



UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAPÁ
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS
COORDENAÇÃO DO CURSO DE LICENCIATURA EM QUÍMICA

JOÃO CLEITON DO CARMO PIMENTEL

FLUXO HIDRODINÂMICO DE CÁTIONS E ÂNIONS NA DESEMBOCADURA
NORTE DO RIO AMAZONAS EM DIFERENTES PERÍODOS SAZONAIS

MACAPÁ-AP
2024

JOÃO CLEITON DO CARMO PIMENTEL

FLUXO HIDRODINÂMICO DE CÁTIOS E ÂNIOS NA DESEMBOCADURA
NORTE DO RIO AMAZONAS EM DIFERENTES PERIODOS SAZONAIS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Colegiado do Curso de Licenciatura em Química da Universidade Federal do Amapá, como pré-requisito para obtenção do grau de Licenciado em Química.

Área de Concentração: Educação em Química Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Joel Estevão de Melo Diniz

MACAPÁ-AP
2024

FICHA CATALOGRÁFICA

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Biblioteca Central/UNIFAP-Macapá-AP
Elaborado por Cristina Fernandes – CRB-2 / 1569

P644f Pimentel, João Cleiton do Carmo.

Fluxo hidrodinâmico de cátions e ânions na desembocadura norte do Rio Amazonas em diferentes períodos sazonais / João Cleiton do Carmo Pimentel. - Macapá, 2024.

1 recurso eletrônico.

42 f.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal do Amapá,
Coordenação do Curso de Licenciatura em Química, Macapá, 2024.

Orientador: Prof. Dr. Joel Estevão de Melo Diniz.

Coorientador: .

Modo de acesso: World Wide Web.

Formato de arquivo: Portable Document Format (PDF).

1. Rio Amazonas. 2. Fluxo. 3. Cátions. 4. Ânions. I. Diniz, Joel Estevão de Melo, orientador. II. Universidade Federal do Amapá . III. Título.

CDD 23. ed. – 540

PIMENTEL, João Cleiton do Carmo. **Fluxo hidrodinâmico de cátions e ânions na desembocadura norte do Rio Amazonas em diferentes períodos sazonais**. Orientador: Prof. Dr. Joel Estevão de Melo Diniz. 2024. 42 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Química. Universidade Federal do Amapá, Macapá, 2024.

JOÃO CLEITON DO CARMO PIMENTEL

FLUXO HIDRODINÂMICO DE CÁTIONS E ÂNIONS NA DESEMBOCADURA
NORTE DO RIO AMAZONAS EM DIFERENTES PERIODOS SAZONAIS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Colegiado do Curso de Licenciatura em Química da Universidade Federal do Amapá, como pré-requisito para obtenção do grau de Licenciado em Química.

Área de Concentração: Educação em Química Ambiental.

Data de Aprovação: 10/05/2024

Banca Examinadora

Orientador - Prof. Dr. Joel Estevão de Melo Diniz - UNIFAP

Avaliador 01 - Prof. Dr. Alex de Nazaré de Oliveira - UNIFAP

Avaliador 02 - Prof. Dr. Victor Hugo de Souza Marinho - UNIFAP

DEDICATÓRIA

Dedico esse trabalho a todos que contribuíram direta e indiretamente para que esse momento acontecesse.

AGRADECIMENTOS

A DEUS pela força e perseverança,

Aos meus pais, que apesar das dificuldades sempre acreditaram em mim,

As minhas irmãs que apostaram que um dia eu venceria essa batalha,

A minha família, esposa e filho por todo apoio, afeto e por estar comigo em todos os momentos da caminhada,

Aos meus amigos de curso que me acompanharam nessa trajetória acadêmica, e contribuíram para esta conquista,

Aos meus professores Alex Lobato, Kelton Belém, Alex Oliveira, Irlon Maciel, Alexandro Florentino, Joaquina Malheiros, Ryan Ramos, David Jimenez, Claudio Pinheiro, Selma Melo, Victor Marinho, e a todos que ajudaram e contribuíram em minha formação,

Aos professores Alex de Nazaré Oliveira e Victor Hugo de Souza Marinho que gentilmente participaram na avaliação de meu trabalho, um muitíssimo obrigado,

Ao Prof. Dr. Joel Estevão de Melo Diniz por se dispor a me orientar nesse trabalho, e me incentivar durante todo o processo para prosseguir e não desistir, meus mais profundos agradecimentos,

A todos um muitíssimo obrigado por tudo.

FLUXO HIDRODINÂMICO DE CATION E ANION NA DESEMBOCADURA NORTE DO RIO AMAZONAS EM DIFERENTES PERIODOS SAZONAIS

Acadêmico: Joao Cleiton do Carmo Pimentel

Orientador: Prof. Dr. Joel Estevão de Melo Diniz

Curso de Licenciatura em Química

Macapá, 02 de abril de 2024.

RESUMO

O rio Amazonas, com suas dimensões continentais, apresenta particularidade em relação a composição de suas águas, com grande presença de CO₂, metano, carbono e nitrogênio orgânico e inorgânico dissolvidos, entre outros elementos. Esta pesquisa objetivou conhecer o fluxo de cátions (Na⁺, K⁺, Mg²⁺, Ca²⁺) e ânions (Cl⁻, NO₃⁻, SO₄²⁻, PO₄³⁻) no baixo rio Amazonas nos diferentes períodos hidrógrafos (cheia, seca, vazante, enchente). Para as análises foram usadas técnicas do American Public Health Association (APHA). Os resultados mostram que o rio Amazonas, no trecho estudado, apresentou predominância do cátion Ca²⁺ e do ânion SO₄²⁻ com maiores concentrações no período de seca e enchente e menores no período de cheia e vazante. Portanto, evidenciou-se uma enorme presença do fluxo desses íons ao longo do perímetro estudado.

Palavras-chave: Rio Amazonas; Fluxo; Cátions, Ânions

ABSTRAT

The Amazon River, with its continental dimensions, presents particularities in relation to the composition of its waters, with a large presence of dissolved CO₂, methane, carbon and organic and inorganic nitrogen, among other elements. This research aimed to understand the flow of cations (Na⁺, K⁺, Mg²⁺, Ca²⁺) and anions (Cl⁻, NO₃⁻, SO₄²⁻, PO₄³⁻) in the lower Amazon River in different hydrographic periods (flood, dry, ebb, flood). For the analysis, techniques from the American Public Health Association (APHA) were used. The results show that the Amazon River, in the studied section, presented a predominance of the Ca²⁺ cation and the SO₄²⁻ anion, with higher concentrations during the dry and flood periods and lower concentrations during the high and low water periods. Therefore, there was a huge presence of ion flow throughout the environment studied.

Keywords: Amazon River; Flow; Cations, Anions

LISTA DE FIGURAS E GRAFICOS

Figura 1: Mapa com ponto específico de coletas entre a cidade de Macapá-AP e a ilha do Marajó na foz do rio Amazonas, com imagem e batimetria do canal norte do rio.....	18
Figura 02: Mapa da bacia amazônica e seus principais afluentes.....	19
Gráfico 01: Vazão diária do rio Amazonas no período de coleta.....	20
Gráfico 02: Concentração e fluxo de íon sódio registrado no canal norte no período de coleta.....	21
Gráfico 03: Concentração e fluo de íon potássio registrado no canal norte no período de coleta.....	22
Gráfico 04: Concentração e fluxo de íon magnésio registrado no canal norte no período de coleta.....	23
Gráfico 05: Concentração e fluxo de íon cálcio registrado no canal norte no período de coleta.....	24
Gráfico 06: Concentração e fluxo de íon cloreto registrado no canal norte no período de coleta.....	25
Gráfico 07: Concentração e fluxo de íon fosfato registrado no canal norte no período de coleta.....	26
Gráfico 08: Concentração e fluxo de íon sulfato registrado no canal norte período de coleta.....	27
Gráfico 09: Concentração e fluxo de íon nitrato registrado no canal norte período de coleta.....	28

LISTA DE TABELA

Tabela 01. Coordenadas dos pontos onde foram realizadas as medidas/coletas.....	18
Tabela 02. Quantificação do fluxo de água (em L) do rio Amazonas despejada no oceano no período de coleta.....	20

LISTA DE ABREVIACÕES SIGLAS E SÍMBOLOS

ADCP - Acoustic Doppler Current Profiler
Ca ²⁺ - Cálcio
Cl ⁻ - Cloro
CO ₂ – Dióxido de Carbono
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
K ⁺ - Potássio
km - Quilômetros
km ² – quilômetros quadrados
m ³ . s ⁻¹ – Metro cúbico por segundo
MCN_F – Macapá canal norte fundo
MCN_S – Macapá canal norte superfície
mg. L ⁻¹ – Miligramas por litro
Mg ²⁺ - Magnésio
mm - Milímetros
Na ⁺ - Sódio
NO ₃ ⁻ - Nitrato
°C – Graus Celsius
OD – Oxigênio dissolvido
pCO ₂ – Pressão parcial de dióxido de carbono
PH – Potencial de hidrogênio
PO ₄ ³⁻ - Fosfato
SO ₄ ²⁻ - Sulfato
WTNA – Atlântico Norte Tropical Ocidental

SUMÁRIO

1.INTRODUÇÃO.....	11
2.OBJETIVOS.....	13
2.1. GERAL.....	13
2.2. ESPECÍFICOS.....	13
3.FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	14
4.METODOLOGIA.....	17
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	19
5.1 FLUXO HIDRODINÂMICO OU DESCARGA HÍDRICA OU VAZÃO (Q).....	19
5.2 FLUXO DE CÁTIOS.....	21
5.3 FLUXO DE ÂNIOS.....	24
6.CONCLUSÃO.....	29
REFERENCIAS.....	30
ANEXO.....	35

1 INTRODUÇÃO

A bacia hidrográfica do Amazonas é a mais extensa rede hidrográfica do globo terrestre, ramificando-se por todos os países do norte da América Latina, desde os sopés andinos até o Oceano Atlântico (Eva *et al.*, 2005), contando com 25.103 km de rios navegáveis em cerca de 7.106 de km², dos quais 3,8.10⁶ estão no Brasil (Val *et al.*, 2010; IBGE, 2007). Portanto, esta bacia continental estende-se por quase todo o norte da América do Sul, concentrando aproximadamente 63 % de sua extensão em território brasileiro (Kohlhepp, 2002). Dada a dimensão continental da bacia amazônica, sua escala hidrográfica exige normalmente uma abordagem complexa sobre os processos biogeoquímicos da água, bem como suas interações com a paisagem e a atmosfera.

Somente o rio Amazonas, o maior rio do mundo em extensão e volume (INPE, 2008), despeja no Atlântico Norte Tropical Ocidental (WTNA) mais de seis trilhões de metros cúbicos de água por ano (Perry *et al.*, 1996), água doce rica em nutrientes transportados da floresta para o oceano. Em grande parte, todo esse volume se deve às intensas precipitações que ocorrem na Amazônia Oriental, as quais variam entre 2000 e 3000 mm de chuva/ano (Bárbara *et al.*, 2010; Costa *et al.*, 2013; Souza *et al.*, 2009).

Além destes aspectos relacionados com a dimensão da área de drenagem (mesoescala), o ciclo sazonal de descarga dos rios também apresenta diferenças que dependem da localização geográfica da bacia (Cunha *et al.*, 2012). A Amazônia apresenta um regime sazonal completamente distinto entre suas diferentes sub-regiões, com uma variação em torno de 50 % na precipitação entre as sub-regiões sul, leste, extremo norte (2000 mm) e noroeste (3000 mm), sendo que a estação chuvosa parece progredir do sul para o norte (entre setembro e abril, respectivamente).

A falta de dados hidro químicos ou as poucas informações sobre os constituintes iônicos que compõem o rio Amazonas em sua desembocadura norte justifica a intenção de pesquisar sobre o tema abordado nesse trabalho. Assim como contribuir com mais informações sobre a composição química do maior rio do mundo.

Além disso, existe uma defasagem geoespacial entre o período de maior precipitação e o período de maior vazão dos rios (Liebmann *et al.*, 2001), sendo ainda a variabilidade climática um fator sazonal relevante que imprime diferentes respostas hidrológicas às bacias com diferentes dimensões (Ambrizzi *et al.*, 2012; Souza *et al.*, 2009).

O trabalho em questão objetiva analisar a descarga hídrica e o fluxo de cátions e ânions em diferentes períodos sazonais ou fases hidrológicas que ocorrem no canal norte do rio Amazonas na região amazônica oriental próximo a cidade de Macapá-AP.

2 OBJETIVOS

2.1 GERAL

- Determinar o fluxo hídrico de cátions e ânions presentes na desembocadura norte do rio Amazonas em diferentes períodos sazonais.

2.2 ESPECÍFICOS

- Estudar a contribuição da descarga hídrica que o rio Amazonas despeja no oceano a partir do canal norte;
- Analisar o fluxo de cátions (Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+}) que rio Amazonas descarrega no oceano a partir do canal norte do rio Amazonas;
- Conhecer o fluxo de ânions (Cl^- , NO_3^- , SO_4^{2-} , PO_4^{3-}) que rio Amazonas descarrega no oceano a partir do canal norte do rio Amazonas;
- Comparar através dos dados se existe diferença significativa entre os valores de cátions e ânions em diferentes períodos sazonais, inverno e verão amazônico.
- Elaborar material didático-metodológico para abordar sobre o tratamento de água associada ao ensino e aprendizagem de Química na área de Ciências da Natureza para o ensino médio (ANEXO I).

3. REFERENCIAL TEÓRICO

Há alguns estudos disponíveis sobre o fluxo de carbono e ciclos biogeoquímicos envolvendo diversos parâmetros ambientais no rio Amazonas (ALIN et al., 2011; DEVOL; HEDGES, 2001; HEDGES et al., 1986; RICHEY et al., 1990, 2002). Contudo, estes estudos são frequentemente localizados na porção média e alta do rio Amazonas, geralmente alcançando até a última estação de medidas de descarga, em Óbidos no Estado do Pará, localizada aproximadamente a 800 km a montante da desembocadura do rio. Na outra extremidade do baixo estuário amazônico, com exceção de poucos estudos off shore na plataforma continental do Amazonas e Oceano Atlântico (NITTROUER et al., 1995), também estes estudos são raros e antigos com relação a biogeoquímica próxima da desembocadura (GIBBS, 1972; NITTROUER et al., 1995; STALLARD et al., 1983).

Como resultado, há várias lacunas de conhecimento sobre este trecho do Continuum do Rio Amazonas até o Oceano Atlântico. Deste modo, há necessidade de obtenção desses dados básicos, como os parâmetros de qualidade da água, até parâmetros empíricos que vinculem os primeiros dados aos processos biogeoquímicos desses ecossistemas aquáticos, de modo que se vislumbre conceitualmente o funcionamento destes processos naturais. Neste sentido, os principais elementos ecossistêmicos funcionais devem ser entendidos de modo integral, haja vista que existe uma desconhecida e complexa rede de conexões que controla os fluxos de massa e energia nos sistemas terra-água-atmosfera destes ambientes (MCCLAIN, et al., 2001). Além disso, tais conexões dos ecossistemas estão intimamente relacionadas com a preocupação atual sobre as emissões de gases de efeito estufa no contexto de mudanças climáticas (WARD et al., 2013), as quais dependem destes processos neste intrincado ecossistema aquático.

Deste modo, as incertezas presentes dos processos biogeoquímicos que governam simultaneamente a dinâmica das emissões de CO₂ do baixo rio Amazonas são de relevante interesse atual e global. Por exemplo, até recentemente não havia uma definição do papel das macromoléculas presentes na água, como a lignina e a celulose, como os principais agentes da respiração de bactérias presentes no meio líquido. Somente esta descoberta pode ser determinante no modo de pensar a parametrização de modelos numéricos de estimativas de emissões na biosfera (WARD et al., 2013).

Apesar de se reconhecer que informações químicas sobre o referido trecho também são escassas (RICHEY et al., 2000), é preciso considerar o efeito do período de

deslocamento médio de uma pluma na superfície, estimada como da ordem de 10 dias. Este é provavelmente o tempo em que as atividades microbianas mais significativas podem ocorrer no corpo d'água (KRUSCHE et al., 2002). Neste processo de biodegradação o transporte físico de materiais no escoamento (advectivo-difusivo, dependente do ciclo hidrológico), provavelmente ocorre em simultaneidade, por exemplo, com a degradação biológica da lignina e de macromoléculas associadas, as quais são dependentes da cinética de reação nestes locais.

Portanto, neste processo combinado envolvendo a advecção-difusão de massa no escoamento turbulento em simultaneidade às reações biogeoquímicas complexas, uma fração significativa destes compostos é, eventualmente, remineralizada à dióxido de carbono. Por exemplo, com base no entendimento de que as macromoléculas terrestres e de outros derivados de lignina contribuem significativamente para a emissão de dióxido de carbono das águas do rio Amazonas (WARD et al., 2013), os rios passaram a apresentar um papel relevante que muda a perspectiva atual e a compreensão acerca dos ciclos biogeoquímicos regionais e globais (VICTORIA, 2012).

A importância de se conhecer a dinâmica biogeoquímica do Rio Amazonas, no seu Continuum, ocorre pelo fato que esta bacia ser detentora da maior oferta de água doce do mundo com 8% do total (20% da descarga líquida nos oceanos em nível mundial), representando a maior disponibilidade de recursos hídricos do Brasil. A avaliação do funcionamento dos fluxos nestes ambientes é estratégica do ponto de vista científico, uma vez que os parâmetros amostrados neles podem ser estatisticamente representativos entre os processos biogeoquímicos envolvidos em rios tropicais de todo o mundo, tanto pelo seu volume de descarga quanto pela sua megabiodiversidade (HANAN, et al., 1995).

Por exemplo, no trecho em estudo o período de maior precipitação ocorre geralmente entre março e abril enquanto a resposta de maior vazão ocorre nos meses de junho e julho. Este efeito é determinado predominantemente, pelo tempo de residência da água no solo já saturado, nas áreas inundáveis (várzeas e igapós) e nos canais. Mas as magnitudes destes fluxos basais estão relacionadas às meso dimensões das bacias de drenagem, as quais contribuem com diferentes tempos de retorno ao escoamento dos principais rios da região. Portanto, as variações sazonais de cheia e seca e transição, entre os rios de diferentes regiões da bacia Amazônica ocorrem em períodos significativamente distintos, com defasagem de até 3 meses no período de maior vazão entre os rios que drenam o Sul (pico de descarga em março-abril) e o Norte da bacia (pico de descarga em junho-julho) (ALIN et al., 2011).

Então, dois fatores relevantes interferem significativamente na qualidade da água de um rio: o espacial e o sazonal. O fator espacial está associado à localização geográfica dos usos impactantes como as áreas agrícolas, indústrias, hidrelétricas e centros urbanos (fontes pontuais ou difusas). Já o fator sazonal está associado às variações de pluviosidade e resposta hidrológica em termos de vazão, as quais interferem em variáveis como $p\text{CO}_2$, OD, pH, turbidez, e sólidos em suspensão. Quando as influências são antropogênicas, a intensidade normalmente é medida com as alterações no solo e na água (e até atmosférica) e tem sua magnitude e abrangência reguladas pelo tipo de atividade desenvolvida e pela forma como é conduzida (ALMEIDA; SCHWARZBOLD, 2003). Quando as influências são naturais, a intensidade dependerá tanto das características físicas da bacia, como a densidade da sua malha hídrica e da dimensão dos seus principais afluentes, assim como da variabilidade sazonal das precipitações distribuídas na área de escala de estudo envolvida (CUNHA et al., 1995).

Por exemplo, o trecho do baixo Rio Amazonas recebe água de diferentes tributários, sendo os maiores o Rio Tapajós, o Rio Xingu e o Rio Tocantins e vários outros "menores", com composições químicas e comunidades microbianas possivelmente muito diferentes entre si. Quantidades consideráveis de sedimento também parecem ser depositadas ao longo do percurso do trecho do baixo Rio Amazonas, potencialmente removendo material orgânico e nutrientes do fluxo superficial. O resultado é que há pouca informação da verdadeira carga química para o oceano.

No rio Amazonas os principais processos físicos e biogênicos que controlam a $p\text{CO}_2$ na água são: a lixiviação de CO_2 do solo originado pela respiração radicular e decomposição da matéria orgânica, a respiração no ambiente natural, a fotossíntese das plantas aquáticas, e a evasão de CO_2 a partir da água para o ar. Os dois primeiros processos contribuem para o aumento da $p\text{CO}_2$ na água, enquanto que os dois últimos processos podem ser responsáveis pela diminuição da $p\text{CO}_2$ (BENNER et al., 1995; JOHNSON et al., 2008; LEITE et al., 2011; RICHEY et al., 2002).

Além da $p\text{CO}_2$, a composição química da água dos rios é regulada por processos que ocorrem genuinamente no solo. Em seguida, o $p\text{CO}_2$ pode posteriormente ser percolado para o lençol freático e se misturar com o fluxo de sólidos, íons e gases nos corpos d'água pelo fluxo basal (NEU, et al., 2011). Além disto, dentro do canal principal do rio, processos bióticos e abióticos podem modificar a $p\text{CO}_2$. Desta forma, a $p\text{CO}_2$ nas águas dos rios é resultado de processos que ocorrem tanto nos ecossistemas aquáticos superficiais ou subterrâneos quanto no solo dos ambientes terrestres.

Bons exemplos destas variações são a dinâmica de nutrientes, da riqueza e da distribuição de biomassa algal, além dos processos de sedimentação, erosão, acreação, variação espaço-sazonal de íons e demais parâmetros da qualidade da água, capacidade de renovação das águas e reaeração atmosférica. Nestes processos estão intimamente envolvidos o potencial da intensificação de emissões de gases de efeito estufa para atmosfera que são extremamente relevantes à superação das lacunas de conhecimentos existentes nos ecossistemas aquáticos amazônicos (CUNHA et al., 1995; RICHEY, 2002).

Estes fatos justificam a aquisição de informação de longo prazo para permitir e estabelecer o nível de influência de cada processo biogeoquímico e sua relação com os diversos tipos de entradas em processos de modelagem numérica. Este fato é relevante quando se consideram as escalas em que não são efetivamente compreendidos os processos de interesse. A compreensão sobre os mecanismos e a magnitude das variações dos ciclos biogeoquímicos do Continuum do baixo Rio Amazonas é, portanto, um desafio atual e de eminente interesse regional e global (VICTORIA, 2012).

No presente estudo o objetivo é compreender como e quando ocorrem as variações e interações entre os parâmetros hidroquímicos relevantes no baixo Rio Amazonas. Em especial, há o interesse sobre trecho fluvial do Continuum do rio denominada zona estuarina do baixo Rio Amazonas que interage diretamente com o Oceano Atlântico. Desta forma buscou-se atrelada a pesquisa a produção de uma oficina temática como estratégia de ensino, visto que, é uma proposta que busca inovar a dinâmica da aplicação dos conteúdos trabalhados em sala de aula, tendo como característica, relacionar o conhecimento empírico dos estudantes perante a uma problemática com os conhecimentos científicos, trabalhando a interdisciplinaridade dos saberes existentes. Segundo Silva, Gomes e Lelis (2012), as oficinas são atividades pedagógicas inovadoras, pois provocam “excelentes resultados” que contribuem com os processos educativos, visto que possuem como fim a elaboração de novos conhecimentos, que aplicados na prática contribuem com a melhoria de determinada realidade.

Já para Anastasio e Alves (2004), a oficina é uma estratégia metodológica que reúne um grupo de características favoráveis a construção de novos conhecimentos como: proporciona a reflexão, o aprender-fazendo de forma horizontal, descoberta, estimula a criação e recriação e articula os saberes prévios aos científicos.

Neste trabalho vamos abordar sobre o planejamento de uma oficina temática relacionada ao tema “A Química e o Tratamento de Água”. Sabe-se que água é um recurso

inestimável e vital para a sobrevivência humana no planeta, entretanto, ela não pode ser consumida de qualquer pelos humanos, deve-se cumprir alguns critérios de qualidade e tratamento desse recurso para posterior ingestão e utilização pela população, segundo orienta o Ministério da Saúde.

Por isso é necessário a realização de eficiente tratamento da água, obedecendo um conjunto de processos físico-químicos necessários para torná-la própria para o consumo, dentre esses procedimentos, destaca-se as separações de misturas que é o principal modo utilizado para o tratamento convencional dos recursos hídricos.

A separação de mistura é um processo que permite separar componentes de uma mistura, podendo esta apresentar ou não as fases de seu sistema. Quando falamos em tratamento de água, essa técnica é fundamental para que se alcance o resultado esperado ao final de todo processo, sem o emprego adequado das separações das misturas, a água corre o risco de não ser 100% segura para o consumo.

Diante disso, a presente oficina pretende investigar as possíveis causas do aparecimento de sujeiras nas águas de algumas residências no Estado do Amapá. Tendo como objetivo principal identificar a influência e importância dos processos de separação de misturas no tratamento de água, conhecer o processo de tratamento de água e seus possíveis problemas, entre outros.

4. METODOLOGIA

Área de estudo

A área de estudo tem clima tropical com elevada umidade e temperatura variando entre 22 °C e 34 °C, verões quentes e seco com pouca chuva na região e temperatura média de 30 °C, o inverno amazônico é caracterizado por um período de alta pluviosidade com chuva diárias e clima mais ameno devido a vegetação densa e temperatura com média de 27 °C.

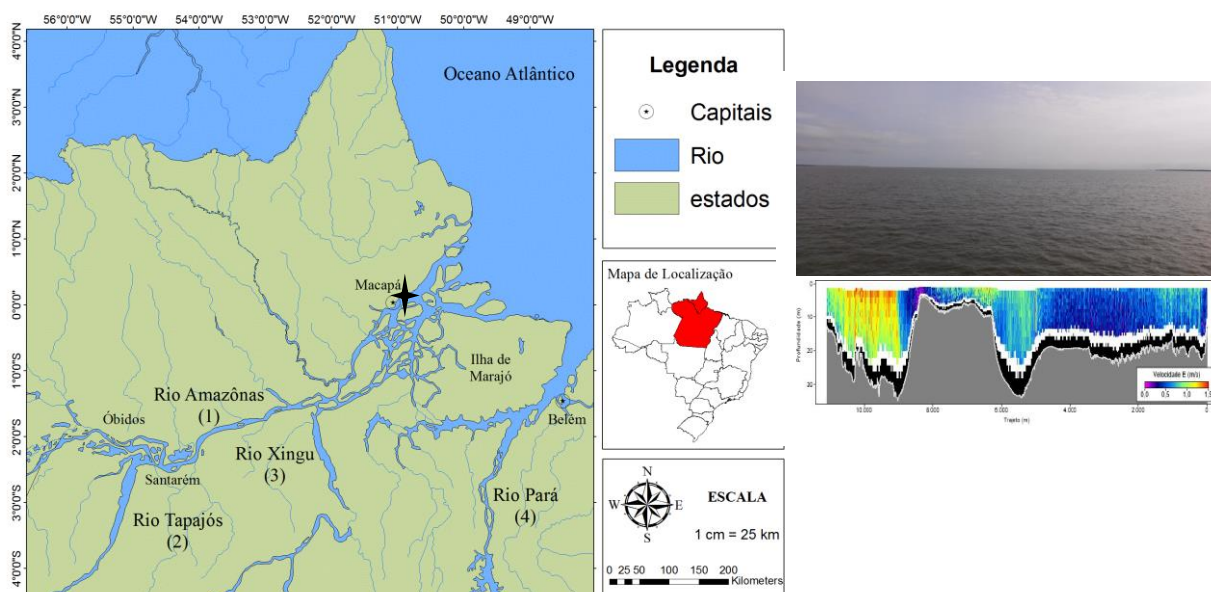
As coletas de amostras de água foram realizadas nos meses de maio e novembro de 2017 no baixo rio Amazonas no canal norte entre a cidade de Macapá no estado do Amapá e a ilha do Marajó no estado do Pará (Tab. 01, fig. 01).

Tabela 01. Coordenadas dos pontos onde foram realizadas as medidas/coletas.

Local de coleta	Coordenadas	
Rio Amazonas - Canal norte	S 00°02'872"	W 051°04'616"

Fonte: Autor

Figura. 1. Mapa com ponto específico de coletas entre a cidade de Macapá-AP e a ilha do Marajó na foz do rio Amazonas, com imagem e batimetria do canal norte do rio.



Fonte: Autor

As técnicas analíticas utilizadas nas análises das amostras coletadas no rio Amazonas foram adaptadas pelos pesquisadores do grupo tendo como base as técnicas da American Public Health Association (APHA, 1999).

A bacia amazônica abrange uma área de 7 milhões de Km², sendo a maior bacia hidrográfica do mundo, é responsável por cerca de um quinto do fluxo fluvial total do mundo (Sterling, 1979; Smith, 2002), sendo que a água que flui pelos rios amazônicos equivale a 20% da água doce líquida da Terra (Bartoli, 2010).

A bacia hidrográfica compreende terras de vários países da América do Sul (Peru, Colômbia, Equador, Venezuela, Guiana, Suriname, Bolívia e Brasil). É a maior bacia de regime misto (pluvial e nival) do mundo. Sendo regime pluvial, que deriva das águas das chuvas e nival que deriva do derretimento das geleiras dos Andes (Yahn Filho, 2003). O rio Amazonas tem mais de 7 mil afluentes, e possui 25 mil km de vias navegáveis. De sua área total, cerca de 3,89 milhões de km² encontram-se no Brasil, ou seja, 45% do país, abrangendo 06 seis estados da região norte Acre, Amazonas, Roraima, Rondônia, Pará e Amapá (exceto Tocantins) e o Mato Grosso.

A vazão do Rio Amazonas nos dois canais que desembocam no oceano pode variar de 10.000 m³. s⁻¹ a 300.000 m³. s⁻¹ dependendo do período do ano e segundo a vazão média de rio e 200.000 m³. s⁻¹, a vazão observada nos canais norte no período da coleta pode estar relacionada ao nível pluviométrico registrado, assim como pode estar relacionada ao perfil de cada canal analisado durante o período de coleta, pois cada um deles apresentam perfil bastante distinto. A velocidade aumentou pela força do escoamento e compensação de áreas (área menor). Mas, de fato, tende a ser maior quando a profundidade é maior e onde há maior turbulência, influenciando diretamente na dinâmica local do fluxo de água do rio num dado momento (CUNHA et al. 1995).

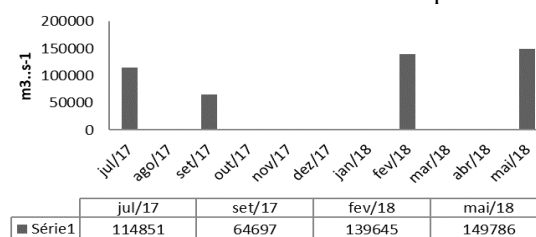
A vazão ou descarga hídrica (Q) do rio Amazonas esta relacionada diretamente com as variações pluviométricas na região, principalmente no período do estudo (fig. 02), e essa influencia e pode ser notada na medida pelo fluxo de água do rio no canal norte que registraram a maior descarga hídrica no mês de maio (inverno amazônico) com medida de registrado de 149786 m³ s⁻¹ e o mínimo foi observado no mês de setembro (verão amazônico) com medida de 64697 m³ s⁻¹ no canal Norte do rio Amazonas, valores inferiores ao registrados por Diniz et al, (2018) em anos anteriores. Esses valores foram quantificados (tab. 02 e gráfico 01) para o dia da coleta e mostrado o quanto o canal norte contribui para a descarga hídrica que e despejada no oceano atlântico.

Tabela 02. Quantificação do fluxo de água (em L) do rio Amazonas despejada no oceano no período de coleta.

Meses	m ³ .s ⁻¹	Diário (em L)
Julho	114851	9.923.126.400.000
Setembro	64697	5.589.820.800.000
Fevereiro	139645	12.065.328.000.000
Maio	149786	12.941.510.400.000

Fonte: Autor

Gráfico 01: Vazão diária do rio Amazonas no período de coleta



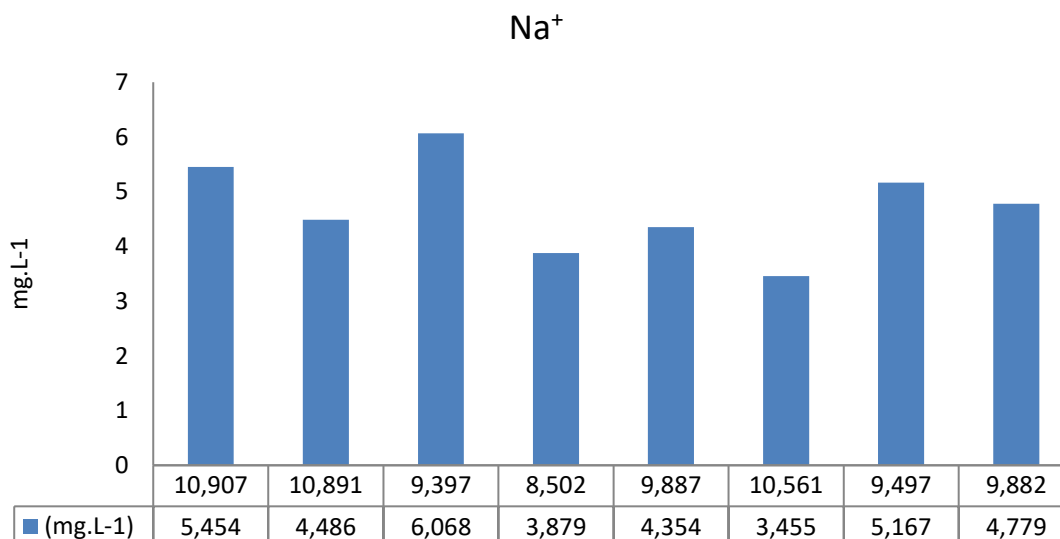
Fonte: Autor

5.2 Fluxo de Cátions

O sódio (Na⁺) é um elemento químico quase sempre presente nas águas. Seus principais minerais fonte (feldspatos plagioclásios) são pouco resistentes aos processos intempéricos, principalmente os químicos. Os sais formados nestes processos são muito solúveis. Nas águas subterrâneas o teor de sódio varia entre 0,1 e 100 mg. L⁻¹, sendo que há um enriquecimento gradativo deste metal a partir das zonas de recarga. A quantidade de sódio presente na água é um elemento limitante de seu uso na agricultura (CUNHA, 1995).

As concentrações de íon sódio (Gráfico. 03 Página 23) variaram entre máxima e mínima no período de coleta de 6,479 mg.L⁻¹ (setembro – período seco) a 3,79 mg.L⁻¹ (fevereiro – período cheio) e média de 4.8132 mg.L⁻¹. A maior concentração de íon sódio foi notada no período seco do rio Amazonas, indicando que esse elemento pode estar sendo trazido e agregado a outros existentes ao longo do rio Amazonas, contribuindo para o aumento de sua concentração no baixo rio Amazonas e desembocadura, já que as concentrações no trecho estudado é superior à observada no médio rio Amazonas cuja média foi de 4,222 mg.L⁻¹ (SEYLER & BOAVENTURA, 2003; SOUTO et al.; 2015).

Gráfico 02: Concentração e fluxo de íon sódio registrado no canal norte no período de coleta.

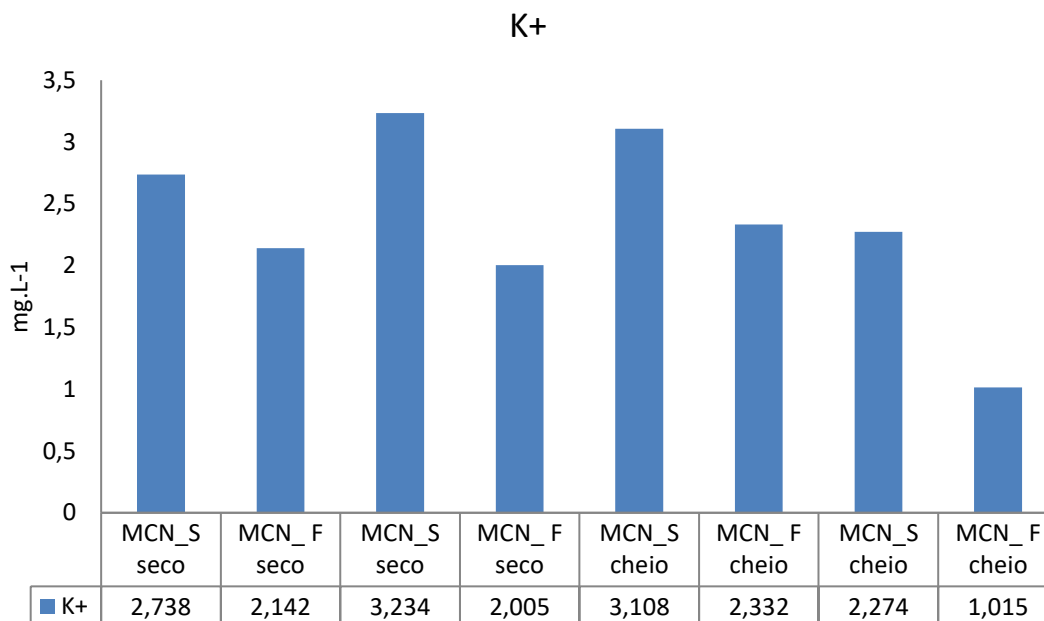


Fonte: Autor

O potássio (K^+) é um elemento químico abundante na crosta terrestre, mas ocorrendo em maior quantidade em águas superficiais e em pequena quantidade nas águas subterrâneas, pois é facilmente fixado pelas argilas e intensivamente consumido pelos vegetais. As principais fontes minerais são: feldspato potássico, mica moscovita e biotita, pouco resistentes aos intemperismo físico e químico. Nas águas subterrâneas seu teor médio é inferior a 10 mg. L^{-1} , sendo mais frequentes valores entre $1,0$ e $5,0 \text{ mg. L}^{-1}$ (Diniz, 2018).

As concentrações de íon potássio (Gráfico. 04 Página 24) variaram entre máxima e mínima no trecho de $3,234 \text{ mg. L}^{-1}$ (setembro – período seco na superfície) a $1,015 \text{ mg. L}^{-1}$ (maio– período cheio no fundo), o íon potássio (K^+) apresentou media de $2,356 \text{ mg.L}^{-1}$ apresentando comportamento semelhante ao íon sódio ao longo do Amazonas baixo e valores superiores ao potássio analisado em pesquisas anteriores na região compreendida entre o rio Solimões e Amazonas que apresentou concentração média em torno de $1,005 \text{ mg.L}^{-1}$ (SOUTO et al.; 2015).

Gráfico 03: Concentração de íon potássio registrado no canal norte no período de coleta.

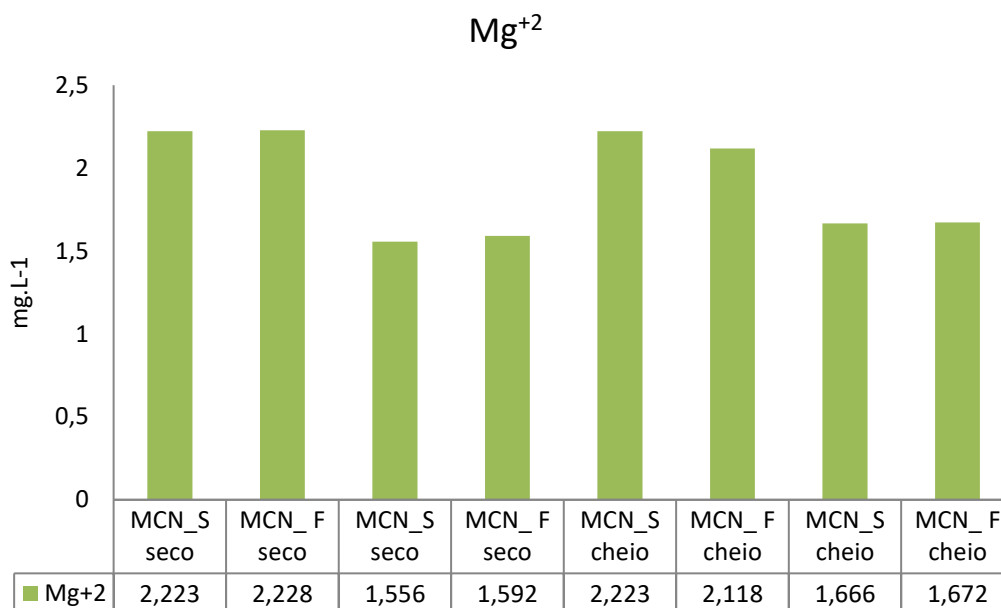


Fonte: Autores

O magnésio (Mg^{+2}) é um elemento cujo comportamento geoquímico é muito parecido com o do cálcio e, em linhas gerais, acompanha este elemento. Contudo, diferentemente do cálcio, forma sais mais solúveis. Os minerais mais comuns, fornecedores de magnésio para as águas são: biotita, anfibólios e piroxênios. Estes minerais são mais estáveis diante do intemperismo químico do que os minerais fornecedores de cálcio, por isso seu teor é significativamente menor do que aquele. Em região de rochas carbonáticas, o mineral dolomita é um importante fornecedor de Mg, sendo o magnésio, depois do cálcio, é o principal responsável pela dureza das águas (CUNHA, 1995).

As concentrações de íon magnésio (Gráfico. 05 Página 25) variaram entre máxima e mínima no trecho de 2,228 mg. L⁻¹ (julho – período seco na superfície) a 1,556 mg. L⁻¹ (setembro – período seco no fundo), o íon Mg^{+2} apresentou as menores concentrações dentre os cátions alcalinos analisados, com e média de 1,909 mg. L⁻¹. O íon magnésio foi um elemento que manteve uma concentração semelhante nos diferentes períodos sazonais (seco e cheio) do rio no período pesquisado não havendo uma diferença significativa em sua concentração. A concentração média de magnésio foi superior à média encontrada no médio Amazonas que ficou em torno de 1,382 mg. L⁻¹ (SOUTO et al.; 2015).

Gráfico 04: Concentração e fluxo de íon magnésio registrado no canal norte no período de coleta.

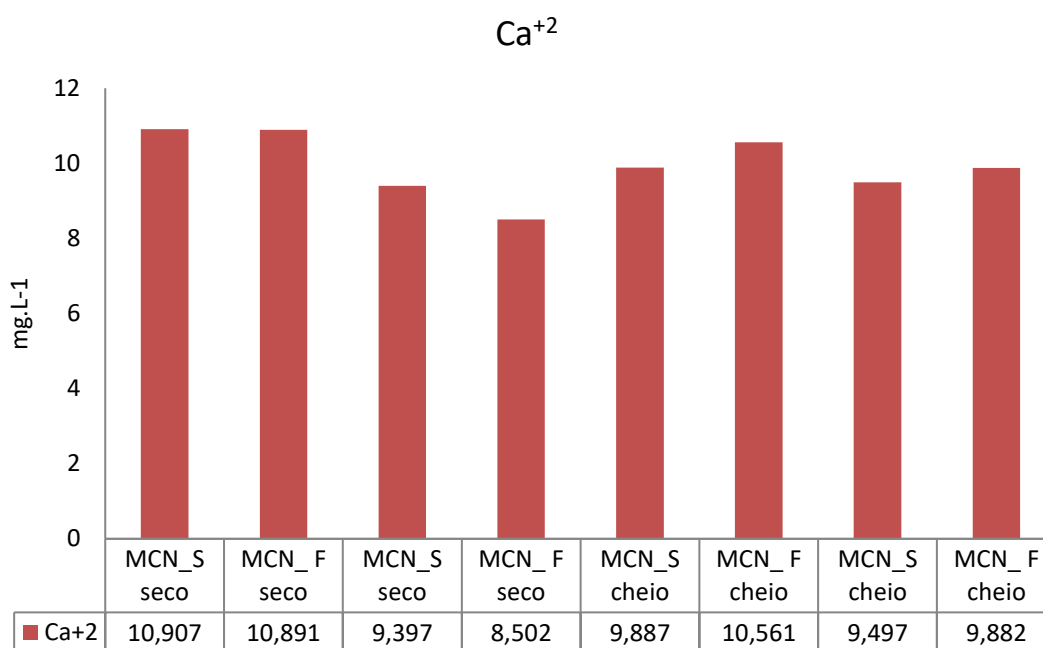


Fonte: Autor

O cálcio (Ca²⁺) é um dos elementos mais abundantes nas águas turvas do Amazonas, na forma de carbonato ou bicarbonato de cálcio, sendo pouco solúvel em água pura. O cálcio ocorre nas águas, principalmente na forma de bicarbonato e sua solubilidade está associada a quantidade de gás carbônico dissolvido. A quantidade de CO₂ dissolvida depende da temperatura e da pressão, que são, portanto, fatores que vão determinar a solubilidade do bicarbonato de cálcio. As principais fontes geológicas de cálcio (Ca²⁺) são os plagioclásios cálcicos, calcita, dolomita, apatita, entre outros.

As concentrações de íon cálcio (Gráfico. 05 página 26) variaram entre máxima e mínima ao longo do trecho de 10,907 mg. L⁻¹ (julho – período seco na superfície) a 8,502 mg. L⁻¹ (julho – período seco no fundo) e média de 9,940 mg. L⁻¹, visto que o mês de julho é considerado um período de seca, porém as concentrações altas e baixas são devidos as suas marés cheias e secas nesse período. Diferentemente dos íons Na⁺, K⁺, Mg²⁺, o Ca²⁺ apresentou-se as maiores concentrações dentre os cátions alcalinos analisados. Apresentando comportamento semelhante aos demais íons em relação a concentração e sazonalidade. Apresentando concentração média no canal norte do rio Amazonas inferior ao observado no médio Solimões-Amazonas, em torno de 11,411 mg. L⁻¹ (SOUTO et al.; 2015), esse fator pode ser explicado pelo acúmulo desse elemento ao longo do baixo Amazonas sendo um dos principais elementos responsáveis pela formação geoquímica do solo da região amazônica.

Gráfico 05: Concentração e fluxo de íon cálcio registrado no canal norte no período de coleta.



Fonte: Autor

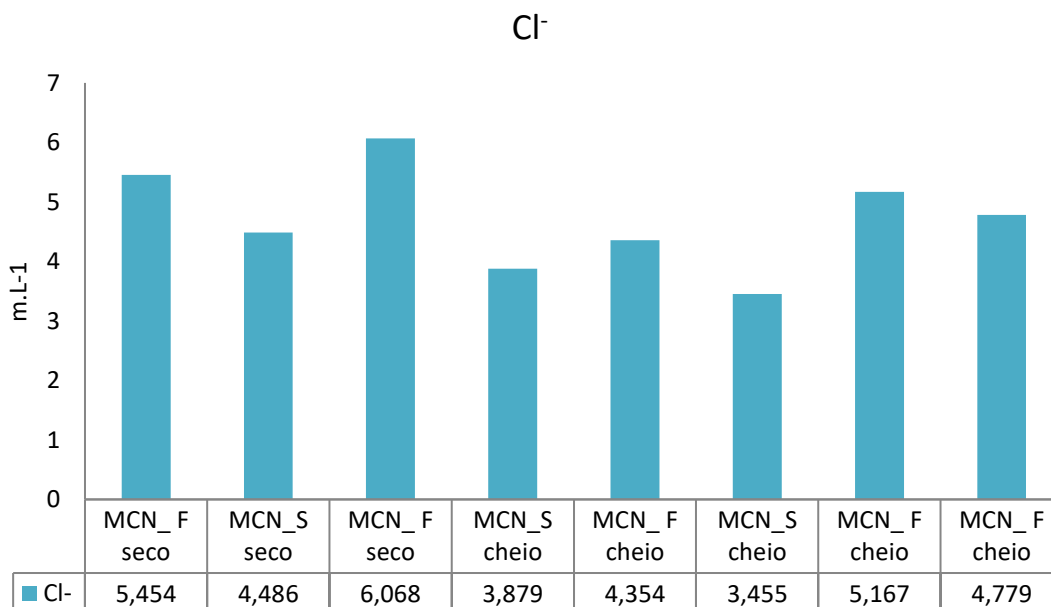
5.3 Fluxo de ânions

A concentração de cloro na forma íon cloreto (Cl^-) nas águas naturais pode ser resultante da lixiviação de rochas e solos que contenham em sua composição sais cloretos, de águas residuárias, industriais e agrícolas que são carregadas para o rio. Na ausência desses fatores, o teor de cloretos é um indicador de poluição por esgotos domésticos nas águas naturais, uma vez que as excretas humanas (RICHTER e AZEVEDO NETTO, 1991), portanto, o aumento da concentração íons cloretos podem ser indicativo que o corpo d'água está sendo utilizado para disposição de dejetos humanos (COSTA e SOUSA, 2007; BRITO, 2012. Diniz, 2018).

O íon cloreto foi um parâmetro no qual a sazonalidade da região influenciou diretamente em sua concentração (gráfico. 06, página 27), com máxima e mínima, respectivamente, no canal norte Macapá foi de 6.068 mg. L^{-1} (setembro – período seco no fundo) e 3.455 mg. L^{-1} (fevereiro – período cheio na superfície) e média de 4.705 mg. L^{-1} . Os maiores valores foram observados em setembro, período de grande estiagem na região norte da Amazônia, os menores foram observados em fevereiro, período de concentração pluviométrica elevada e alto volume hídrico ao longo do baixo rio Amazonas, ou seja, a concentração de íon cloreto é inversamente proporcional a descarga

hídrica, os cloretos estão presentes, principalmente na forma de sais de sódio, cálcio e magnésio presentes na água e na composição química dos sedimentos (DINIZ, 2018).

Gráfico 06: Concentração e fluxo de íon cloreto registrado no canal norte no período de coleta.



Fonte: Autor

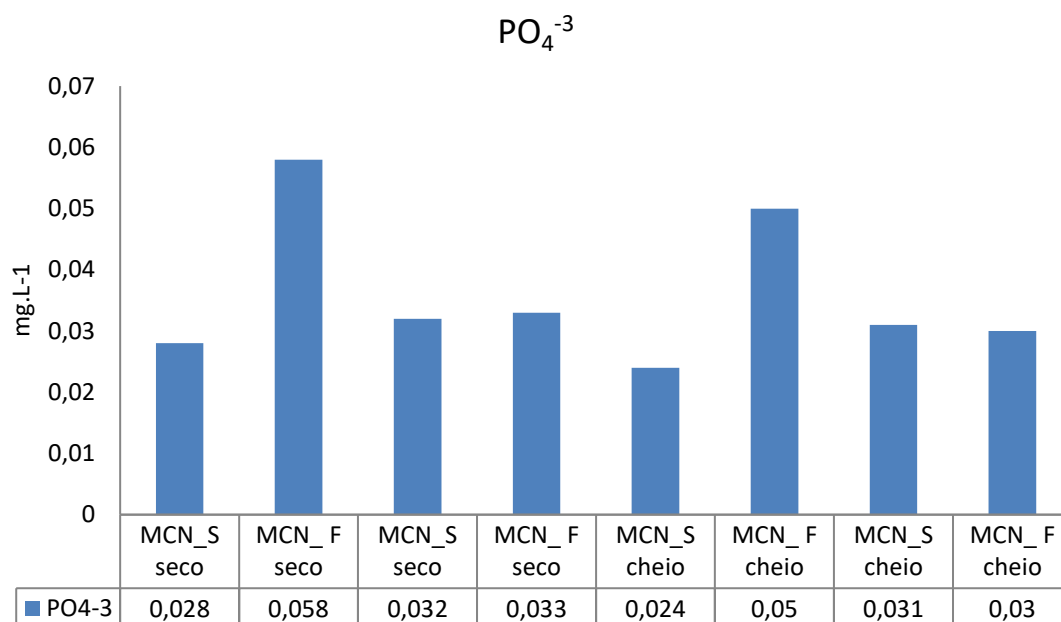
O íon fosfato (PO_4^{3-}) é de grande interesse biológico, sendo utilizado principalmente na produção de energia química e material genético celular. As baixas concentrações de PO_4^{3-} , muitas vezes abaixo do limite de detecção, podem ser ocasionadas pela pouca abundância ou carência deste íon nas rochas que constituem o sistema geológico da região, bem como pela fixação deste composto no solo por metais como o ferro e o alumínio (HORBE et al., 2005).

As concentrações de íon PO_4^{3-} ao longo de todo rio Amazonas e baixo e isso e observado no trecho pesquisado (gráfico. 07, página 28) onde observamos máxima de $0,058 \text{ mg. L}^{-1}$ (julho - período seco no fundo) e mínima de $0,024 \text{ mg. L}^{-1}$ (fevereiro – período cheio na superfície) e com média de $0,035 \text{ mg. L}^{-1}$, mantendo-se quase que constante ao longo do período analisado. As concentrações de íon PO_4^{3-} se reduzem devido a importância nutricional do fósforo, nutriente essencial a vida marinha, que é consumido/absorvido ao longo do baixo rio Amazonas.

A média ao longo do trecho estudado está dentro da faixa encontrada para águas turbidas da região Amazônica que é de $0,038 \text{ mg. L}^{-1}$ (MAYORGA & AUFDENKAMPE et al., 2002). As maiores concentrações de PO_4^{3-} foram encontradas geralmente no período

de vazante do rio, talvez pela liberação deste íon durante o processo de ressuspensão do sedimento (SETARO & MELACK, 1984).

Gráfico 07: Concentração e fluxo de íon fosfato registrado no canal norte no período de coleta.



Fonte: Autor

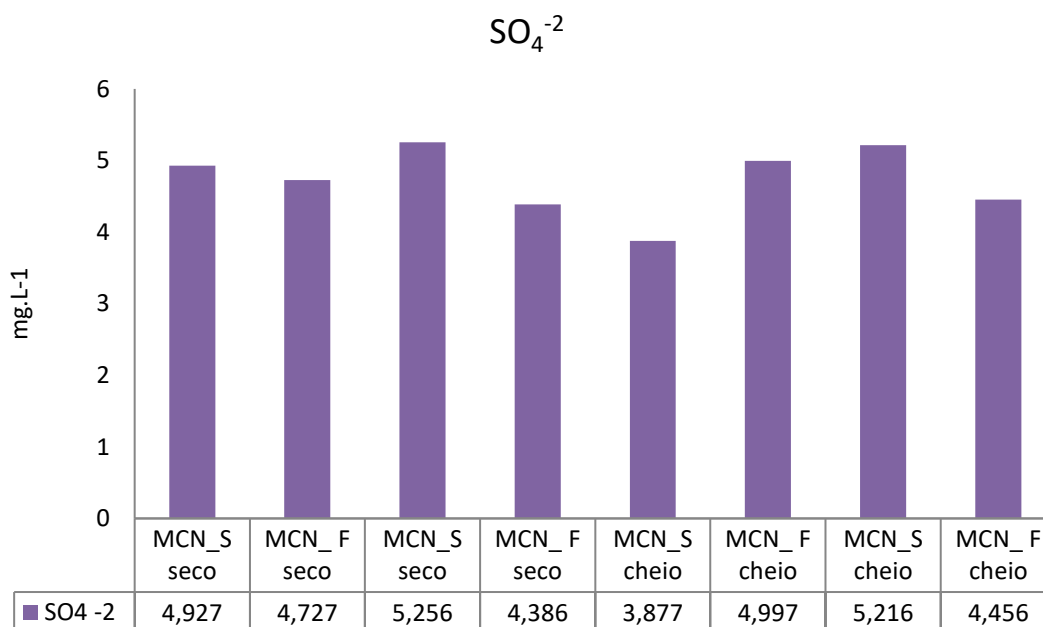
O íon sulfato (SO_4^{2-}) é um ânion muito comum na natureza, podendo apresentar-se em águas naturais, surge nas águas subterrâneas através da dissolução de solos e rochas, é um dos íons mais abundantes na água marinha e estuarina, estando presente principalmente na forma de sulfato de sódio, magnésio e cálcio (NYBAKKEN, 1997). As concentrações são mais elevadas em zonas oceânicas, diminuindo consideravelmente em áreas costeiras (BURTON, 1976).

As concentrações observadas no período de coleta no canal norte do rio Amazonas próximo a Macapá do íon sulfato (gráfico. 08, página 29) oscilaram entre máxima e mínima, respectivamente, de $5,256 \text{ mg. L}^{-1}$ (setembro – período seco na superfície) a $3,877 \text{ mg. L}^{-1}$ (fevereiro – período cheio na superfície) com média geral de $4,730 \text{ mg. L}^{-1}$. As concentrações de íon sulfato tiveram comportamento semelhante ao íon fosfato, ou seja, inverso a vazão ao longo do baixo rio Amazonas com redução ao longo do rio.

Essa diminuição pode ser devido ao aporte de águas costeiras causando um efeito de diluição (CABRERA, 2005), ao contrário do que ocorre para os outros íons como

fosfato e nitrato (BAUMGARTEN et al., 2001). Essa redução é acentuada em locais com intenso aporte de matéria orgânica (CHANTON et al. 1987, MACDONALD et al, 2004).

Gráfico 08: Concentração e fluxo de íon sulfato registrado no canal norte período de coleta.



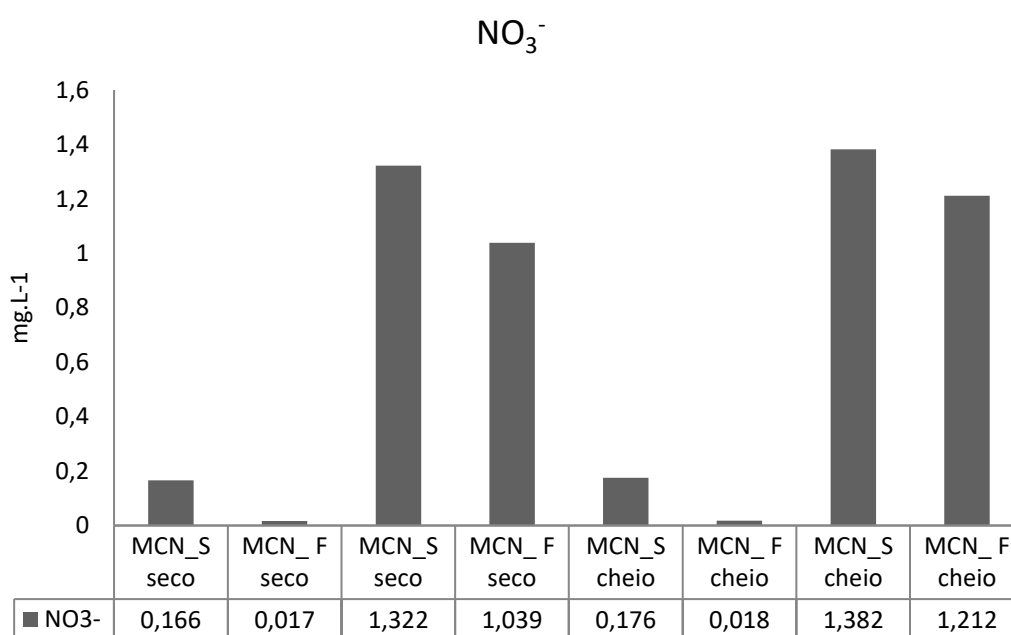
Fonte: Autor

O nitrato é um importante íon e uma das formas do nitrogênio presente nas águas naturais de superfície, representa o produto final da mineralização da matéria orgânica nitrogenada, por via aeróbia. Toda água apresenta traços de nitrato, que pode ser acrescida devido a poluição de matéria orgânica, ou devido à aplicação excessiva de fertilizantes (BRAILE e CAVALCANTI, 1993). Nas águas superficiais, raramente a concentração de nitratos está acima de 5 mg. L⁻¹. O valor usual encontra-se abaixo de 1 mg. L⁻¹, mas em águas de poço, a concentração de nitrato pode atingir cerca de 20 mg. L⁻¹ (RICHTER e AZEVEDO NETTO, 1990; BRAILE e CAVALCANTI, 1993).

A concentração ou fluxo de íon nitrato no trecho estudado (gráfico. 9, página 30) foi de máxima 1,382 mg. L⁻¹ (maio – período cheia na superfície) e de mínima 0,017 mg. L⁻¹ (julho - período seca na superfície), a média observada de íon nitrato durante esse período pesquisado foi de 0,667 mg. L⁻¹. As maiores concentrações foram observadas tanto no período seco (setembro) com no período cheio (maio) do rio Amazonas, apresentando um contraste bastante peculiar em relação aos demais ânions analisados, sendo diretamente proporcional a carga hídrica do rio.

Assim como o fósforo, na forma de fosfato, o nitrogênio, na forma de nitrato, é um importante nutriente para a vida aquática, chega aos corpos de água, em geral, por meio da erosão de solos, decomposição natural da matéria orgânica biodegradável existente no solo e na água (SILVA, 2014), desempenhando importante papel ao longo do rio Amazonas na constituição das moléculas, de proteínas, ácidos nucleicos, vitaminas, enzimas e hormônios, elementos vitais aos seres dos ecossistemas aquáticos (BRAGA et al., 2005).

Gráfico 09: Concentração e fluxo de íon nitrato registrado no canal norte período de coleta.



Fonte: Autor

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A descarga hídrica ou vazão do rio Amazonas depende diretamente das fases sazonais que ocorrem no norte do Brasil, caracterizado por moradores como período de inverno amazônico (período chuvoso), que ocorre entre janeiro e junho, onde o índice pluviométrico ou de chuva é bastante elevado na região, diferentemente do período do verão amazônico (período seco ou de pouca chuva) que ocorre de julho a dezembro, apesar disso no período de coleta os valores observados foram inferiores aos observados em outros estudos realizados na região e isso pode ter relação com o efeito *el nino* que altera o nível pluviométrico na região.

Assim como a hidrodinâmica do rio Amazonas, os íons cátions $Mg^{+2} < K^+ < Na^+ < Ca^{+2}$ que foram pesquisados e que estão diretamente relacionados com o fluxo do rio, também sofrem alterações significativas em suas massas que são carregadas pela água do rio Amazonas até o oceano Atlântico. O íon Ca^{+2} se destaca entre os cátions por apresentar maior quantidade, em massa, isso se deve ao fato de esse íon estar presente principalmente na composição geoquímica do solo da região.

Para os íons ânions $PO_4^{-3} < NO_3^- < Cl^- \leq SO_4^{-2}$ assim como os cátions sofrem alteração de fluxo do rio Amazonas onde dois ânions se destacam por apresentarem pouca massa, são eles os íons PO_4^{-3} , NO_3^- , isso pode ser explicado pelo fato de P e N serem nutrientes importantes principalmente para as algas e fitoplânctons, ajudando na manutenção da vida marinha do rio e do oceano.

REFERÊNCIAS

- ALIN, S. R. et al. **Physical controls on carbon dioxide transfer velocity and flux in low gradient river systems and implications for regional carbon budgets.** *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences*, v. 116, n. 1, p. 1–17, 2011.
- ALMEIDA, F. F.; MELO, S. **Estrutura da comunidade fitoplanctônica de um lago de inundação amazônico (Lago Catalão, Amazonas, Brasil).** *Neotropical Biology and Conservation*, v. 6, n. 2, p. 112–123, 2011.
- ALMEIDA, M. A. B.; SCHWARZBOLD, A. **Avaliação sazonal da qualidade das águas do Arroio da Cria Montenegro, RS com aplicação de um índice de qualidade de água (IQA).** *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 8, n. 1, p. 81–97, 2003.
- AMBRIZZI, T. et al. **Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas (PBMC). Base científica das mudanças climáticas: contribuição do Grupo de Trabalho 1 para o 1º Relatório de Avaliação Nacional do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas.** Rio de Janeiro: PBMC, 2012.
- APHA – AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard methods for the examination of water and wastewater.** 20. ed. Washington, DC: American Public Health Association; AWWA; WPCF, 1999. 1569 p.
- AUFDENKAMPE, A. K. et al. **Organic matter in the Peruvian headwaters of the Amazon: a comparison to Bolivian tributaries and the lowland Amazon mainstem.** *Organic Geochemistry*, v. 38, p. 337–364, 2007.
- BÁRBARA, V. F.; CUNHA, A. C.; RODRIGUES, A. S. L.; SIQUEIRA, E. Q. **Monitoramento sazonal da qualidade da água do rio Araguari/AP.** *Revista Biociências*, v. 16, p. 57–72, 2010.
- BARTOLI, E. **Amazonas e a Amazônia: geografia, sociedade e meio ambiente.** Rio de Janeiro, 2010.
- BAUMGARTEN, M. G. Z.; ROCHA, J. M.; NIENCHESKI, L. F. H. **Manual de análises em oceanografia química.** Rio Grande: Editora da FURG, 1996.
- BENNER, R. et al. **Bacterial carbon metabolism in the Amazon River system.** *Limnology and Oceanography*, v. 40, n. 7, p. 1262–1270, 1995.
- BRAGA, B. et al. **Water: Introdução à engenharia ambiental.** 2. ed. São Paulo: Prentice Hall, 2005. 336 p.

- BRAILE, P. M.; CAVALCANTI, J. E. W. A. **Manual de tratamento de águas residuárias**. São Paulo: CETESB, 1993.
- BRITO, S.; SANTOS, E.; KRUSCHE, A. V. **Challenges and solutions for hydrodynamic and water quality in rivers in the Amazon Basin**. In: **Hydrodynamics – Natural Water Bodies**. p. 67–88, 2012.
- BURTON, J. D. **Basic properties and processes in estuarine chemistry**. In: BURTON, J. D.; LISS, P. S. (ed.). **Estuarine chemistry**. London: Academic Press, 1976. 229 p.
- CABRERA, L. C. **Formas de enxofre na coluna d'água e sedimentar numa enseada rasa do estuário da Lagoa dos Patos**. 2005. Dissertação (Mestrado em Oceanografia Química) – Fundação Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, 2005.
- CHANTON, J. P.; MARTENS, C. S.; GOLDBERGER, M. B. **Biogeochemical cycling in an organic-rich coastal marine basin: sulfur mass balance, oxygen uptake and sulfide retention**. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, v. 51, n. 5, p. 1187–1199, 1987.
- COSTA, A. C. L. et al. **Distribuição geoespacial e horária da temperatura do ar na cidade de Belém, Estado do Pará, Brasil**. *Brazilian Geographical Journal*, v. 4, n. 1, p. 150–168, 2013.
- COSTA, O. S.; SOUSA, A. R. **Análise da água: métodos analíticos físico-químicos e biológicos**. Goiânia: UFG, 2007.
- CUNHA, A. C. et al. **Challenges and solutions for hydrodynamic and water quality in rivers in the Amazon Basin**. In: **Hydrodynamics – Natural Water Bodies**. p. 67–88, 2012.
- CUNHA, A. C. et al. **Hydrodynamics and seed dispersal in the lower Amazon**. *Freshwater Biology*, p. 1–9, 2017.
- CUNHA, A. C. et al. **Qualidade microbiológica da água em rios de áreas urbanas e periurbanas no baixo Amazonas: o caso do Amapá**. *Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 9, n. 4, p. 302–309, 2004.
- CUNHA, A. C. et al. **Seasonal variation in chemical distributions in the Amazon (Solimões) River: a multiyear time-series**. *Global Biogeochemical Cycles*, v. 9, n. 3, p. 307–328, 1995.

DEVOL, A. H.; HEDGES, J. I. **Organic matter and nutrients in the mainstem Amazon River**. In: MCCLAIN, M. E.; VICTORIA, R. L.; RICHEY, J. E. (org.). The biogeochemistry of the Amazon basin. New York: Oxford University Press, 2001. p. 275–306.

DINIZ, J. E. M. **Hidrodinâmica e biogeoquímica no baixo Amazonas: de Óbidos à foz**. 2018. Tese (Doutorado em Biodiversidade e Biotecnologia) – Universidade Federal do Amapá, Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Biotecnologia, Macapá, 2018. 96 f.

EVA, H. D.; HUBER, O. **Proposta para definição dos limites geográficos da Amazônia**. Luxemburgo: Comunidades Europeias, 2005.

GIBBS, R. J. **Water chemistry of the Amazon River**. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, v. 36, p. 1061–1066, 1972.

HANAN, S. A.; **BATALHA, B. H. L. Amazônia: contradições no paraíso ecológico**. São Paulo: Cultura, 1995. 265 p.

HEDGES, J. I.; ERTEL, J. R.; QUAY, P. D.; GROOTES, P. M.; RICHEY, J. E.; DEVOL, A. H.; FARWELL, G. W.; SCHMIDT, F. W.; SALATI, E. **Organic carbon-14 in the Amazon River system**. *Science*, v. 231, p. 1129–1131, 1986.

HORBE, A. M. C.; GOMES, I. L. F.; MIRANDA, S. F.; SILVA, M. S. R. **Contribuição à hidroquímica de drenagens no Município de Manaus – AM**. *Acta Amazônica*, Manaus, v. 35, p. 119–124, 2005.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. 2018.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Mapeamento da verdadeira nascente do rio Amazonas**. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia_impresao.php?id_noticia=908. Acesso em: 17 fev. 2017.

INPE – INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. Disponível em: <http://www.inpe.br/noticias/noticia.php=501>. Acesso em: 23 mar. 2017.

JOHNSON, M. S.; LEHMANN, J.; RIHA, S. J.; KRUSCHE, A. V.; RICHEY, J. E.; OMETTO, J. P. H. B.; COUTO, E. G. **CO₂ efflux from Amazonian headwater streams represents a significant fate for deep soil respiration**. *Geophysical Research Letters*, v. 35, p. 1–5, 2008.

KOHLHEPP, G. **Conflitos de interesse no ordenamento territorial da Amazônia brasileira**. Estudos Avançados, v. 16, n. 45, p. 37–61, 2002.

KRUSCHE, A. V.; MARTINELLI, L. A.; VICTORIA, R. L.; BERNARDES, M.; CAMARGO, P. B.; BALLESTER, M. V. R.; TRUMBORE, S. **Composition of particulate and dissolved organic matter in a disturbed watershed of southeast Brazil (Piracicaba River basin)**. Water Research, v. 36, n. 11, p. 2743–2752, jun. 2002.

LEITE, N. K.; KRUSCHE, A. V.; BALLESTER, M. V. R.; VICTORIA, R. L.; RICHEY, J. E.; GOMES, B. M. **Intra and interannual variability in the Madeira River water chemistry and sediment load**. Biogeochemistry, v. 105, n. 1–3, p. 37–51, 2010.

LIEBMANN, B.; MARENGO, J. **Interannual variability of the rainy season and rainfall in the Brazilian Amazon Basin**. Journal of Climate, v. 14, n. 22, p. 4308–4318, 2001.

MACDONALD, B. C. T.; SMITH, J.; KEENE, A. F.; TUNKS, M.; KINSELA, A.; WHITE, I. **Impacts of runoff from sulfuric soils on sediment chemistry in an estuarine lake**. Science of the Total Environment, n. 329, p. 115–130, 2004.

MAYORGA, E. et al. **Young organic matter as a source of carbon dioxide outgassing from Amazonian rivers**. Nature, v. 436, n. 7050, p. 538–541, 2005.

McCLAIN, M. E.; ELSENBEER, H. **Terrestrial inputs to Amazon streams and internal biogeochemical processing**. Processing, v. 19, n. 10, p. 185–208, 2001.

NEU, V. A. C.; NEILL, C. B.; KRUSCHE, A. V. **Gaseous and fluvial carbon export from an Amazon forest watershed**. Biogeochemistry, v. 105, n. 1, p. 133–147, 2011.

NITTROUER, C. A. et al. **An introduction to the geological significance of sediment transport and accumulation on the Amazon continental shelf**. Marine Geology, v. 125, n. 3–4, p. 177–192, 1995.

NYBAKKEN, J. W. **Marine biology: an ecological approach**. 4. ed. Oxford: Addison-Wesley, 1997. 481 p.

PERRY, G. D.; DUFFY, P. B.; MILLER, N. L. **An extended data set of river discharges for validation of general circulation models**. Journal of Geophysical Research: Atmospheres, v. 101, n. D16, p. 21339–21349, 1996.

RICHEY, J. E. et al. **Integrated analysis of a humid tropical region – The Amazon Basin. Convergence**, n. 2000, p. 415–428, 2000.

RICHEY, J. E.; HEDGES, J. I.; DEVOL, A. H.; QUAY, P. D. **Biogeochemistry of carbon in the Amazon River**. *Limnology and Oceanography*, v. 35, p. 352–371, 1990.

RICHEY, J. E.; MELACK, J. M.; AUFDENKAMPE, A. K.; BALLESTER, V. M.; HESS, L. **Outgassing from Amazonian rivers and wetlands as a large tropical source of atmospheric CO₂**. *Nature*, v. 416, p. 617–620, 2002.

RICHTER, C. A.; AZEVEDO NETTO, J. M. **Tratamento de água: tecnologia atualizada**. São Paulo: Edgard Blücher, 1990. 332 p.

SCHEUENSTUHL, M. C. B. (ed.) **Águas do Brasil: análises estratégicas**. São Paulo: Instituto de Botânica, 2010. p. 222.

SETARO, F. V.; MELACK, J. M. **Responses of phytoplankton to experimental nutrient enrichment in an Amazon floodplain lake**. *Limnology and Oceanography*, v. 29, p. 972–984, 1984.

SEYLER, P. T.; BOAVENTURA, G. R. **Distribution and partition of trace metals in the Amazon Basin**. *Hydrological Processes*, v. 17, p. 1345–1361, 2003.

SILVA, M. S. R. **Bacia hidrográfica do Rio Amazonas: contribuição para o enquadramento e preservação**. 2013. 199 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2013.

SMITH, N. J. H. **Amazon sweet sea: land, life, and water at the river's mouth**. [S.l.]: University of Texas Press, 2002. p. 1–2. ISBN 9780292777705.

SOUTO, L. F. L.; OLIVEIRA, T. C. S.; SILVA, M. S. R. **Variação espacial de cátions, ânions e variáveis físico-químicas no rio Solimões-Amazonas entre Manaus e Jutai, bacia amazônica**. *Acta Amazônica*, v. 45, n. 4, p. 415–424, 2015.

SOUZA, E. B. et al. **Precipitação sazonal sobre a Amazônia Oriental no período chuvoso: observações e simulações regionais com o RegCM3**. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 24, n. 2, p. 111–124, 2009.

STALLARD, R. F.; EDMOND, J. M. **Geochemistry of the Amazon 2**. The influence of geology and weathering environment on the dissolved load. *Journal of Geophysical Research*, v. 88, n. 14, p. 9671–9688, 1983.

- STERLING, T. **Der Amazonas**. 8. German printing. Time-Life Bücher, 1979. p. 19.
- VAL, A. L. et al. **Amazônia: recursos hídricos e sustentabilidade**. In: **BICUDO, C. E. M.; TUNDISI, J. G. (eds.). Mapeamento da verdadeira nascente do rio Amazonas**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/>. Acesso em: 02 fev. 2017. p. 95–109.
- VICTORIA, R. **The role of rivers on the regional carbon cycle**. Global Climate Change. [S.l.]: Center for Nuclear Energy in Agriculture (CENA), University of São Paulo (USP), 2012. FAPESP Process 2008/58089-9.
- WARD, N. D. et al. **Degradation of terrestrially derived macromolecules in the Amazon River**. Nature Geoscience, v. 6, n. 6, p. 1–4, 2013.
- YAHN FILHO, A. G. **Aspectos jurídico ambientais da utilização dos cursos d'água internacionais**. Boletim Científico da Escola Superior do Ministério Público da União, Brasília, ano II, p. 31–48, 2003.

ANEXO I

PLANEJAMENTO DA OFICINA

QUESTÃO-FOCO

A questão foco desta oficina está diretamente relacionada ao tratamento da água no Estado do Amapá:

Por que a água da CSA (Companhia de Água e Esgoto do Amapá) chega suja as torneiras em algumas residências da cidade de Macapá??

2. OBJETIVOS

2.1. Geral

Trabalhar em sala de aula com estudantes do 1º ano do Ensino Médio o conteúdo separação de misturas, por meio da temática “Química e o tratamento de água”?

2.2 Objetivos Específicos

- Identificar a influência e importância dos processos de separação de misturas no tratamento de água.
- Conhecer o processo de tratamento de água e seus possíveis problemas.
- Desenvolver a criatividade e participação dos Estudantes
- Investigar as causas da sujidade na distribuição de água pela CSA.

1. PÚBLICO-ALVO

- Estudantes do 1 ano do ensino médio.

2. ESTRATÉGIAS METODOLÓGICAS

- 2 Aulas Expositiva Dialogadas. (150 min)
- 2. Aulas Experimentais Investigativas. (100 min)

Etapa 1: Problematização inicial:

Nesse primeiro momento, será realizada uma roda de conversa para discutir sobre algumas questões relacionadas ao tratamento de água, as perguntas a serem feitas aos estudantes são as seguintes: Para iniciar nosso debate, gostaríamos que vocês reflitam

sobre a importância da água para a vida humana, em especial, para as pessoas que moram com você. Por isso, fale um pouco sobre a água que você usa em casa, como ela chega a sua residência? Qual a qualidade dessa água? Você já ouviu falar em tratamento de água? Qual a importância do tratamento de água para o consumo? Existem algumas etapas que são realizadas durante o tratamento de água, para que fique adequada ao consumo, você já ouviu falar em alguma dessas etapas? Na sua casa, você já presenciou o fornecimento de água suja vindo da fonte? Por que a água da CSA (Companhia de Água e Esgoto do Amapá) em alguns bairros chega suja as torneiras de algumas residências da cidade?

Os estudantes serão selecionados para falar de acordo com a lista de frequência da turma, a cada rodada será feita uma pergunta na qual todos deverão responder, após todos falarem, dar-se o início a um debate baseado nas respostas das perguntas, ao final da aula os estudantes terão de redigir um resumo das questões discutidas para que seja entregue ao professor, onde as mesmas serão disponibilizadas aos alunos através de recurso didático alternativo.

Etapa 2: Organização do Conhecimento:

O segundo momento, consistirá na abordagem da temática sobre os processos de separação de misturas homogêneas e heterogêneas que são extremamente importantes para a compreensão do processo de tratamento de água. Em seguida, apresenta-se as etapas do tratamento de água. Essa exposição acontecerá mediante a utilização de alguns recursos didáticos, com apresentação em slides dos conceitos de separação de misturas, os tipos e diferenças entre a separação homogênea e heterogênea, além disso exibição de algumas ilustrações, imagens, gifs e vídeos sobre o assunto e a apresentação de um modelo didático (simulador) demonstrando o processo de tratamento de água. Por fim, para compreensão dos conhecimentos apresentados os estudantes irão elaborar um mapa mental destacando os principais tipos de separação de misturas e as etapas do tratamento de água.

Etapa 3: Aplicação dos conhecimentos

Nesse momento, a aplicação do conhecimento será dividida em três etapas, primeiramente uma visita planejada à unidade responsável pelo tratamento, abastecimento e distribuição de água do Estado, a construção pelos estudantes de material que apresente o ciclo de tratamento da água e a realização de uma prática experimental investigativa sobre os processos de separação de mistura e o tratamento de água.

A Primeira etapa consistirá na realização de uma visita técnica a Concessionária de Saneamento do Amapá (CSA), antes da visita a turma deverá ser dividida em grupos de no máximo 5 pessoas. Durante visitação, os grupos terão que observar o processo de tratamento de água realizado pela empresa responsável e responder às seguintes questões: Como é realizado o tratamento de água pela empresa? Quais as etapas que envolvem esse processo? Quais as informações fornecidas pelos técnicos da empresa sobre os processos de tratamento? De acordo com a observação e anotações feitas, os estudantes individualmente terão que desenvolver e entregar um pequeno relatório. Para essa atividade a escola ou docente responsável deverão oferecer um meio de transporte viável (Ônibus) para que todos possam se deslocar em segurança até o local da visita. A ocorrência da atividade deverá ser no contraturno da aula.

Observação: Caso não haja possibilidade para a realização da visita técnica devido motivos de “força maior”, é a aconselhável fazer uma abordagem relativa as leis vigentes que regulamentam e detalham como deve ocorrer o processo de tratamento de água nas empresas, além disso, apresentar vídeos que possam explicar o processo de tratamento dentro de uma empresa. Essas abordagens deverão ser apresentadas através da utilização de recursos didáticos, como slide.

A segunda etapa, consistirá na produção e apresentação de uma maquete ilustrando o processo de tratamento de água estudado e observado durante a visita técnica. Os alunos serão divididos em grupos de entre 4 a 6 componentes, eles terão de construir esse material durante uma semana, sob a supervisão do professor, e apresentar e explicar todos os processos na aula seguinte. Após a apresentação de todos os grupos, o docente responderá a problemática em relação à questão-foco da oficina, uma vez que ela se resume ao mau processamento das separações de misturas. O roteiro para a construção da maquete está de acordo com Leite e Fiorillo (2018), disponível em: <https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=https://paulasarraino.files.wordpress.com/2015/05/maquete.pdf>.

Na última etapa, decorrerá a realização em sala de aula da divisão de 5 grupos entre 4 a 6 pessoas para apresentação de uma prática experimental investigativa relacionada aos tipos de separação de misturas utilizada para o tratamento de água, cada grupo deverá realizar um experimento utilizando materiais alternativos do dia a dia. A cada experimento os estudantes serão questionados sobre as características e o porquê de os processos serem utilizados no tratamento hídrico, por exemplo: Para que serve cada uma destas etapas?

3. RECURSO TECNOLÓGICO

Os recursos tecnológicos utilizados na oficina serão: Projetor de Vídeo, Caixa de Som e Notebook.

3. CARGA HORÁRIA

A oficina será dividida em três etapas. Sendo que para cada etapa serão necessárias 2 aulas com duração de 50 minutos.

4. AVALIAÇÃO

A avaliação da oficina temática será tratada com base na participação, satisfação, interesse e dedicação dos estudantes durante a realização das atividades. Além disso, deverá ser analisada as respostas da aplicação de um questionário de avaliação aos alunos para saber a visão deles em relação ao tema abordado, atividades desenvolvidas, a participação e principalmente processo de aprendizagem ao longo da oficina.

5. DIVULGAÇÃO DA OFICINA

A divulgação da oficina acontecerá a partir da exposição do cartaz (Apêndice IV) no mural informativo da escola.

6. REFERENCIAL TEÓRICO

RICHTER, C. NETTO, J. **TRATAMENTO DE ÁGUA: Tecnologia Atualizada**. Edição 1. São Paulo. Editora Edgard Blucher, 1991.

SANTOS, W. MÓL, G. **QUÍMICA CIDADÃ**. Volume 1. Edição 3. São Paulo, Editora AIS Ltda, 2016.

AQUITEMCOPASA. **Processo do tratamento da água**. Youtube 15 de março 2018.