

Qualidade da água distribuída à população de Macapá pelo sistema público de abastecimento

Giovanni Paulo Ventura Costa¹, Roberto Messias Bezerra², Patrick de Castro Cantuária³, Ana Luzia Ferreira Farias⁴, Sheylla Susan Moreira da Silva de Almeida⁵

1. Mestre em Ciências da Saúde (Universidade Federal do Amapá - UNIFAP, Brasil). Laboratório de Absorção Atômica é Bioprospeção, Departamento de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal do Amapá, Rodovia Juscelino Kubitschek, Km 02, 68902-280, Macapá, Amapá, Brasil.
giovanniaceventura@hotmail.com <http://lattes.cnpq.br/2634605358320289> <http://orcid.org/0000-0001-9583-3678>
2. Doutor em Ciência Exata e da Terra (Escola de Engenharia de São Carlos - EESC/USP, Brasil). Professor da Universidade Federal do Amapá - UNIFAP, Brasil. Laboratório de Absorção Atômica é Bioprospeção, Departamento de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal do Amapá, Rod. JK, Km 02, 68902-280, Macapá, Amapá, Brasil.
robmessias@gmail.com <http://lattes.cnpq.br/1515642850517082> <http://orcid.org/0000-0002-1836-4246>
3. Doutor em Biodiversidade e Biotecnologia (Universidade Federal do Pará - UFPA, Brasil). Pesquisador do Instituto de Pesquisas Científicas e Tecnológicas do Estado do Amapá - IEPA, Brasil. Rodovia Juscelino Kubitschek, s/n, 68903-329, Macapá, Amapá, Brasil.
patrickcantuaria@gmail.com <http://lattes.cnpq.br/0936816000933677> <http://orcid.org/0000-0002-3676-7866>
4. Doutora em Biotecnologia e Biodiversidade (Universidade Federal do Amapá - UNIFAP, Brasil).
analuziafarias@yahoo.com.br <http://lattes.cnpq.br/6082145587144658> <http://orcid.org/0000-0002-5338-6598>
5. Doutora em Química (Universidade Federal de São Carlos - UFSCAR, Brasil). Professora da Universidade Federal do Amapá - UNIFAP, Brasil. Laboratório de Farmacognosia, Departamento de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal do Amapá, Rodovia Juscelino Kubitschek, Km 02, 68902-280, Macapá, Amapá, Brasil.
sheyllasusan@yahoo.com.br <http://lattes.cnpq.br/5096255590649678> <http://orcid.org/0000-0002-7687-8288>

RESUMO

A água é um elemento essencial à vida humana para manter em homeostasia em suas atividades biológicas. Trata-se de um veículo biológico muito importante que facilita a absorção, biotransformação e eliminação de várias substâncias no organismo. A contaminação no processo de abastecimento de água pode acarretar doenças, no caso do fornecimento, com concentrações físico-químicas e de metais pesados superiores ao estabelecidos pela legislação. Nesse aspecto é de extrema importância o monitoramento do processo de abastecimento de água para consumo. Diante disso, o objetivo deste trabalho foi avaliar a qualidade da água captada e distribuída pelo sistema público de abastecimento de água da Companhia de Água e Esgoto do Amapá a fim de verificar possíveis alterações em parâmetros físico-químicos e contaminações por metais pesados. O método para investigação dos parâmetros físico-químicos foi conforme o standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. E o método para análise de metais pesados, realizado pelo Espectrofotômetro de Absorção Atômica, foi aplicado em amostras de água do Rio Amazonas, antes do tratamento, e nas amostras nas saídas dos reservatórios de distribuição de água tratada, fornecido pela Companhia de Água de Macapá-AP. Com base nos resultados dos parâmetros físico-químicos, foi possível observar quanto ao pH, que os bairros de coleta amostral, apresentaram-se dentro dos limites recomendados pela legislação, com exceção do Bairro centro que apresentou água ácida pH de $4,2 \pm 0,09$ ($n=3$). Segundo os resultados, 70% da água dos bairros de Macapá apresentaram-se fora dos limites legais preconizados para turbidez, constatou-se que a maioria das amostras de água encontravam-se acima do limite de 5.0 UT. Não houve diferença significativa ($p>0.05$) entre os pontos de coleta para o parâmetro temperatura, sendo o menor valor encontrado de $27,9 \pm 2,29$ °C. Quanto a concentração de metais nas amostras, foi observado valores superiores ao que preconiza a Resolução 357/05 do CONAMA. O teor de Ferro nas amostras demonstrou que 100% dos pontos de coletas estavam com valores acima dos limites preconizados pela resolução CONAMA 357/2005, e segundo a legislação é permitido até no máximo 0.3 mg.L⁻¹. Na concentração de Chumbo, os pontos variaram em 0.001 a 0,08 mg.L⁻¹, demonstrando que 66.67 % das amostras estavam em desacordo com os limites permitidos para o teor de chumbo. Na concentração de cobre (Cu), os valores variaram de 0.02 a 0.08 mg.L⁻¹ nos diferentes pontos de coletas, sendo que o limite permitido é de 0,02 mg.L⁻¹. Dessa forma 100% dos pontos de coletas encontravam-se com valores superiores ao permitido. Para os valores de Cromo (Cr), foi possível observar que 100 % das amostras encontravam-se dentro do limite preconizado pela legislação com uma média de 0.03 ± 0.002 mg.L⁻¹. Na conclusão foi demonstrado que tanto as concentrações de Ferro, Chumbo e Cobre, apresentavam-se em valores superiores ao que preconiza a Resolução 357/05 do CONAMA.

Palavras-chave: Água, Condição da Água, Físico-Químicos, Metais Pesados.

Quality of the water distributed to the population of Macapá by the public system of supply

ABSTRACT

Water is an essential element to human life, to maintain its biological activities in homeostasis. Water is a very important biological vehicle and it favors the absorption, biotransformation and elimination of various substances in the body. Contamination by heavy metals in water supply can lead to diseases due to the use of water with limits higher than those established by legislation, in this respect it is extremely important to monitor the water supply process for consumption. Therefore, the aim of this study was to evaluate the quality of the water abstracted and distributed by the public water supply system of the Companhia de Água e Esgoto do Amapá in order to verify possible changes in physico-chemical parameters and contaminations by heavy metals. The method for investigating the physico-chemical parameters was according to the standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. And the method for the analysis of heavy metals performed by the Atomic Absorption Spectrophotometer was applied in samples of water from the Amazon River, before treatment, and in the samples at the exits of the treated water distribution reservoirs provided by Companhia de Água de Macapá-AP. Based on the results of the physico-chemical parameters it was possible to observe with respect to the pH, that the sample collection districts, were within the limits recommended by the legislation, except for the middle district that presented acidic pH of $4,2 \pm 0,09$ ($n = 3$). According to the results, 70% of the water in the districts of Macapá were outside the legal limits recommended for turbidity, it was verified that the majority of the water samples were above the limit of 5.0 UT. There was no significant difference ($p > 0.05$) between the collection points for the temperature parameter, being the lowest value found $27,9 \pm 2,29$ °C. Regarding the concentration of metals in the samples, values higher than those recommended by CONAMA Resolution 357/05 were observed. The iron content in the samples showed that 100% of collection points had values above the limits recommended by CONAMA Resolution 357/2005, and according to the legislation a maximum of 0.3 mg.L⁻¹ is allowed. In the concentration of Lead, the points ranged from 0.001 to 0.08 mg.L⁻¹, demonstrating that 66.67% of the samples were in disagreement with the limits allowed for the lead content. At the copper concentration (Cu), the values ranged from 0.02 to 0.08 mg.L⁻¹ at the different collection points, and the allowed limit is 0.02 mg.L⁻¹. Thus, 100% of collection points were higher than allowed. For the values of Chromium (Cr), it was possible to observe that 100% of the samples were within the limit recommended by the legislation with an average of 0.03 ± 0.002 mg.L⁻¹. In conclusion, it was demonstrated that both the Iron, Lead and Copper concentrations were higher than those recommended in Resolution 357/05 of CONAMA.

Keywords: Water; Water Condition; Physical-chemical; Heavy metals.

Introdução

A água é um elemento essencial à vida humana, o organismo sente sua necessidade de consumo para manter em homeostasia suas atividades biológicas. É um veículo biológico muito importante e que favorece a absorção, biotransformação e eliminação de várias substâncias no organismo, além de servir para preservar a estabilidade da temperatura corporal (TELLES, 2007; ROCHA, 2004).

A água disponibilizada para o consumo à população nos locais de distribuição envolvem distintos pontos de conexão no sistema de abastecimento, que vão desde a coleta do fluido no reservatório natural, passagem por pontos de tratamento e posterior dispensa para sistema de distribuição domiciliar. A qualidade de vida da população está diretamente relacionada à disponibilidade e qualidade da água. A contaminação atual dos recursos hídricos é uma consequência da ação antropogênica e tem se tornado um grande

problema em áreas densamente urbanizadas. Dessa maneira, se faz muito importante o controle da poluição para a proteção da saúde, assim como, a garantia do meio ambiente ecologicamente equilibrado e a melhoria da qualidade de vida (FREITAS, 2001; SOUZA, 2014). Nesse aspecto, o sistema público de abastecimento pode favorecer à falhas na série produtiva contribuindo para a presença de elementos potencialmente tóxicos, como por exemplo metais pesados, e que podem ser responsáveis por efeitos lesivos sobre o ambiente e a saúde pública (SILVA, 2016).

A introdução de metais nos sistemas de abastecimentos ocorre naturalmente através de processos geoquímicos, no intemperismo e principalmente à atividade humana em regiões de rios onde há exposição à mineração e atividade industrial. Além desses, a má qualidade da água quanto ao teor de metais, pode ocorrer a partir da entrada desses minerais pelas fendas das conexões ou danificações dos sistemas de tubulações por pressão exercida pelo solo. A contaminação por metais pesados no processo de abastecimento de água pode acarretar doenças devido a utilização da água com limites superiores ao estabelecidos pelas legislações, nesse aspecto é de extrema importância o monitoramento do processo de abastecimento de água para consumo (AL-JASSER, 2007; SILVA, 2014; VARELA, 2016).

A Vigilância da Qualidade da Água (VIGIAGUA) enfatiza que a água para fins de abastecimento público está cada vez mais vulnerável aos poluentes ambientais, principalmente metais oriundos da contaminação do solo e afluentes e comprometem a qualidade da água, e que a falta de investimentos e tratamento adequado, produz condições ambientais inadequadas e propicia o surgimento de doenças decorrentes da presença de metais acima dos valores permitidos pelas agências regulatórias (BRASIL, 2014). No Brasil, apesar de existir uma legislação e instituições destinadas a aplicar as leis de proteção ao meio ambiente, observa-se que as atividades humanas, sejam domésticas ou econômicas, continuam a provocar a degradação ambiental (RIGGOTO, 2002).

Em Macapá, o sistema de auditoria atual da qualidade das águas visa somente à pesquisa de bactérias e alguns minerais não tóxicos para a saúde humana, no entanto, é de suma importância estudos que busquem um perfil mais abrangente da composição dos metais veiculados nas águas de abastecimento público, visto que a cidade de Macapá é uma capital que apresenta uma demanda de abastecimento para mais de 450 mil habitantes (MAGOSS, 2008).

A emissão de resíduos industriais nos rios altera por várias vezes a concentração dos metais pesados no meio local, por intermédio de seu alastramento no solo, na ambiente e na água, o que vem sendo razão de focos de contaminação. Os metais são capazes de ser carregados por meio líquido como a água pluvial, infiltrando-se no solo, atingindo a camada freática e contaminando a água subterrânea. A contaminação dessas águas possui efeitos que persistem por tempo ambíguo e são de complicada remediação (NASCIMENTO, 2006; SIMAS, 2007).

Conhecer as características da água a ser tratada é fundamental para definir a tecnologia a ser aplicada no tratamento. A caracterização ao longo de um período de tempo é prevista pela NBR 12.216 NB 592 (ABNT, 1992); para a elaboração do projeto da estação de tratamento de água (ETA), conhecer as características da água, que segundo Di Bernardo (2003), devem ser monitoradas pelo período mínimo de um ano, sendo ideal por mais de cinco anos.

Diante de todo o contexto abordado, esta pesquisa tem por finalidade avaliar a qualidade da água quanto ao perfil de metais e as propriedades físico-químicas de águas coletadas em pontos de captação e fornecidas pela companhia de água e esgoto do Amapá (CAESA) no município de Macapá.

Material e Métodos

Área de estudo

Esta pesquisa foi desenvolvida e realizada na cidade de Macapá, no Estado do Amapá, Brasil. A cidade de Macapá fica localizada à margem esquerda do rio Amazonas entre as coordenadas 00° 02' 18,80" de latitude N e 51° 03' 60,05" de longitude O.

Coleta das amostras de água

Primeiramente, verificou-se a existência de torneira junto ao sistema de abastecimento de água e a posteriori junto às "caixas d'água" nos bairros de coleta. Abriu-se a torneira e deixou-se escoar por dois a três minutos ou o tempo suficiente para eliminar a água estagnada na tubulação. A torneira não deve ter aeradores ou filtros, nem apresentar vazamento. É necessário ter certeza que a água seja proveniente da rede de distribuição e não de caixas ou reservatórios internos.

Esse teste consiste em fechar o registro de entrada de água da rede de distribuição e abrir a torneira indicada para a coleta; se não houver escoamento de água pela torneira, conclui-se que realmente a água é proveniente da rede de distribuição. As amostras de água foram coletadas em recipientes plásticos estéreis de 500 ml, devidamente etiquetados. Os frascos foram fechados e identificados. A identificação das amostras conteve as seguintes informações: tipo, data e horário da coleta, e nome do responsável pela coleta. Em seguida, as amostras eram acondicionadas em caixa térmica com gelo durante o processo de coleta e transporte para o laboratório onde eram armazenadas em geladeira e permanecendo sob resfriamento até o preparo para análises.

Teve-se o cuidado de não encher o frasco até a boca (até $\frac{3}{4}$), permitindo desta forma a homogeneização do seu conteúdo. Todas as amostras de água foram armazenadas em caixa térmica sob refrigeração de 4 °C a 8°C graus, logo após sua coleta, e transportadas para o laboratório para análises.

Análise dos parâmetros físico-químicos

Para análises físico-químicas, foram realizadas nas amostras de água coletadas os seguintes parâmetros: potencial hidrogeniônico (pH), temperatura da água (°C), Cor (mgpt-Co/L) e turbidez (UT). As medições de pH foram realizadas através de pHmetro de bancada (Medidor de pH e Eletrodo (Marca HACH - Hexis científica S/A.); as análises de turbidez foram realizadas por turbidímetro (Turbidímetro-Linecontrol e Exportação LTDA); a temperatura foi realizada através do termômetro; a análise da Cor pelo método 8025-APHA Platinum-Cobalt Standard Method no espectrofotômetro (DR 3900 - HACH).

Todas as análises dos parâmetros físico-químicos foram realizadas conforme as normas e métodos estabelecidos pelo *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 20ª edição APHA (2011) e segundo as metodologias descritas por Ferreira (2005).

Análises de metais pesados nas amostras

Para averiguar a presença de metais pesados, através do lançamento de efluentes que despejam suas águas no rio Amazonas e sobre o tratamento e posterior distribuição para os demais bairros, foram realizadas análises de água no ponto de coleta de abastecimento do bairro do Trem, (antes do tratamento e após o tratamento), para posteriormente comparar os resultados com a legislação e com os demais bairros para onde a água é distribuída. A escolha dos metais pesados como parâmetros ocorreu devido à revisão de literatura apontar como estes serem os principais poluentes contidos nos efluentes que deságuam no rio Amazonas.

A amostragem, assim como as análises dos parâmetros foram realizadas 1 (uma) vez ao mês, a partir do mês de julho e se esten-

deram até o mês de Novembro de 2017. No total foram realizadas 5 (cinco) coletas de amostras em cada ponto de coleta no período de estudo. Em cada ponto foi coletada amostras em triplicatas. Para cada amostra foram realizadas análises dos 3 (três) principais metais pesados, sendo: cromo (Cr), cobre (Cu), chumbo (Pb), além desses, foi realizada também análise de Ferro (Fe). As coletas foram realizadas em horários aleatórios e em dias programados da semana.

A leitura das concentrações dos metais Fe, Cr, Cu e Pb nas amostras de água foram realizadas em Espectrofotômetro de Absorção Atômica com Chama (F-AAS), modelo AA-6300, do Laboratório de Absorção Atômica e Bioprospecção (LAAB) da Universidade Federal do Amapá (UNIFAP).

Análise estatística

Todos os dados quantitativos obtidos foram expressos em valores de média e desvio padrão. A estatística inferencial foi utilizada com o propósito de se verificar as diferenças entre os valores obtidos. Valores com níveis de significância de $p < 0,05$ foram considerados estatisticamente significativos. O teste T pareado foi aplicado para inferir a diferença entre as amostra de água tratada e

não tratada. Posteriormente aplicou-se o teste ANOVA uma via seguido do teste de Tukey para inferir diferença entre a variação de metais com base na obtenção da área sobre a curva (A.S.C) do período de coleta. O Programa estatístico utilizado foi o Prism (versão 7.0).

Resultados e Discussão

Parâmetros físico-químicos

Em relação à cor aparente das amostras de água da CAESA (Tabela 1), o menor valor médio da cor aparente foi de $25,2 \pm 0,022$ mgPt-Co/L no ponto de coleta do bairro Cabralzinho, e o maior valor foi de $91,3 \pm 0,034$ mgPt-Co/L no bairro do Trem. Este parâmetro apresentou-se fora dos limites legais para todos os pontos de coletas, segundo a legislação da Resolução do CONAMA 357/2005 (CONAMA, 2005), a coloração para água de consumo humano, não pode exceder o limite de 15 mgPt-Co/L. A água com alta coloração indica a existência de metais, principalmente ferro e manganês, ou matéria orgânica, que em concentrações elevadas podem ser de difícil retirada durante o processo de tratamento (CONAMA, 1986).

Tabela 1. Apresenta os valores de cor aparente das amostras de água coletadas nos diferentes bairros de Macapá, no período de estudo entre julho à novembro. / **Table 1.** It presents the apparent color values of the water samples collected in the different districts of Macapá, during the study period from July to November.

Cor em mgPt-Co/L das Amostras de água nos meses de estudo					
Pontos de coleta	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro
Trem (Bruta)	181,8±0,061*	153,3±0,061*	142,1±0,073*	161,4±0,047*	161,2±0,052
Trem (Tratada)	91,3±0,034	71,3±0,032	73,5±0,021	63,0±0,041	81,0±0,031
Marco Zero	76,3±0,031	62,5±0,034	51,5±0,027	86,6±0,042	76,6±0,038
Santa Rita	71,2±0,045	63,4±0,032	73,2±0,039	72,4±0,022	66,3±0,032
Infraero	62,3±0,023	68,4±0,034	51,1±0,045	81,3±0,024	79,4±0,039
Brasil Novo	70,1±0,021	67,6±0,030	76,5±0,024	72,3±0,034	73,9±0,033
Centro	49,9±0,025	48,6±0,030	45,2±0,019	63,5±0,027	69,9±0,021
Buritizal	59,4±0,032	54,3±0,028	51,3±0,024	71,3±0,021	77,5±0,043
Novo Horizonte	53,2±0,021	62,6±0,030	76,5±0,024	71,3±0,021	77,5±0,043
Cabralzinho	39,1±0,025	47,6±0,035	25,2±0,022	33,5±0,021	29,7±0,029
Perpétuo Socorro	61,7±0,037	77,1±0,027	71,3±0,029	82,3±0,032	85,9±0,034

Todos os valores expressam a média e desvio padrão (n=3). *Representa resultados estatisticamente significativo comparados com ponto de coleta Trem (Tratada).

A cor aparente da água apresentou diferença significativa ($p < 0,05$) quando comparada as amostras coletadas diretamente do ponto sem tratamento e comparada após o tratamento. No entanto observou-se também que os demais pontos de abastecimentos dos bairros de Macapá apresentam suas águas em desacordo com a legislação, e indicam que o tratamento das mesmas nos respectivos pontos de abastecimentos está sendo inadequado, pois a cor aparente fora dos padrões legais pode ser um indicativo de contaminantes (RICHTER, 2003).

Com relação aos valores de pH das amostras de água da CAESA durante o período de estudo (Tabela 2), apresentaram o menor

valor do pH em $4,2 \pm 0,09$ no ponto de coleta do bairro Centro, permanecendo valor reduzidos nos meses de Julho, Agosto e Setembro. Já o maior valor de pH $8,3 \pm 0,04$ no ponto de coleta do bairro Infraero. A água bruta coletada no bairro do Trem também se apresentou fora dos parâmetros para consumo, no entanto o tratamento utilizado foi efetivo para a correção do pH. Com exceção do Bairro centro, todas as amostras apresentaram-se dentro dos limites recomendados pela legislação, pois segundo a Portaria nº 2914, de 12 de Dezembro de 2011, Art. 39, § 1º, é recomendado que, no sistema de distribuição, o pH da água seja mantido na faixa de 6,0 a 9,5.

Tabela 2. Apresenta os valores de potencial hidrogeniônico (pH) das amostras de água coletadas nos diferentes bairros de Macapá, no período de estudo entre julho à novembro. / **Table 2.** It presents the hydrogenic potentials values (pH) of the water samples collected in the different districts of Macapá, during the study period from July to November.

Potencial hidrogeniônico (pH) das Amostras de água nos meses de estudo					
Pontos de coleta	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro
Trem (Bruta)	5,8±0,02	4,3±0,04	5,1±0,03	4,4±0,04	4,2±0,05
Trem (Tratada)	6,3±0,04	6,3±0,02	6,5±0,02	6,1±0,04	6,3±0,03
Marco Zero	6,1±0,01	6,4±0,04	5,3±0,07	6,6±0,02	6,6±0,03
Santa Rita	7,2±0,05	6,4±0,03	7,2±0,03	7,4±0,02	6,3±0,02
Infraero	6,3±0,03	6,2±0,03	6,1±0,05	8,3±0,04	7,4±0,03
Brasil Novo	7,1±0,01	6,4±0,02	7,5±0,04	7,3±0,03	7,9±0,03
Centro	4,9±0,05	4,5±0,05	4,2±0,09	6,5±0,07	6,2±0,02
Buritizal	6,2±0,03	5,9±0,08	5,3±0,02	7,3±0,04	7,5±0,04
Novo Horizonte	6,1±0,02	6,6±0,03	6,5±0,04	7,7±0,03	7,4±0,05
Cabralzinho	6,4±0,02	7,6±0,05	5,2±0,02	6,5±0,02	6,7±0,04
Perpétuo Socorro	6,7±0,03	7,4±0,07	7,3±0,09	6,3±0,03	5,9±0,03

Todos os valores expressam a média e desvio padrão (n=3). Não houve diferença estatística entre os valores de água tratada.

Os valores de pH da água acima dos limites permitidos podem agir como agentes corrosivos para as tubulações, e além disso, pode ser prejudicial à saúde do indivíduo. Nesse aspecto, a correção de pH da água para consumo humano, configura-se como a última fase do tratamento de água, a qual é responsável pela adição de álcalis para ajustar o pH ao limite, caso seja necessário. Os produtos geralmente utilizados nesse processo são: cal virgem e hidratada, carbonato de sódio e hidróxido de sódio (LIBÂNIO, 2010; CRUZ NETO, 2016).

No que diz respeito à turbidez (Tabela 3), as amostras de

água da CAESA apresentaram o menor valor da turbidez em $2,30 \pm 1,45$ UT no ponto de coleta do bairro Santa Rita e com constância nessa média reduzida em todo o período de estudo. Já para o maior valor com $17,6 \pm 3,70$ UT no ponto de coleta do bairro Brasil Novo. Segundo os resultados 70% da água dos bairros de Macapá apresentaram-se fora dos limites legais preconizados para turbidez, constatou-se que a maioria das amostras de água encontravam-se, segundo a Portaria nº 2914, de 12 de Dezembro de 2011, Art. 29, § 1º, acima do limite de 5.0 Unidades turbidez (UT).

Tabela 3. Apresenta os valores de turbidez em amostras de água da rede de distribuição da CAESA, destinada ao consumo humano na cidade de Macapá. / **Table 3.** It presents the turbidity values in water samples of the CAESA distribution network, destined for human consumption in the city of Macapá.

Pontos de coleta	Unidades Turbidez (UT) das Amostras de água nos meses de estudo				
	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro
Trem (Bruta)	6,3±2,38	8,4±2,24	7,6±2,45	9,2±2,23	8,1±3,92
Trem (Tratada)	2,3±1,45#	3,4±2,82#	4,2±2,39#	4,4±1,32#	4,3±2,62#
Marco Zero	6,3±3,26	8,4±3,64	5,1±3,45	8,3±4,74	7,4±5,99
Santa Rita	14,1±2,81	17,6±3,70	15,5±4,69	16,3±6,04	11,9±6,03
Infraero	4,9±2,24#	4,3±2,48#	3,2±1,79#	4,5±1,27#	4,9±1,51#
Brasil Novo	4,4±2,82#	4,3±2,48#	4,3±1,67#	3,3±1,04#	4,9±1,14#
Centro	9,2±1,61	6,6±2,30	7,5±5,29	9,3±3,34	7,9±4,73
Buritizal	9,1±2,24	7,6±4,25	5,2±3,29	3,5±2,61	4,7±4,09
Novo Horizonte	8,7±3,67	7,1±5,97	13,3±2,24	11,3±2,24	13,9±5,14
Cabralzinho	6,3±2,38	8,4±2,24	7,6±2,45	9,2±2,23	8,1±3,92
Perpétuo Socorro	2,3±1,45#	3,4±2,82#	4,2±2,39#	4,4±1,32#	4,3±2,62#

Todos os valores expressam a média e desvio Padrão (n=3). Sendo *Representa resultados estatisticamente significativo comparado ao ponto de coleta Trem (Tratada). #Representa resultado significativo comparado entre os demais pontos de coleta.

A água após tratamento, e apresentando valor de turbidez fora dos limites estabelecidos, geralmente estão associadas à falta de manutenção nos sistemas de tratamento, principalmente nas etapas que envolvem a decantação e filtração das partículas em suspensão, também pode ser atribuída a danos na rede de distribuição ou acúmulo de resíduos nas tubulações por falha em tratamentos anteriores (ACHON, 2013).

Os resultados mostraram que somente os bairros Santa Rita, Centro e Buritizal apresentaram diferença estatística ($p < 0,05$) em relação aos demais bairros. Dessa maneira, foram os que apresentaram suas águas com turbidez dentro dos limites aceitável para consumo humano. Isso mostra que os outros bairros precisam de ampliação e manutenção para efetivar um melhor trabalho de clarificação da água, uma vez que apresentaram

valores superiores de turbidez na água disponibilizada para atender a população.

Estudo realizado por Ferreira (2005) demonstrou que os pontos de abastecimentos de Macapá trabalham sobrecarregados e, conseqüentemente por possuir estruturas antigas e precárias, a qualidade da água é comprometida, expondo a população a uma água de má qualidade.

No que diz respeito a temperatura das amostras de água coletadas nos pontos de captação de água da CAESA (Tabela 4), foi possível observar que não houve diferença significativa em entre os pontos, sendo o menor valor de temperatura em $27,9 \pm 2,29$ °C no ponto de coleta do bairro Novo Horizonte, e o maior de $31,9 \pm 1,24$ °C no ponto de coleta do Bairro centro e Perpétuo Socorro.

Tabela 4. Apresenta os valores de Temperatura (°C) das amostras de água coletadas nos diferentes bairros de Macapá, no período de estudo entre julho a novembro de 2017. / **Table 4.** It presents the values of Temperature (°C) of the water samples collected in the different districts of Macapá, during the study period between July and November of 2017.

Pontos de coleta	Temperatura (°C) das Amostras de água nos meses de estudo			
	Julho	Agosto	Setembro	Outubro
Trem (Bruta)	29,8±1,35	28,3±2,22	29,3±1,73	29,2±1,73
Trem (Tratada)	30,2±1,39	29,3±2,52	31,4±1,87	30,0±1,05
Marco Zero	29,3±2,38	28,4±2,24	29,6±2,58	29,2±2,23
Santa Rita	31,3±2,45	30,4±2,85	31,2±2,39	29,4±2,55
Infraero	31,3±1,26	28,4±1,82	30,1±2,23	30,3±2,74
Brasil Novo	31,1±2,89	27,6±1,70	28,5±2,69	30,3±1,89
Centro	31,9±1,24	28,6±1,88	29,2±1,79	29,5±2,27
Buritizal	37,4±1,82	31,3±2,48	30,3±2,52	30,3±2,58
Novo Horizonte	28,2±1,61	31,1±2,30	27,9±2,29	31,3±2,53
Cabralzinho	29,1±2,24	28,6±1,58	29,2±1,25	30,5±2,09
Perpétuo Socorro	28,7±1,67	28,1±1,97	28,3±2,24	29,3±1,52

Todos os valores expressam a média e desvio Padrão (n=3).

Essas pequenas variações também foram detectadas por Ferreira (2005), Estudo descreve que essa variação térmica se deve à radiação solar, haja vista que, dependendo da hora do dia, há uma maior incidência de radiação solar no local de coleta (MEDEIROS, 2012).

Determinação de metais nas amostras de água

Os metais se diferenciam das substâncias orgânicas tóxicas devido a sua capacidade de não ser degradado, essa característica faz com que esses elementos metálicos se acumulem no ambiente e nos indivíduos expostos ao consumo de água contendo concentrações elevadas. Os metais pesados podem ser facilmente encontrados como contaminantes de águas, devido ao fato de suas fontes serem intimamente relacionada ao despejo em águas superficiais,

rios, lagos, lençóis freáticos entre outros (ANJOS, 2013). As principais fontes dos metais advêm de fontes naturais, tais como depósitos no subsolo e em rochas na crosta terrestre, além disso, há fontes antropogênicas, tais como indústria química, metalúrgica e mineração, pesticidas e lixo doméstico (ANJOS, 2013).

Segundo Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), através da Portaria 357 de 2005, que estabelece os parâmetros da água para consumo humano, define os valores limites de concentração para metais pesados.

Neste estudo, primariamente buscou-se avaliar a diferença entre as concentrações de metais na estação de abastecimento do bairro do Trem entre as amostras de águas brutas obtidas diretamente do Rio Amazonas e posteriormente a água obtida do final do processo de tratamento.

Quanto ao teor de metais nas amostras de água bruta e tratada, foi possível observar que as concentrações de Ferro (Figura 1) apresentaram valores acima do limite de $0,3 \text{ mg.L}^{-1}$ permitidos pela legislação, tanto a água bruta com valor de $0,93 \pm 0,05 \text{ mg.L}^{-1}$ quanto a água tratada com valor de $0,75 \pm 0,01 \text{ mg.L}^{-1}$. Observou-se que teve diferença estatística significativa ($p < 0,05$) entre as duas amostras, demonstrando que o tratamento consegue reduzir o teor de Ferro quando a água bruta passa por tratamento. No entanto essa remoção de Ferro não é efetiva para deixar a concentração em níveis aceitáveis.

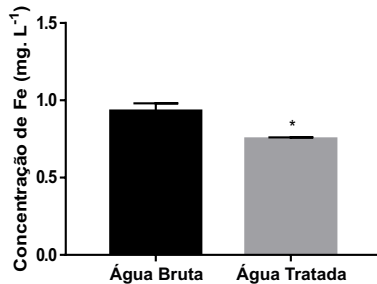


Figura 1. Apresenta os valores da concentração de Ferro (mg.L^{-1}) mensurados nas amostras de águas coletadas no bairro do Trem, amostras de água bruta e tratadas. * Representa resultado significativo ($p < 0,05$). / Figure 1. presents the values of the iron concentration (mg.L^{-1}) measured in the samples of water collected in the district of Trem, raw and treated water samples. * Represents significant result ($p < 0,05$).

Nas análises dos teores de Cobre das amostras de água bruta e tratada (Figura 2), foi possível observar que as concentrações apresentaram valores acima do limite de $0,02 \text{ mg.L}^{-1}$ permitidos pela legislação do CONAMA (2005), tanto a água bruta com valor de $0,07 \pm 0,002 \text{ mg.L}^{-1}$ quanto a água tratada com valor de $0,06 \pm 0,001 \text{ mg.L}^{-1}$. Observou-se que não houve diferença estatística significativa ($p < 0,07$) entre as duas amostras, demonstrando que o tratamento não é eficaz para eliminação de Cobre na água bruta após passagem pelo tratamento.

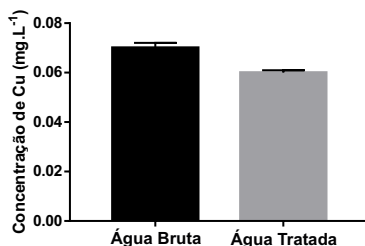


Figura 2. Apresenta os valores da concentração de Cobre (mg.L^{-1}) mensurados nas amostras de águas coletadas no bairro do Trem, amostras de água bruta e tratadas. / Figure 2. It presents the values of the concentration of Copper (mg.L^{-1}) measured in the samples of waters collected in the district of Trem, raw water samples and treated.

Quanto ao teor de Chumbo nas amostras de água bruta e tratada (Figura 3), foi possível observar que as concentrações apresentaram valores dentro do limite de $0,01 \text{ mg.L}^{-1}$ permitido pela legislação do CONAMA (2005), tanto a água bruta com valor de $0,0087 \pm 0,0005 \text{ mg.L}^{-1}$ quanto a água tratada com valor de $0,0079 \pm 0,0003 \text{ mg.L}^{-1}$. Observou-se que não houve diferença estatística significativa ($p < 0,078$) entre as amostras.

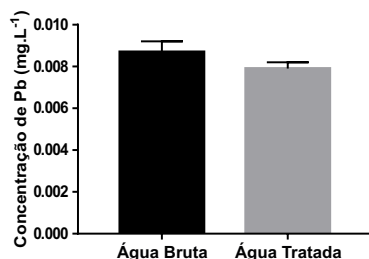


Figura 3. Apresenta os valores da concentração de Chumbo (mg.L^{-1}) mensurados nas amostras de águas coletadas no bairro do Trem, amostras de água bruta e tratadas. / Figure 3. It presents the values of the concentration of Lead (mg.L^{-1}) measured in the samples of waters collected in the district of Trem, raw water samples and treated.

Para o teor de Cromo nas amostras de água bruta e tratada

(Figura 4), foi possível observar que a água bruta apresentou concentração acima do limite de $0,05 \text{ mg.L}^{-1}$ permitidos pela legislação, com valor de $0,071 \pm 0,004 \text{ mg.L}^{-1}$. Já a água tratada apresentou valor de $0,044 \pm 0,003 \text{ mg.L}^{-1}$. Observou-se que houve diferença estatística significativa ($p < 0,01$) entre as duas amostras, demonstrando que o tratamento da água é eficaz para reduzir as concentrações de Cromo na água bruta após passagem pelo tratamento.

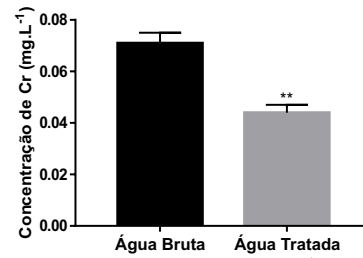


Figura 4. Apresenta os valores da concentração de Cromo (mg.L^{-1}) mensurados nas amostras de águas coletadas no bairro do Trem, amostras de água bruta e tratadas. ** Representa resultado significativo ($p < 0,01$). / Figure 4. It presents the values of the concentration of Chromium (mg.L^{-1}) measured in the samples of waters collected in the district of Trem, raw and treated water samples. ** Represents significant result ($p < 0,01$).

Com relação à coleta de água dos pontos de abastecimentos dos demais bairros, foi possível observar que 100% dos pontos de coletas apresentaram valores na concentração de Ferro (Figura 5) acima dos limites preconizados pela resolução CONAMA 357/2005, segundo a legislação é permitido até no máximo $0,3 \text{ mg.L}^{-1}$ para água de consumo, no entanto, as amostras dos diversos bairros, apresentaram valores variaram de $1,6144$ a $0,01527 \text{ mg.L}^{-1}$.

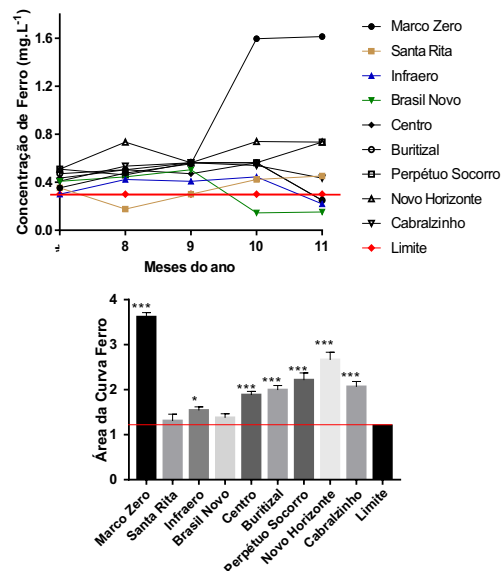


Figura 5. Apresenta os valores da concentração de Ferro em mg.L^{-1} . Mensurados nas amostras dos diferentes bairros de Macapá coletadas entre os meses 7, 8, 9, 10 e 11 de 2017. Em área sobre a curva os resultados expressam média e desvio padrão com nível de significância comparado ao valor Limite: sendo, * ($p < 0,05$) e *** ($p < 0,001$). / Figure 5. It presents the values of the concentration of Iron in mg.L^{-1} . Measured in the samples of the different Macapá neighborhoods collected between the months 7, 8, 9, 10 and 11 of 2017. In area above the curve the results express mean and standard deviation with significance level compared to the Limit value: $< 0,05$ and *** ($p < 0,001$).

As análises da concentração de Ferro na água revelaram que não houve um período específico para as elevadas concentrações, em 70 % dos bairros essa concentração se mantém variando acima dos limites preconizados. Portanto, com base nos resultados referentes às amostras de água para o teor de Ferro, pode-se inferir que a água disponibilizada para a população encontra-se fora dos limites toleráveis para consumo.

Conforme pode ser observado na Figura 6, os valores para concentração de Chumbo variaram nos diferentes pontos de coleta dos bairros e nos meses do ano, com concentrações de $0,001$ a $0,08 \text{ mg.L}^{-1}$, sendo considerado pela Resolução CONAMA 357/2005 o máximo permitido de $0,01 \text{ mg.L}^{-1}$. Pode-se inferir que 66,67 % das amostras estavam em desacordo com os limites permitidos para o teor de chumbo.

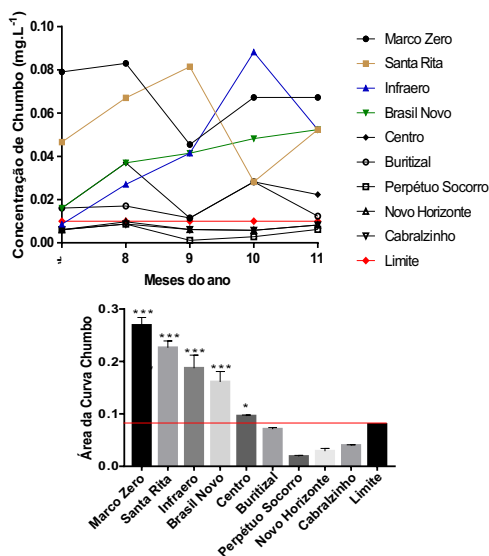


Figura 6. Apresenta os valores da concentração de Chumbo em mg.L^{-1} . Mensurados nas amostras dos diferentes bairros de Macapá coletadas entre os meses 7, 8, 9, 10 e 11 de 2017. Em área sobre a curva os resultados expressam média e desvio padrão com nível de significância comparado ao valor Limite: sendo, * ($p < 0,05$) e *** ($p < 0,001$). / **Figure 6.** It presents the values of the concentration of Lead in mg.L^{-1} . Measured in the samples of the different Macapá neighborhoods collected between the months 7, 8, 9, 10 and 11 of 2017. In area above the curve the results express mean and standard deviation with significance level compared to the Limit value: $< 0,05$) and *** ($p < 0,001$).

A partir dos resultados das análises verificou-se também que a concentração máxima de Chumbo nas amostras de águas foi observada no bairro Marco zero, com concentração de $0,08 \text{ mg.L}^{-1}$, além disso, os bairros Buritizal, Centro, Brasil Novo e Santa Rita também apresentaram valores superiores do que é permitido pela legislação.

A partir dos resultados foi possível observar também, que 44,43 % dos pontos de coletas dos bairros encontravam-se com teores de chumbo nas amostras de águas dentro dos limites estabelecidos pela legislação, sendo os bairros Cabralzinho, Novo Horizonte e Perpétuo Socorro com valores variando entre $0,008$ a $0,001 \text{ mg.L}^{-1}$.

Com base nos resultados das concentrações de cobre (Cu) nas amostras de água ao longo dos meses de estudo (Figura 7), pode-se verificar que as concentrações variaram de $0,02$ a $0,08 \text{ mg.L}^{-1}$ nos diferentes pontos de coletas, sendo que o limite permitido pela legislação vigente é de $0,02 \text{ mg.L}^{-1}$. Infere-se que 100% dos pontos de coletas encontram-se com concentrações de Cobre superior ao permitido pela legislação CONAMA 357/2005.

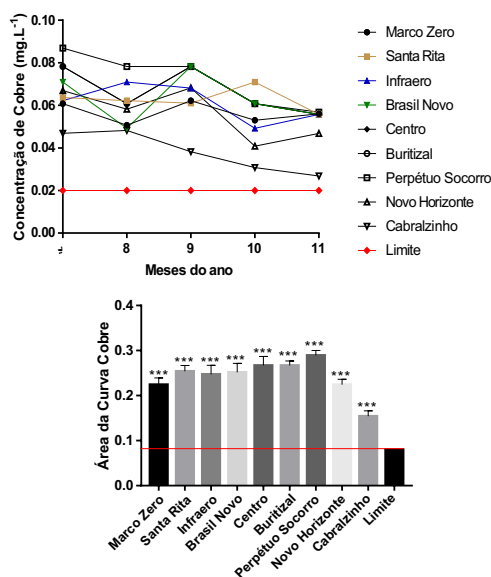


Figura 7. Apresenta os valores da concentração de Cobre em mg.L^{-1} . Mensurados nas amostras dos diferentes bairros de Macapá coletadas entre os meses 7, 8, 9, 10 e 11 de 2017. Em área sobre a curva os resultados expressam média e desvio padrão com nível de significância comparado ao valor Limite: sendo, * ($p < 0,05$) e *** ($p < 0,001$). / **Figure 7.** It presents the values of the concentration of Copper in mg.L^{-1} . Measured in the samples of the different Macapá neighborhoods collected between the months 7, 8, 9, 10 and 11 of 2017. In area above the curve the results express mean and standard deviation with significance level compared to the Limit value: $< 0,05$) and *** ($p < 0,001$).

Dessa forma, essa situação da concentração elevada de Cobre nas amostras de água dos pontos de abastecimentos, pode levar ao comprometimento da saúde dos usuários da cidade de Macapá.

Em relação às concentrações de Cromo (Cr) e dos valores obtidos das amostras de águas dos diferentes pontos de coletas (Figura 8), foi possível observar que 100 % das amostras encontram-se dentro do limite preconizado pela legislação. A concentração de Cromo nas amostras variaram de $0,001$ a $0,05 \text{ mg.L}^{-1}$, com uma média de $0,03 \pm 0,002 \text{ mg.L}^{-1}$ de todos os pontos de coletas. Dessa forma, os resultados demonstraram que quanto ao teor de Cromo, os pontos de abastecimentos de água de Macapá satisfazem o que estabelece a Resolução 357/05 do CONAMA.

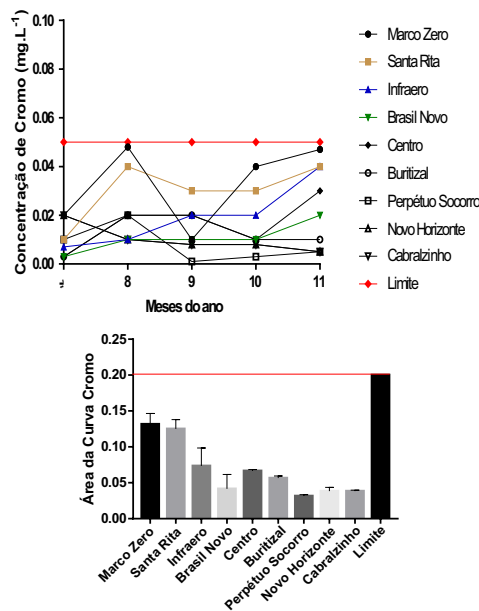


Figura 8. Apresenta os valores da concentração de Cromo em mg.L^{-1} . Mensurados nas amostras dos diferentes bairros de Macapá coletadas entre os meses 7, 8, 9, 10 e 11 de 2017. Em área sobre a curva os resultados expressam média e desvio padrão. / **Figure 8.** It presents the values of the concentration of Chromium in mg.L^{-1} . Measured in samples from different Macapá neighborhoods collected between 7, 8, 9, 10 and 11 of 2017. In area above the curve the results express mean and standard deviation.

Diante dos resultados da avaliação da concentração dos metais nos diversos pontos de coletas de Macapá é possível observar o panorama das condições das águas disponibilizadas para a população amapaense. Nesse contexto, foi demonstrado que tanto as concentrações de Ferro, chumbo e Cobre, encontram-se em valores superiores ao que preconiza a Resolução 357/05 do CONAMA.

Concentrações elevadas de metais em água para consumo humano pode apresentar um sério risco para a saúde, pois sabe-se que muitos metais participam de diversas funções biológicas, pois existem determinadas quantidades que são essenciais para os sistemas biológicos e estas doses são tão pequenas que se designam por micronutrientes, como é o caso do zinco, do magnésio, do cobalto e do ferro. De outra maneira há metais que não possuem uma função definida no organismo e podem ser caracterizados como micro-contaminantes ambientais, como: Arsênio, Chumbo, Cádmio, Cromo, Mercúrio, Alumínio, Estanho e Tungstênio (BEZERRA, 2017).

O Chumbo, Cromo e o Cádmio são metais que não existem naturalmente em nenhum organismo, não desempenham funções nutricionais ou bioquímicas em microorganismos, plantas ou animais, porém são metais pesados que através dos alimentos e da água de consumo, contribuem para os casos de intoxicação prolongada ou crônica devido os efeitos bioacumulativos desses metais no organismo (ROCHA, 2015).

Dentre a maioria dos metais que podem ser tóxicos e encontrados em águas de consumo, o Chumbo é um dos que mais causa intoxicações, justamente pela sua capacidade de acumulação no organismo. O tempo de acumulação de doses tóxicas de Chumbo diminui proporcionalmente à sua ingestão, por exemplo: (i) a in-

gestão de 2,5 mg/dia demora cerca de 4 anos até se atingir uma carga tóxica e (ii) na ingestão de 3,5 mg/dia serão necessários apenas alguns meses para ser atingida uma carga tóxica (ROCHA, 2009).

Os efeitos tóxicos do Chumbo são inicialmente devidos à sua interferência com o funcionamento adequado das membranas celulares e das enzimas, causadas pela formação de complexos de chumbo e ligações contendo enxofre, fósforo, nitrogênio e oxigênio. O sistema nervoso, a medula óssea e os rins, são os órgãos alvo sensíveis à exposição por chumbo, pois são os alvos primários de acumulação e posteriormente que há acúmulo em outros locais do organismo (ROCHA, 2009; ROCHA, 2015).

O cobre é um elemento essencial aos organismos vivos em pequenas quantidades, porém quando ingerido com quantidade muito elevada pode promover toxicidade crônica primária afetando o fígado, pois é o local onde o cobre se acumula depois de entrar na circulação. Os sintomas nestes casos podem evoluir para coma, necrose hepática, colapso vascular e morte (ROCHA, 2009; ROCHA, 2015).

Uma das principais doenças provocadas pela toxicidade por Cobre é o cancro e Carcinogênese, pois estes resultam de uma série de acontecimentos moleculares que alteram as propriedades normais das células, sendo o que acontece quando as mesmas são atingidas por metais em concentrações elevadas. Esta relação é extremamente importante e essencial para compreender que metais são agentes desencadeadores de alguns tipos de Câncer (SHEN, 2015; OE, 2016; THEOPHANIDES, 2002).

Conclusão

Com base nos resultados, foi demonstrado que na maioria dos pontos de coletado, o tratamento da água para abastecimento público apresentara uma grande deficiência no processo de tratamento, pois foi demonstrado que a maioria das águas coletadas não encontravam-se dentro dos limites recomendados pela legislação tanto nos valores dos parâmetros físico-químicos quanto da presença de metais. Diante desse Panorama, esses resultados poderão contribuir com finalidade informativa acerca da qualidade da água distribuída ao usuário na cidade de Macapá e que venha a favorecer um melhor tratamento da água de abastecimento.

Espera-se que essa pesquisa preencha uma lacuna no conhecimento sobre os parâmetros físico - químicos e a existência de metais pesados que se apresentam no sistema de abastecimento público da cidade de Macapá. O qual pode auxiliar nas ações de diminuição da prevalência de doenças de veiculação hídrica na população da referida cidade.

Referências

- ACHON, C. L.; BARROS, M. M.; CORDEIRO, J. S. Resíduos de estações de tratamento de água e a ISO 24512: desafio do saneamento brasileiro. *Engenharia Sanitária Ambiental*, v. 18, n. 2, p. 115-122, 2013.
- AL-JASSER, A. O. Decaimento do cloro em sistemas de transmissão e distribuição de água potável: Efeito de idade de serviço de tubulação. *Pesquisa sobre a água* v. 41, n. 2, p. 387-396, 2007.
- ANJOS, J. A. S. A. *Avaliação da eficiência de uma zona alagadiça (Wetland) no controle da poluição por metais pesados: o caso de Amaro da Purificação/BA*, 2003, 328f. Tese (Doutorado em engenharia) - Universidade de São Paulo/USP, São Paulo, 2013.
- APHA - American Public Health Association. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* - method 2540B, C D e E - edição online. Editorial revisions, 2011.
- BEZERRA, E. S. *Determinação de metais na água disponibilizada para consumo humano no município de Governador Valadares-MG*, 2017, 50f. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Farmácia) - Universidade de Brasília/UnB, Brasília, 2017.
- BRASIL, SNIS - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. Brasília -DF: Ministério das Cidades, Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental; 2014.
- Conselho Nacional de Meio Ambiente - CONAMA. Resolução n. 20, 18 de junho de 1986. *Estabelece a classificação e o enquadramento das águas doces, salobras e salinas*. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília, 1986.
- Conselho Nacional de Meio Ambiente - CONAMA. Resolução n. 357, de 17 de março de 2005. *Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências*. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília, 2005.
- CRUZ NETO, B. F. Benefícios da água com pH alcalino: Saúde ou doença, você decide. *Revista ETC do Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia da Bahia* s/v, n. 14, p. 1-12, 2016.
- DI BERNARDO, L. (Coord). Tratamento de água para abastecimento por filtração direta. Programa de Pesquisa e Saneamento Básico (PROSAB) - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária (ABES) - Rio de Janeiro. 498, 2003.
- FERREIRA, C. S. *Avaliação microbiológica e físico-química do Igarapé Pedrinhas, Macapá-AP*. 2005, 122f. Dissertação (Dissertação em Ciências da Saúde) - Universidade Federal do Amapá/UNIFAP, Amapá, 2005.
- FREITAS, Marcelo Bessa De; BRILHANTE, Ogenis Magno; ALMEIDA, Liz Maria De. Importância da análise de água para a saúde pública em duas regiões do Estado do Rio de Janeiro: **enfoque para coliformes fecais, nitrato e alumínio**. *Cadernos de Saúde Pública*, [s. l.], v. 17, n. 3, p. 651-660, 2001.
- LIBÂNIO, M. *Fundamentos de qualidade e tratamento de água*. Campinas: Átomos, 2010.
- MAGOSI, L. R.; BONACELLA, P. H. *Poliuição das águas*. São Paulo: Moderna, 2008.
- MEDEIROS, A. C. **Obtenção do IQA para avaliação da qualidade da água em rios dos municípios de Abaetetuba e Barcarena (PA)**. 2012. 130f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Pará/UFPA, Belém, 2012.
- NASCIMENTO, T.C.F. **Gerenciamento de resíduos sólidos na indústria de galvanização**. 2006. 182 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.
- OE, S.; MIYAGAWA, K.; HONMA, Y.; HARADA, M. Copper induces hepatocyte injury due to the endoplasmic reticulum stress in cultured cells and patients with Wilson disease. *Experimental cell research* v. 347, n. 1, p. 192-200, 2016.
- RICHTER, C. A.; AZEVEDO NETTO, J. M. *Tratamento de Água*. Ed. Edgard Blucher Ltda. 5ª reimpressão, São Paulo, 2003.
- RIGGOTO, R., 2002. Mecanismos regulatórios da relação indústria e meio ambiente, ABDL - Associação Brasileira para Desenvolvimento de Lideranças.
- ROCHA, A. F. **Cádmio, Chumbo, Mercúrio- A problemática destes metais pesados na saúde pública**. 2009. 63f. Monografia (Curso de Ciências da Nutrição), Universidade do Porto, Portugal/U. PORTO, 2009.
- ROCHA, C. H. B.; DE AZEVEDO, L. P. Avaliação da presença de metais pesados nas águas superficiais da Bacia do Córrego São Mateus, Juiz de Fora (MG), Brasil. *Revista Espinhaço*, v. 4 n. 2, p. 33-44, 2015.
- ROCHA, J. C.; ROSA, A. H.; CARDOSO, A. A. *Introdução a Química Ambiental*. 2004. 15f. Porto Alegre: Bookman; 2004.
- SHEN, F.; CAI, W.S.; LI, J. L.; FENG, Z.; CAO, J.; XU, B. The association between serum levels of selenium, copper, and magnesium with thyroid cancer: a meta-analysis. *Biological trace element research*, v. 167, n. 2, p. 225-235, 2015.
- SILVA, L. J.; LOPES, L. G.; AMARAL, L. A. Qualidade da água de abastecimento público do município de Jaboticabal, SP. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 21, n. 3, p. 615-622, 2016.
- SILVA, L. J.; PINTO, F. R.; AMARAL, L. A.; GARCIA-CRUZ, C. H. Biosorption of cadmium (II) and lead (II) from aqueous solution using exopolysaccharide and biomass produced by *Colletotrichum* sp. *Desalination and Water Treatment*, v. 52, n. 40-42, 7878-7886, 2014.
- SIMAS, R. **Levantamento da geração de resíduos galvânicos e minimização de efluentes contendo cianeto**. 2007. 148f. *Universidade Federal do Paraná/UFPR*. Curitiba-PR, 2007.
- SOUZA, Juliana Rosa De et al. **A Importância da Qualidade da Água e os seus Múltiplos Usos** : Caso Rio Almada , Sul da Bahia , Brasil. REDE - Revista Eletrônica do Prodem, [s. l.], v. 8, n. 1, p. 26-45, 2014.
- TELLES, D. A.; COSTA, R. H. P. G. **Reuso da água: conceitos, teorias e práticas**. 1. edição. São Paulo: Blucher; 2007.
- THEOPHANIDES, T.; ANASTASSOPOULOU, J. Copper and carcinogenesis. *Critical Reviews in Oncology/Hematology*, v. 42, n. 1, p. 57-64, 2002.
- VARELA, L. H. F. Desafios ao direito humano à água e à sustentabilidade dos serviços em santa cruz, cabo verde. *Ambiente & Sociedade*, v. 21, n. 1, p. 209-228, 2016.