é de, 10 mg/L (BRASIL, 2011).

Gráfico 5. Valores obtidos do parâmetro nitrato de amostras de água.



Fonte: Elaboração da autora

Os resultados das amostras coletadas estão de acordo com a legislação vigente de Padrão de potabilidade da água, ou seja, nenhuma amostra ultrapassou o VMP para nitrato.

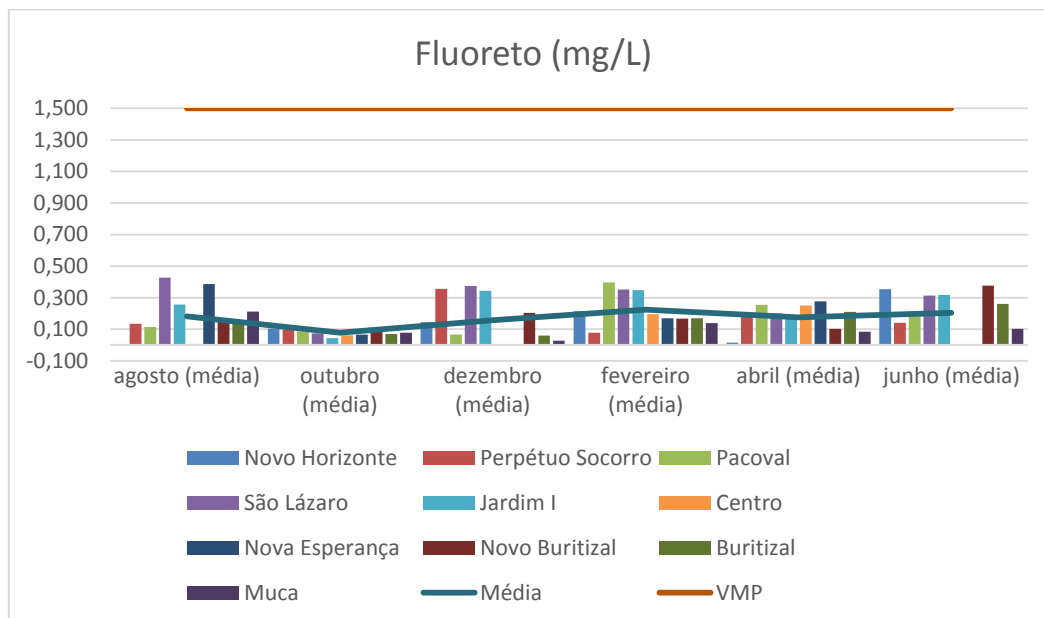
A presença do nitrato na água de abastecimento público em níveis acima do permitido poderia indicar a possibilidade de danos à saúde de quem o consome. O nitrato, em concentrações elevadas, está associado a doença da metaemoglobinemia, que dificulta o

transporte de oxigênio na corrente sanguínea de bebês. Em adultos, a atividade metabólica interna impede a conversão do nitrato em nitrito, que é o agente responsável por essa enfermidade (BRASIL, 2006).

4.2.4 Fluoreto

Para as análises do parâmetro fluoreto (F⁻) (Gráfico 6) os valores devem estar de 1,5 a 2,0 mg/L, segundo o que indica a Portaria nº2914 (BRASIL, 2011).

Gráfico 6. Valores obtidos do parâmetro fluoreto de amostras de água.



Fonte: Elaboração da autora

Segundo Frazão et al (2011), se a concentração de fluoreto estiver dentro do previsto legalmente, a fluoretação tende a trazer benefícios à saúde dentária de quem consome, como por exemplo evitando cáries. Porém se ele estiver em níveis elevados, tende a provocar resultados negativos na saúde, como a fluorose dentária. Por isso é importante o controle do fluoreto nas águas de consumo humano.

Os resultados das análises para o fluoreto indicaram que todos estão abaixo do valor para consumo humano, alguns apresentam resultado zero para fluoreto. Este fato pode ocorrer devido a não obrigatoriedade da presença deste parâmetro na água de abastecimento público na Portaria de potabilidade nº 2914/2011, pois no Art. 37º Inciso 1º fica evidente:

§ 1º No caso de adição de flúor (fluoretação), os valores recomendados para concentração de íon fluoreto devem observar a Portaria nº 635/GM/MS (30/01/76), não podendo ultrapassar o VMP expresso no Anexo VII a esta Portaria (BRASIL, 2011).

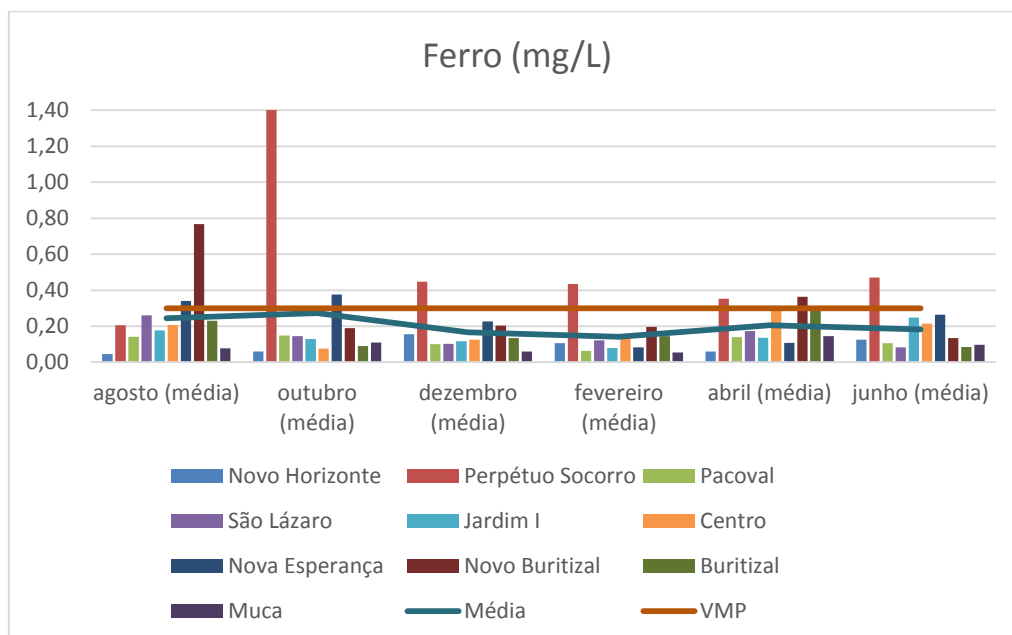
Diz-se da obrigatoriedade de estar dentro do padrão exigido pela portaria apenas “No caso de adição de flúor” na água de abastecimento público, porém quando se conceitua a água como essencial à nutrição humana, a presença dos elementos químicos adequadamente administrados que fazem bem à saúde dos que a consomem, deveria ser relevante.

A fluoretação adicionada consiste em agregar íons fluoreto, em concentração adequada, à água destinada ao abastecimento público, com o objetivo de prevenir a cárie dental (PNSB, 2008). Do total de 270 amostras coletadas, 67% apresentaram resultado zero.

Vale ressaltar que em visita feita à ETA de Macapá, em conversa com o gerente de operação da estação, foi relatado que não eram feitas as análises de fluoreto, e que a escolha das análises a serem realizadas vez ou outra sofria alteração devido principalmente à falta de subsídios: financeiros; de pessoal e laboratorial, que por vezes não correspondiam com as reais necessidades diárias. Pode-se evidenciar deste relato o porquê obteve-se resultados de 0,0 para fluoreto, já que não são monitorados.

4.2.5 Ferro

Segundo o padrão de potabilidade, o VMP é de 0,3mg/L para o parâmetro Ferro (Fe) (BRASIL, 2011). Nem todos os resultados estiveram de acordo com a legislação (Gráfico7). Gráfico 7. Valores obtidos do parâmetro ferro das amostras de águas.



Fonte: Elaboração da autora

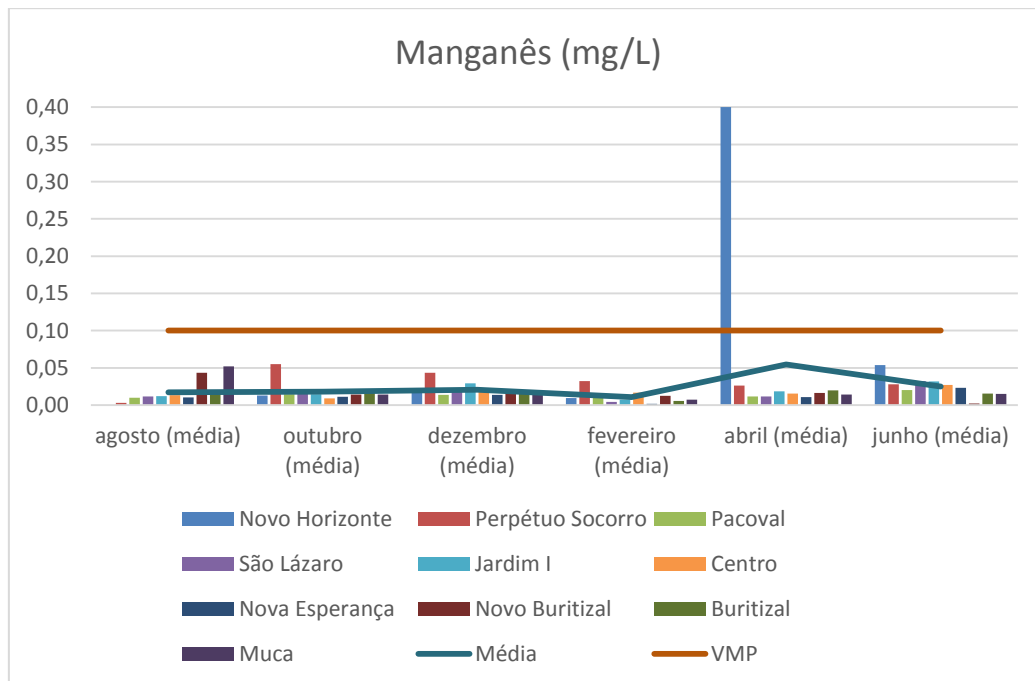
Observa-se que em todos os meses houve pontos de coletas que ultrapassou o 0,3mg/L. Nos meses de agosto e outubro de 2013, os valores estavam altos, com ênfase para o bairro Novo Buritizal em agosto e o bairro Perpétuo Socorro em outubro, baseando-se no VMP.

Das amostras coletadas, 18% apresentaram valores maiores que 0,3 mg/L, exatos 50 que ultrapassaram o VPM. A presença de Ferro na água é natural, essencialmente onde o subsolo é rico em minerais. O cuidado com o seu equilíbrio na água se torna essencial.

4.2.6 Manganês

Para as análises de Manganês (Gráfico 8) o VMP é de 0,1 mg/L. Apenas 2 pontos apresentaram valores acima do permitido pela legislação de potabilidade da água (BRASIL, 2011). Ou seja, de 270 amostras 0,7% ultrapassou o padrão. Este fato pode ter ocorrido por um caso isolado de influência na água, não é possível confirmar que esses dois casos sejam por ineficiência do tratamento da água de abastecimento. Este parâmetro pode ser considerado aceitável de acordo com os padrões da legislação, em vista de caso isolado de quantidade de manganês que ultrapassou o VMP, não representando tendência das amostras.

Gráfico 8. Valores obtidos do parâmetro manganês das amostras de água.



Fonte: Elaboração da autora

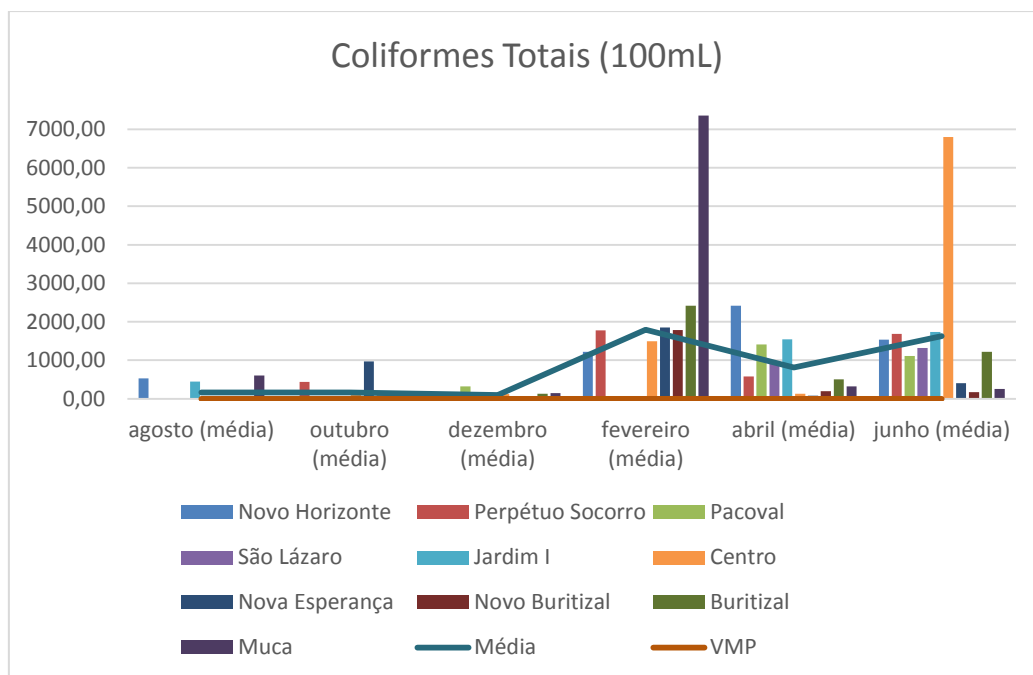
4.3 PARÂMETROS MICROBIOLÓGICOS

Os parâmetros microbiológicos (Gráfico 9 e 10) da pesquisa merecem atenção especial para seus resultados amostrais. Pois para o Ministério da Saúde, na Portaria nº 2914/2011, diz-se que os resultados para as análises de coliformes e *Escherichia coli*, *devem ser* 0,00.

Há um anexo da Portaria nº2914/2011 que diz: a *Escherichia coli* é indicador de contaminação fecal; e o Coliformes totais é indicador de ineficiência de tratamento. Ou seja, significa que a presença de *E-coli* apresenta contaminação fecal e a sua ausência não apresenta contaminação fecal; e que a presença de Coliformes totais indica ineficiência de tratamento da água e a sua ausência representa eficiência (BRASIL, 2011).

4.3.1 Coliformes Totais

Gráfico 9. Valores obtidos do parâmetro coliformes das amostras de água.



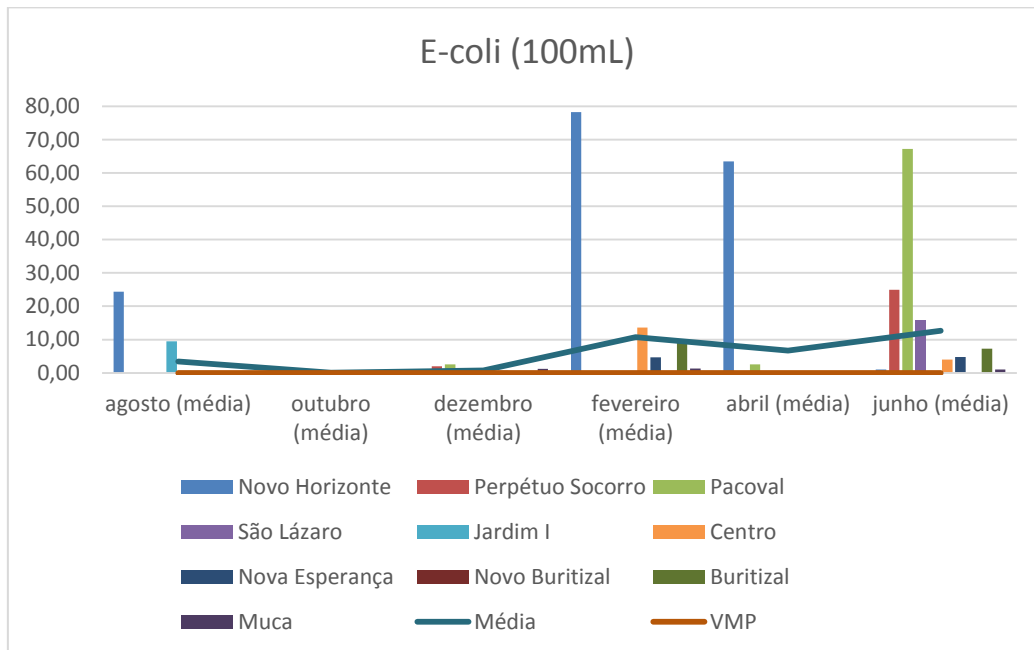
Fonte: Elaboração da autora

Percebe-se a quantidade elevada de coliformes totais e a tendência da crescente presença deles nas coletas. Dessas análises de coliformes totais, 86% das amostras apresentaram resultados positivos para os exames bacteriológicos, um número muito expressivo para um parâmetro que deveria ter resultado 0,0/100mL de água.

4.3.2 *E-coli*

A presença de *E-coli* (Gráfico10) em água de abastecimento público indica contaminação fecal, segundo o Ministério da Saúde.

Gráfico 10. Valores obtidos do parâmetro *E-coli* das amostras de água.



Fonte: Elaboração da autora

Nos meses fevereiro, abril e junho ocorreram os maiores resultados de *E-coli* presentes nas amostras coletadas. Vale lembrar que o VMP para o Parâmetro microbiológico *E-coli* é de 0,00/100mL de água (BRASIL, 2011). Logo, este parâmetro não está de acordo com a legislação vigente.

Foram detectadas 48 amostras com presença de *E-coli* do total de 270, são 17% de todas as amostras possivelmente contaminadas com fezes. Um simples resultado positivo para exames de *E-coli* na água de consumo humano deve ser tratado como de relevante importância.

À medida que aumenta os níveis de precipitação pluviométrica em Macapá aumenta também a concentração média de coliformes (CUNHA et al, 2004). Ou seja, esses seres microbiológicos se proliferam mais em épocas de chuvas, aumentando os riscos de contaminação pelo ser humano. Foi possível verificar e confirmar essa tendência nos gráficos de coliformes totais e de *E-coli*, pois a partir de abril até junho aumentou consideravelmente o número desses indicadores presente nas amostras.

Todos os 10 bairros onde foram realizadas as coletas apresentaram Coliformes Totais. Observa-se uma tendência crescente no valor quantificado de coliformes nas amostras coletadas

de agosto de 2013 à junho de 2014. Isso confirma que à medida que aumenta a incidência de chuvas, aumenta a proliferação de Coliformes totais.

Em quase todos os bairros, em pelo menos uma das seis coletas feitas bimestralmente, foram identificadas presença de *E-coli*, com exceção do bairro do Novo Buritizal que não apareceu em nenhuma de suas coletas, na tabela 4 observamos que o mês que mais apresenta *E-coli* é junho:

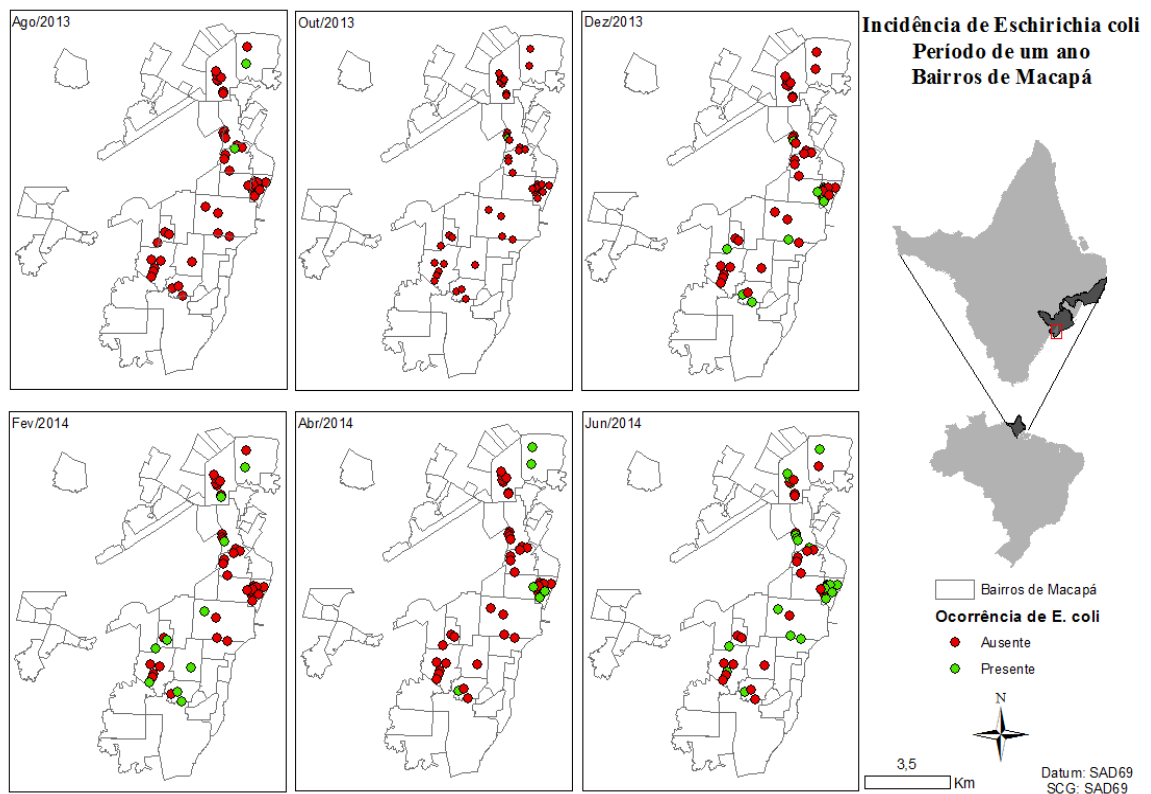
Quadro 2. Relação de presença e ausência de *E-coli* nos bairros em 6 meses de coletas.

Bairro	Ago	Out	Dez	Fev	Abr	Jun
Novo Horizonte	presente	ausente	ausente	presente	Presente	presente
Perpétuo Socorro	ausente	presente	presente	presente	Ausente	presente
Pacoval	ausente	ausente	presente	ausente	presente	presente
São Lázaro	ausente	ausente	ausente	ausente	Ausente	presente
Jardim I	presente	presente	presente	ausente	Ausente	presente
Centro	ausente	ausente	presente	presente	Ausente	presente
Nova esperança	ausente	ausente	presente	presente	Ausente	presente
Novo Buritizal	ausente	ausente	ausente	ausente	Ausente	ausente
Buritizal	ausente	ausente	ausente	presente	Ausente	presente
Muca	ausente	ausente	presente	presente	presente	presente

Fonte: Elaborado pela autora

Na análise espaço temporal da presença de *E-coli* (Mapa 2) na área de estudo é visível as manchas verdes que indicam presença de *E-coli* aumentando a partir de abril.

Mapa 2. Análise espaço temporal da presença de *E-coli* nos bairros de Macapá



Durante todas as coletas realizadas nos domicílios, a comunidade residente se queixava relatando sua insatisfação com a aparência da água de abastecimento público e em algumas residências relatavam a falta de água nas torneiras diariamente pela companhia de água responsável pelo serviço.

As coletas eram também um instrumento de conhecimento e conscientização dos moradores, pois ao retornar com os resultados dos parâmetros da qualidade da água para a próxima coleta, os cidadãos ficavam ansiosos à espera do resultado, para saber se a água estava ou não dentro dos padrões de potabilidade.

Os relatos eram inúmeros sobre a quantidade de pessoas utilizando a água de abastecimento público não apenas para necessidades diárias da casa e higiene pessoal, mas também para a saciedade. Nas residências era possível perceber a presença de crianças e algumas, aparentemente, ainda menores de cinco anos de idade. Quando a análise das coletas não tinha resultado satisfatório, os moradores eram orientados a não ingerir a água sem nenhum tratamento prévio, ao fim de um ano de pesquisa foi observado que algumas casas compraram filtros modernos que realizavam a mineralização da água, outras passaram a comprar água mineral e algumas por possuir menor condições financeiras, utilizavam o hipoclorito de sódio na água antes de beber. Ou seja, trocaram o pano que “coava” água atenuando assim os riscos à saúde.

Ao fazer uma leitura geral no que consiste aos resultados obtidos das análises dos parâmetros percebe-se a não conformidades com a legislação.

Fazendo uma comparação com os valores dos parâmetros da pesquisa feita por Furtado (2016) no município de Santana, limítrofe à Macapá, no mesmo período e bimestres, com o intuito de avaliar a qualidade da água tratada distribuída pela CAESA às residências observa-se o resultado no Quadro 3.

Quadro 3. Comparação dos parâmetros analisados entre os municípios de Macapá e Santana.

Resultados Santana		Resultados Macapá		VMP
Parâmetros		Parâmetros		
Turbidez	9,3% acima	Turbidez	21% acima	5 uT
Cor	não analisado	Cor	51% acima	15 uH
pH	99,3% ácido	pH	84% ácido	6 a 9
Alumínio	14,7% acima	Alumínio	8% acima	0,2mg/L
Nitrato	todas abaixo	Nitrato	Todas abaixo	10mg/L
Fluoreto	Todas abaixo de 1,5mg/L	Fluoreto	Todos abaixo de 1,5mg/L	2,0mg/L
Ferro	6,7% acima	Ferro	18% acima	0,3mg/L
Manganês	1,3% acima	Manganês	0,7% acima	0,1mg/L
Coliformes	66% presente	Coliformes	86% presente	0,0/100mL
<i>E-coli</i>	13,3% presente	<i>E-coli</i>	17% presente	0,0/100mL

Fonte: Elaboração da autora

Dos parâmetros analisados, apenas nitrato e amônia não apresentara valores acima do que estabelece a legislação para potabilidade de água. Os demais apresentam valores alterados. Alguns pontos muito acima do que preconiza a norma do Ministério da Saúde[...] (FURTADO, 2016). Neste quadro comparativo apenas nitrato e fluoreto não infringem a legislação. Os demais, seja em menor número de resultados ou em maior, não estão de acordo com o permitido legalmente.

Em estudo feito por SANTOS (2012), constou-se que as análises da concessionária caracterizaram o descumprimento parcial das análises exigidas pelo Anexo XII da Portaria 2.914/2011, influenciando certamente na qualidade da água e no sistema de distribuição. Isso ratifica o resultado do indicador terciário. Aqui, percebe-se deficiência do serviço prestado, o que resulta na ineficácia em atender com presteza e eficiência a coletividade.

Compreende-se deste resultado que a qualidade da água distribuída pelo sistema de rede da CAESA está evidentemente fora do padrão, não adequado para consumo humano (SANTOS, 2012). Neste sentido o autor confirma a hipótese de ineficiência existente tanto no tratamento, quanto na distribuição e monitoramento da qualidade da água da CAESA.

5. CONCLUSÃO

Confirma-se a hipótese de que a qualidade da água fornecida pela CAESA nas residências de Macapá é frequentemente imprópria para o consumo humano, com a sua potabilidade comprometida, variando de acordo com o período do ano, bairro ou parâmetro da qualidade da água. Nestes termos, destacam-se os seguintes itens:

1) Os parâmetros turbidez, cor, pH, alumínio, ferro, manganês, coliformes totais e *E-coli* apresentaram não-conformidade com o que estabelece o padrão de potabilidade. Os parâmetros nitrato e fluoreto não estão em desconformidade com a legislação, porém ressalta-se a não obrigatoriedade da fluoretação na água, que em quantidades adequadas podem auxiliar beneficemente no combate à cárie dentária da população.

2) Em relação aos indicadores microbiológicos observou-se a presença de coliformes totais em todos os bairros em quase todos os meses (100% de frequência ou não-conformidade), exceto em agosto e outubro, onde não foi observado a presença de coliformes totais nos bairros Pacoval, São Lázaro e Novo Horizonte. Entretanto, no caso da bactéria *E-coli*, exceto o bairro do Novo Buritizal, observou-se presença em todos os demais bairros em pelo menos um dos meses de coleta. Por outro lado, em todos os bairros, houve registro de *E-coli* no mês de junho. Não é possível atribuir a este fato variáveis conhecidas no presente estudo, mas pode ter sido em decorrência de problemas estruturais do próprio sistema de abastecimento naquele período.

3) Os indicadores microbiológicos são provavelmente os mais preocupantes, principalmente pelo potencial risco que representam à saúde pública. Significando também maiores probabilidades de proliferação de doenças de veiculação hídrica e de outras modalidades de contaminação. Mas, percebe-se claramente, que este é um caso de saúde pública derivado da convivência humana em ambientes pouco salubres.

Por outro lado, esta pesquisa mostra como e onde deveriam ser inicializadas ações de prevenção e tratamento prioritário da água, promovendo mais saúde e reduzindo riscos sanitários da população. Estas informações espaço-sazonais da qualidade da água servem também como subsídios técnicos que, se bem utilizados, gerariam menores custos às ações do setor e aos cofres públicos que executam projetos e programas de combate a doenças endêmicas disseminadas pela água de má qualidade servida pelo sistema público em Macapá.

Nestes termos, surgem questões como se a água de abastecimento público distribuída pela CAESA está em conformidade legal vigente em relação ao consumo humano, em especial os parâmetros microbiológicos. Ao se comparar as análises do estudo com os padrões de potabilidade da portaria nº2.914/ 2011 do Ministério da Saúde (MS), as concentrações máximas

deveriam ser 0,0/100mL para Coliformes Totais e *E-coli*. Entretanto, os resultados mostraram elevadas e frequentes concentrações destes parâmetros nas amostras de água. Além disso, parece haver uma tendência de aumento destas concentrações no tempo, especialmente em períodos mais chuvosos.

Essas informações são importantíssimas para ações futuras em saneamento e saúde dos Municípios de Macapá, haja vista que o sistema de abastecimento de água pública para a maioria é a única fonte de água tratada consumida diariamente. Mas se a água para consumo humano está frequentemente em não-conformidade legal para tal finalidade, as evidências e os indicadores físico-químicos e microbiológicos são parâmetros muito úteis para avaliar qual é o grau ou o nível de contaminação resultante da “ineficiência” do tratamento ou distribuição de água da CAESA em Macapá. O monitoramento realizado nesta pesquisa sugere não somente que os problemas sanitários de fato existem em Macapá, mas também nos informa como e onde estes são mais críticos e podem ser prevenidos com menor custo e rapidez possível.

REFERÊNCIAS

AYRES, M; et al. Biostat 5.0: Aplicações Estatísticas nas Áreas das Ciências Biológicas e Médicas. IDSM/MCT/CNPq. 364 p. 2005

ANDREAZZI, M. A. R.; et al. Velhos Indicadores para Novos Problemas: a relação entre saneamento e saúde. Rev. Panam. Salud. Publica. 2007.

APHA (American Public Health Association), 2005. Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water, 22th ed. APHA-AWWA-WPCF, Washington, DC.

BANDEIRA, LÚCIO HENRIQUE. Indicadores de ações de saneamento e seus impactos sobre a saúde pública articulados com as políticas de saúde, meio ambiente e recursos hídricos. Rio de Janeiro: s.n., 2003.

BARCELLOS, C; et al. Desenvolvimento de Indicadores para um sistema de gerenciamento de informações sobre saneamento, água e agravos à saúde relacionados. Resumo executivo. 2005

BATISTA, M. E.; et al. O Modelo ISA/JP _ Indicador de performance para diagnóstico do Saneamento Ambiental Urbano. Revista Engenharia Sanitária Ambiental. Vol. 11 _nº 1- jan/mar 2006, p. 55-64.

BRAGA, B.; HESPANOL, I.; et al. Introdução à Engenharia Ambiental: O Desafio do Desenvolvimento Sustentável. 2ª- Edição. ISBN: 978-85-7605-041-4. Pearson Prentice Hall. São Paulo, 2005.

BRASIL, Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. Resolução Nº 357, de 17 de março de 2005. Classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, estabelecimento das condições e padrões de lançamento de efluentes e outras providências. Diário Oficial [da] União, Brasília, DF, 18 mar. 2005, Seção 1, p. 58-63.

BRASIL, Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Resolução Nº 274, de 29 de novembro de 2000. *Define os critérios de balneabilidade em águas brasileiras*. Publicada no DOU no 18, de 25 de janeiro de 2001, Seção 1, páginas 70-71.

BRASIL, Lei nº 8.080 de 19 de setembro de 1990, dispõe sobre as condições para a promoção, proteção e recuperação da saúde, a organização e o funcionamento dos serviços correspondentes e dá outras providências.

BRASIL, Lei nº 11.445 de 5 de janeiro de 2007, estabelece diretrizes Nacionais de Saneamento Básico. Publicada no Diário Oficial da União em 8 de janeiro de 2007.

BRASIL. Ministério da Saúde, Portaria nº 2914 de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos e responsabilidades de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências. Diário Oficial [da República Federativa do Brasil], Brasília, 26 mar. 2004. Seção I, p. 266.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Vigilância e Controle da Qualidade da Água para Consumo Humano. Brasília – DF, 2006.

BRASIL, Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Publicada no Diário Oficial da União, de 2 de setembro de 1981.

CARDOSO, Adauto Lucio. Indicadores de Gestão Urbana: Projeto BRA/00/24 SEDU/PR- PNUD Sistema Nacional de Indicadores Urbanos. Brasília: SEDU/PRPNUD, 2002.

CARNEIRO, F. F.; et al. Saúde Ambiental e desigualdades: construindo indicadores para o desenvolvimento sustentável. *Ciência & Sociedade Coletiva*, 17(6): 1419-1425, 2012.

CORAL, L. A.; et al. Estudo da Viabilidade de Utilização do Polímero Natural (TANFLOC) em Substituição ao Sulfato de Alumínio no Tratamento de Águas para Consumo. Resumo expandido. 2º International Workshop/Advances In Clear Production. São Paulo, 2009.

CUNHA, H. F. A.; et al. Qualidade físico-química e microbiológica de água mineral e padrões da legislação. *Ambi-Agua*, Taubaté, v. 7, n. 3, p. 155-165, 2012.

CUNHA, H. F. A.; et al. Avaliação da qualidade da água mineral utilizada para consumo humano na ótica social e de saúde pública AM Macapá – AP. Projeto SETEC/CNPq. 27p. 2008.

CUNHA, H. F. A. Geração e avaliação de indicadores de serviços de saneamento em áreas urbanas e suas implicações na qualidade de vida das populações de Macapá e Santana - AP. Universidade Federal do Amapá (UNIFAP). Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação. Projeto Universal- Macapá-AP. Financiado por CNPq, 2012.

CUNHA, A. C. da; et al. Qualidade Microbiológica da Água em Rios de Áreas Urbanas e Periurbanas no Baixo Amazonas: o caso do Amapá. *Eng. Sanit. Ambient.* Vol. 9 – Nº4 – 322-328, 2004.

D'ÁGUILA, P. S.; et al. Avaliação da qualidade de água para abastecimento público do Município de Nova Iguaçu – Rio de Janeiro, 2000.

FAVERI, C. de; et al. Saneamento e Epidemiologia Ambiental: Doenças de Veiculação Hídrica. IX FÓRUM AMBIENTAL da ALTA PAULISTA. v.9, n. 11, p. 575-580, 2013

FRAZÃO, P.; et al. Qualidade da Água para Consumo Humano e Concentração de Fluoreto. *Revista Saúde Pública*, 2011.

FREITAS, M. B. de; et al. Importância da análise de água para a saúde pública em duas regiões do Estado do Rio de Janeiro: enfoque para coliformes totais, nitrato e alumínio. *Caderno de Saúde Pública*, Rio de Janeiro, 17(3): 651-660, 2001.

FUNASA. Manual Prático de Análise de Água. 2ª Ed. Ver. – Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2006.

FUNASA. Manual de Saneamento. 3. ed. rev. Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2006.

FURTADO, R. N.; et al. Análise físico-química e microbiológica da água tratada e distribuída no município de Santana – AP. UNIFAP. Macapá, 2016.

GROTT, S. L.; et al. Água subterrânea para consumo humano em Macapá: subsídios às políticas públicas de saneamento e recursos hídricos. Programa de Pós-Graduação em Direito Ambiental e Políticas Públicas-UNIFAP. Macapá, 2016.

HACH COMPANY. DR 2800 - Spectrophotometer - Procedures Manual. [S.l: s.n.], 2005.

HACH COMPANY. Turbidímetro portátil, Modelo 2100P - Manual de Operação. [S.l: s.n.], 1998.

HELLER, L.; et al. de. Abastecimento de Água para Consumo Humano. Editora UFMG, ISBN: 85-7041-516-8. Belo Horizonte, 2006.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Pesquisa Nacional de Saneamento Básico - PNSB 2008 - Diretoria de Pesquisas Coordenação de População e Indicadores Sociais. ISBN 978-85-240-4135-8 (meio impresso) © IBGE. Reimpressão 2010. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, 2010

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICAS – IBGE. Censo demográfico do Estado do Amapá e do Município de Macapá. Diretoria de Pesquisas – DPE - Coordenação de População e Indicadores Sociais - COPIS. IBGE, 2015. NOTA: Consulte o link http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/estimativa2015/estimativa_tcu.shtm para verificar atualizações e consultar estimativas da população de anos anteriores.

JÚNIOR, A. M. da S.; et al. Avaliação de Características Químicas da Água Utilizada para Consumo Humano no Bairro Santa Rita, Macapá – AP, Brasil. Revista de Biologia e Ciências da Terra. Volume 13 _ número 1 – 1º semestre, 2013.

LEI Nº 948/98 – PMM Ambiental do Município de Macapá. Dispõe sobre a Lei de Proteção, Controle, Conservação e Melhoria do Meio Ambiente do Município de Macapá e dá outras providências. Macapá, 1998.

MACHADO, E. S. S.; et al. ineficiência do saneamento básico e suas implicações na saúde pública no distrito do Elesbão – Santana/AP. PRACS: Revista de Humanidades do Curso de Ciências Sociais da UNIFAP. Macapá, n. 3, p. 239-240, dez. 2010

NECHET, D. Variação diurna de precipitação em Macapá-AP: aplicação em planejamentos a médio e longo prazo. XII Congresso Brasileiro de Meteorologia, Foz de Iguaçu-PR, 2002.

OLIVEIRA, A. da S.; et al. Qualidade da Água para Consumo Humano Distribuída pelo Sistema de Abastecimento Público em Guarariba - PB. Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável. ISSN1981-8203, 2012. <http://revista.gvaa.com.br>

RAZZOLINI, M. T. P.; et al. Impacto na Saúde das Deficiências de Acesso a Água. Saúde Soc. São Paulo, v. 17, n. 1, p. 21-32, 2008

RIBEIRO, Helena. Saúde Pública e Meio Ambiente: evolução do conhecimento e da prática, alguns aspectos éticos. Revista Saúde e Sociedade. V. 13, n. 1, p 70-80, 2004.

SANTOS, L. F. P. DOS. Indicadores de Salubridade Ambiental (ISA) e sua aplicação para a gestão urbana. Tese de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Direito Ambiental e Políticas Públicas da Universidade Federal do Amapá. Macapá-AP, 2012.

SPERLING, MARCOS VON. Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos- 3.ed. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental _ Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2005.

SPERLING, E. V. Afinal, Quanta Água Temos no Planeta? RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos. V.11, n. 4, p. 189-199, 2006.

APÊNDICE A – Equipamentos e materiais utilizados na pesquisa

Figura 1

(A)



(B)



(C)



(D)



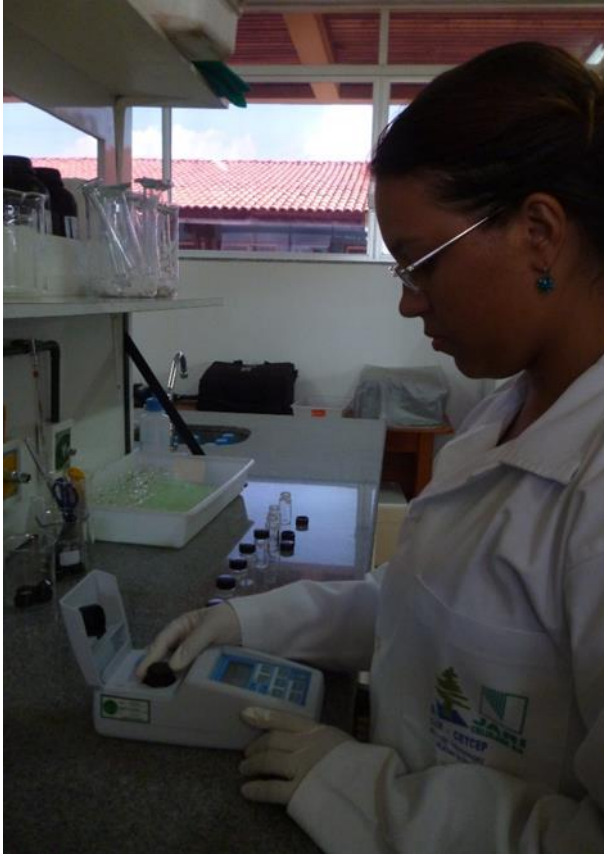
(E)



(F)



Figura 2
(A)



(B)



(C)



(D)

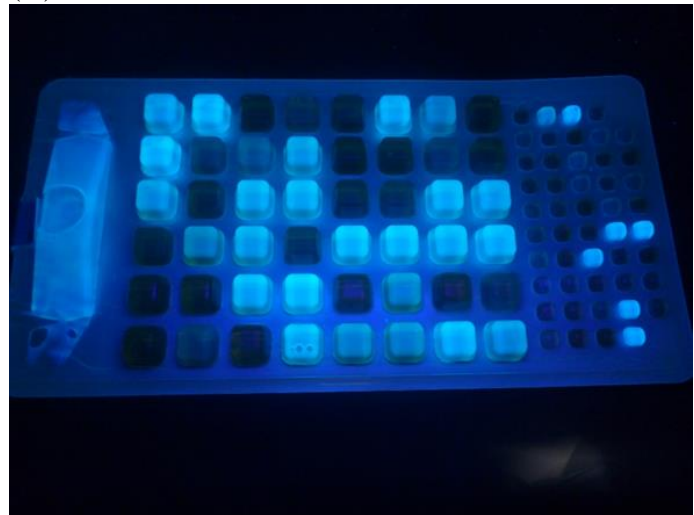


Figura 1: (A) Recipiente utilizado para armazenamento das amostras coletadas para análises físico-química (250 mL). (B) Equipamento turbidímetro portátil HACH 2100P. (C) Bolsa plástica estéril de 100 mL (Thio-Bag) para armazenar as amostras coletadas para análises microbiológicas. (D) Equipamento Phamêtro digital. (E) Equipamento espectrofotômetro digital HACH/DR. (F) Reagente COLILERT/IDEXX usado para análises microbiológicas.

Figura 2: (A) Análise de turbidez. (B) Lacrando a cartela estéril na seladora para procedimento de análise microbiológica. (C) Amostras microbiológicas, após 24h, para quantificação de coliformes. (D) Amostras microbiológicas na câmara ultravioleta para quantificação de *E-coli*.