

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO AMAPÁ
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM ALIMENTOS
CAMPUS MACAPÁ

LEIDIANE TRINDADE ESTEVAM
MARGARIDA QUEIROZ ROCHA

**DESENVOLVIMENTO DE EQUIPAMENTOS, MÉTODOS E PROCEDIMENTOS
PARA O TRATAMENTO DA ÁGUA DE POÇOS AMAZONAS NO BAIRRO
MORADA DAS PALMEIRAS MACAPÁ/AP**

MACAPÁ
2024

LEIDIANE TRINDADE ESTEVAM
MARGARIDA QUEIROZ ROCHA

**DESENVOLVIMENTO DE EQUIPAMENTOS, MÉTODOS E PROCEDIMENTOS
PARA O TRATAMENTO DA ÁGUA DE POÇOS AMAZONAS NO BAIRRO
MORADA DAS PALMEIRAS MACAPÁ/AP**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a coordenação do curso Tecnologia em alimentos como requisito avaliativo para obtenção do título de Tecnólogo em Alimentos.

Orientador: Dr. Prof. Rafael Henrique Holanda Pinto.

Coorientador: Esp. Prof. Pedro Aquino de Santana.

MACAPÁ

2024

Biblioteca Institucional - IFAP
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

- E079d Estevam, Leidiane Trindade
Desenvolvimento de equipamentos, métodos e procedimentos para o tratamento da água de poços amazonas no bairro Morada das Palmeiras Macapá/AP / Leidiane Trindade Estevam, Margarida Queiroz Rocha. - Macapá, 2024.
43 f.
- Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) -- Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amapá, Campus Macapá, Curso de Tecnologia em Alimentos, 2024.
- Orientador: Dr.Rafael Henrique Holanda Pinto.
Coorientador: Esp. Pedro Aquino de Santana.
1. Tratamento de água. 2. Desenvolvimento de equipamentos. 3. Desenvolvimento de métodos. I. Rocha, Margarida Queiroz. I. Pinto, Dr.Rafael Henrique Holanda, orient. II. Santana, Esp. Pedro Aquino de coorient. III. Título.

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica do IFAP
com os dados fornecidos pelo (a) autor (a).

LEIDIANE TRINDADE ESTEVAM
MARGARIDA QUEIROZ ROCHA

**DESENVOLVIMENTO DE EQUIPAMENTOS, MÉTODOS E PROCEDIMENTOS
PARA O TRATAMENTO DA ÁGUA DE POÇOS AMAZONAS NO BAIRRO
MORADA DAS PALMEIRAS MACAPÁ/AP**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a
coordenação do curso Tecnologia em Alimentos
como requisito avaliativo para obtenção do título de
Tecnólogo em Alimentos
Orientador: Dr. Prof. Rafael Henrique Holanda
Pinto.
Coorientador: Esp. Prof. Pedro Aquino de Santana.

BANCA EXAMINADORA

Rafael Henrique Holanda Pinto

Prof. Dr. Rafael Henrique Holanda Pinto (Orientador)
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amapá

Pedro Aquino de Santana

Prof. Esp. Pedro Aquino de Santana (Coorientador)
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amapá

Lauana Natasha da Gama Pantoja

Profa. Ma. Lauana Natasha da Gama Pantoja
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amapá

Gilvanete Maria Ferreira

Profa. Dra. Gilvanete Maria Ferreira
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amapá

Documento assinado digitalmente



MOZANIEL SANTANA DE OLIVEIRA
Data: 19/02/2024 16:04:51-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Mozaniel Santana de Oliveira
Museu Paraense Emilio Goeldi

Apresentado em: 21 / 12 / 2023.
Conceito/Nota:10

RESUMO

A água é um recurso natural renovável indispensável para a sobrevivência do homem na Terra, sendo descrita como uma condição essencial para a vida de todos os animais e vegetais. Este trabalho teve como objetivo desenvolver equipamentos para o tratamento microbiológico e físico-químico da água proveniente de poços amazonas do bairro Morada das Palmeiras Macapá - AP. O desenvolvimento do projeto de uma micro estação de tratamento de água no bairro Morada das Palmeiras, localizado na cidade de Macapá-AP, tem início nos poços amazonas, origem da água utilizada para o consumo dos moradores desse lugar. O sistema de tratamento proposto nesta pesquisa tem capacidade de tratar 150 L de água por 24 horas. Os resultados mostraram que a água tratada analisada apresentou boas condições físico-químicas, com baixa turbidez, juntamente com os níveis adequados de pH e ferro total e características microbiológicas satisfatórias, a partir da ausência de *Escherichia coli*. A presença de coliformes totais no poço indica a necessidade de tratamento para tornar a água segura para o consumo humano. A temperatura da água estava dentro dos limites adequados, sendo importante para diversos usos, como consumo humano e suporte à vida aquática. O trabalho permitiu explorar o conhecimento e desenvolver um equipamento para o tratamento microbiológico e físico-químico da água proveniente de poços amazonas, o qual poderá corroborar com os moradores do bairro Morada das Palmeiras na cidade de Macapá no estado do Amapá. Diante desse cenário, torna-se imprescindível, buscar soluções inovadoras e acessíveis para tornar a água potável.

Palavras-chave: água; potabilidade; poços amazonas.

ABSTRACT

Water is a renewable natural resource essential for the survival of man on Earth, being described as an essential condition for the life of all animals and plants. This work aimed to develop equipment for the microbiological and physical-chemical treatment of water from Amazon wells in the Morada das Palmeiras Macapá - AP neighborhood. The development of the project for a micro water treatment plant in the Morada das Palmeiras neighborhood, located in the city of Macapá-AP, begins in the Amazon wells, the source of the water used for consumption by the residents of this place. The treatment system proposed in this research has the capacity to treat 150 L of water per 24 hours. The results showed that the treated water analyzed presented good physical-chemical conditions, with low turbidity, together with adequate levels of pH and total iron and satisfactory microbiological characteristics, due to the absence of *Escherichia coli*. The presence of total coliforms in the well indicates the need for treatment to make the water safe for human consumption. The water temperature was within appropriate limits, being important for various uses, such as human consumption and supporting aquatic life. The work allowed exploring knowledge and developing equipment for the microbiological and physical-chemical treatment of water from Amazon wells, which could be supported by residents of the Morada das Palmeiras neighborhood in the city of Macapá in the state of Amapá. Given this scenario, it is essential to seek innovative and accessible solutions to make water drinkable.

Keywords: water; potability; amazon well.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Distribuição desproporcional da água no Brasil	14
Figura 2 - Fluxograma do sistema de tratamento da água	25
Figura 3 - Micro estação de tratamento da água	26
Figura 4 - Imagem da estrutura de um poço amazonas	26
Figura 5 - Bomba sapo chamada de bomba submersa	27
Figura 6 - Armazenamento da água	27
Figura 7 - Filtro de calcário de dolomita	28
Figura 8 - Filtro de carvão ativado	29
Figura 9 - Caixa para o armazenamento da água tratada quimicamente	30
Figura 10 - Filtro de calcário de dolomita	31
Figura 11 - Filtro de carvão ativado	32
Figura 12 - Tratamento final da água utilizando lâmpada UVC	32
Figura 13 - Recipiente de armazenamento da água tratada disposta para o envase	33

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Percentual de disponibilidade hídrica comparado ao percentual populacional Por região do Brasil	13
Tabela 2 - Rendimentos em toneladas de cultura irrigada e não irrigada no Brasil	20
Tabela 3 - Consumo doméstico de água por atividades	22
Tabela 4 - Quantidade de água necessária para produzir alguns alimentos	23
Tabela 5 - Análise da água direto do poço e reservatório contemplando resultados para os parâmetros físico-químico: turbidez, cor aparente, ferro total e pH	34
Tabela 6 - Análise da água direto do poço e reservatório contemplando resultados para os parâmetros microbiológicos: <i>Escherichia coli</i> e coliformes totais	35
Tabela 7 - Análise da água direto do poço e reservatório contemplando resultado físico para temperatura	36

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	OBJETIVOS	12
2.1	Objetivo geral	12
2.2	Objetivos específicos	12
3	REFERENCIAL TEÓRICO	13
3.1	Água	13
3.1.1	Definições	14
3.1.2	Potabilidade de acordo com a legislação	15
3.1.3	Índice de qualidade da água	16
3.1.4	Características físico-química da água	16
3.1.5	Características microbiológicas da água	17
3.1.6	Doenças relacionadas à água	18
3.1.7	Classificação	18
3.1.7.1	Classificação das águas quanto ao uso predominante	19
3.1.7.2	Classificação das águas quanto a sua localização ao solo	19
3.2	Utilização da água	20
3.2.1	Áreas rurais	20
3.2.2	Centros urbanos	21
3.2.3	Índústria de alimentos	22
4	MATERIAIS E MÉTODOS	24
4.1	Tratamento da água	24
4.1.1	Etapa 1- captação da água e primeiros tratamentos	27
4.1.2	Etapa 2 - primeiro filtro: de calcário de dolomita	28
4.1.3	Produção do carvão ativado a partir do caroço de açaí	28
4.1.4	Etapa - 3 segundo filtro: de carvão ativado produzido do caroço de açaí	29
4.1.5	Etapa - 4 reservatório de água tratada quimicamente	30
4.1.6	Etapa - 5 terceiro filtro: de calcário de dolomita	30
4.1.7	Etapa - 6 quarto filtro: de carvão ativado produzido do caroço de açaí	31
4.1.8	Etapa - 7 armazenamento e tratamento final da água	32
4.2	Análises da água	33
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	34

6	CONCLUSÃO	37
7	SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS	38
	REFERÊNCIAS	39

1 INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural renovável indispensável para a sobrevivência do homem na Terra, sendo descrita como condição essencial da vida de todos os animais e vegetais, encontrada nas diferentes fontes, como lagos, rios, represas e aquíferos subterrâneos, empregada para muitas finalidades, entre as quais apontamos o abastecimento humano e animal, a geração de energia, irrigação, produção de alimentos e indústria (REBOUÇAS, 2006).

A qualidade da água é condição importante, quando se refere a seus principais usos, em particular, o abastecimento humano. Essa utilização tem sofrido restrições significativas em razão de prejuízos nas fontes da água, originários das atividades naturais e resultantes da atuação humana as quais modificam os parâmetros de qualidade e quantidade de água disponível (SOUZA *et al*, 2014).

Diante da relevância da água para a nossa manutenção e da necessidade urgente de manter esse recurso disponível, é comemorado no dia 22 de março o Dia Mundial da Água, criado pela Organização das Nações Unidas (ONU), com a finalidade de estimular a consciência ecológica, alertar as pessoas e governantes para a importância da água doce e proteger o gerenciamento sustentável dos recursos hídricos, deste modo garantindo formas de uma melhor qualidade de vida no planeta. (UNESCO, 2023).

Existem várias maneiras pelas quais o ser humano pode obter o recurso hídrico. Uma delas é de incumbência do poder público, o qual é fornecer aos habitantes a água tendo em consideração a sua qualidade e volume. Outra forma é no manancial subterrâneo, em que a captação pode ser realizada no aquífero confinado ou livre, o último demonstra traços mais suscetíveis à contaminação, em razão da proximidade com a superfície, contudo seu acesso de baixo custo faz com que seja o mais utilizado no Brasil (SILVA; ARAÚJO, 2003).

Segundo Gorski (2010), os centros urbanos enfrentam diversos desafios sociais, econômicos e ambientais, sobretudo nos países em desenvolvimento onde podemos notar a existência de diferenças em muitas situações, entre as quais destacamos a insuficiência de recursos técnicos e monetários a fim de conciliar as questões de infraestrutura urbana e gestão ambiental o qual são maiores.

Com base no art. 6º da Constituição Federal de 1988, estabelece que o direito fundamental à saúde se encontra de modo direto conectado ao saneamento básico, em especial a distribuição de água com qualidade, recurso indispensável para a vida humana (LIMA; RORIZ, 2021). No dia 22 de março de 2023, o Instituto Trata Brasil, publicou dados do Ranking do Saneamento Básico baseado em dados de 2021, em que analisa a disponibilidade de água e esgoto nos 100 municípios de maior relevância do Brasil. Macapá ocupa o 1º lugar no ranking das cidades com índices de saneamento básico mais baixo do Brasil, permanecendo nas dez últimas colocações desde 2014. Portanto, o quadro atual é uma reflexão da falta de planejamento e investimento nesse setor em todos esses dez anos, mostrando uma realidade precária dos habitantes em relação aos serviços básicos. (INSTITUTO TRATA BRASIL, 2023).

Buscam-se desenvolver diante dessa situação problemática, tecnologias alternativas com a finalidade de tornar a água potável e que apresentam características como simplicidade operacional e baixo custo para que sejam implementadas em regiões privadas desse recurso básico para sobrevivência humana. De acordo com Arantes *et al* (2015), sistemas de filtração em múltiplas etapas e filtração lenta são alguns dos tipos indicados. Segundo Nobre (2017) o carvão vegetal, obtido do caroço de açaí (*Euterpe oleracea Mart.*), também pode ser aplicado ao tratamento de água, por constituir em um material que possui alta capacidade de adsorção.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Desenvolver equipamentos para o tratamento microbiológico e físico-químico da água proveniente de poços amazonas do bairro Morada das Palmeiras Macapá - AP.

2.2 Objetivos específicos

- Criar um sistema para o tratamento de água com uso de filtros sustentáveis.
- Desenvolver a melhor forma de montagem para que os filtros possam alcançar os critérios de potabilidade.
- Confirmar através de análise laboratorial se o sistema de filtragem elaborado cumpre com as normas estabelecidas pela legislação vigente de controle de qualidade da água para o consumo humano.
- Assegurar um fornecimento correto de água para os moradores do bairro Morada das Palmeiras Macapá – AP.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Água

A sobrevivência no mundo está diretamente ligada à presença do elemento fundamental que é a água, onde a mesma, apresenta-se na Terra em diferentes estados físicos como: sólido, líquido e gasoso (TUNDISI, 2020). A divisão global de água no planeta demonstra a obrigatoriedade de políticas nacionais e internacionais de gerenciamento e monitoramento de seu uso. Em números aproximados 97,5% da água existente no mundo é salgada, não sendo apropriada ao consumo humano. Dos 2,5% de água doce, apenas 0,3%, correspondem à água doce de rios e lagos renovável. O restante encontra-se nas calotas polares, no gelo e na neve das montanhas. Imediatamente, o uso desse bem precisa ser refletido, para que não afete nenhuma das utilidades que ela tem para a vida humana (SANTILLI, 2001).

O Brasil é um dos países mais abundantes em água no planeta. Estima-se que possui entre 12% e 16% de todas as reservas de água doce presente no mundo. Porém, o país passa por instabilidade na falta de água, e a razão principal é a distribuição desigual de água no Brasil (TUNDISI, 2020). AUGUSTO *et al*, (2012) ressalta que o Nordeste, com 29% da população, enfrenta falta de água em decorrência à baixa incidência de chuvas, crescimento populacional, poluição e o desmatamento, que induzem o aumento na escassez de água. De forma pontual, os estados da região Norte, com aproximadamente 7% da população brasileira, abrigam a maior quantidade de água doce existente no país. Na Tabela 1 apresenta-se o percentual de disponibilidade hídrica comparando com o percentual da população por região do Brasil.

Tabela 1 - Percentual de disponibilidade hídrica comparando com o percentual da população por região do Brasil.

Região	Percentual de disponibilidade hídrica	Percentual da População
Norte	69%	6,8%
Nordeste	3,3%	28,9%
Sudeste	6,0%	42,7%
Sul	6,5%	15,1%
Centro – Oeste	15,7%	6,4%
Total	100%	100%

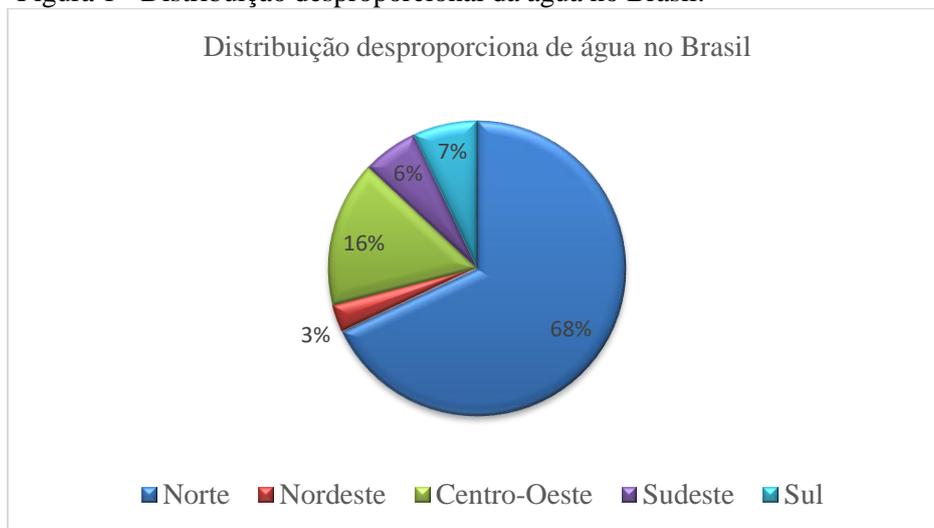
Fonte: Augusto *et al*. (2012).

Conforme dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS(2019) apresentados na Figura 1, o Brasil possui aproximadamente 12% da água doce do planeta. Mas a divisão é desigual no território. Há grande disponibilidade na macrorregião Norte, onde vive

a menor parte dos habitantes. Entretanto, o Sudeste e Nordeste, que representam aproximadamente 69% da população, enfrentam uma situação desfavorável, com menos de 10% do volume disponível para o consumo.

Outro fato é que a água doce não se destina apenas ao consumo humano. Dela dependem ações como irrigação agrícola e produção industrial, dentre outras. A Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) determina que o abastecimento público e o consumo por animais (dessedentação) são prioridades em cenários de pouca oferta hídrica.

Figura 1 - Distribuição desproporcional da água no Brasil.



Fonte: SNIS (2019)

3.1.1 Definições

O tema da água, como elemento indispensável à vida e sobrevivência dos seres humanos e animais, encaixa-se na esfera do Direito Ambiental, tal como parte dos direitos fundamentais. Concernente a isso Barros (2005) descreve a água como um líquido transparente, incolor, com uma matriz azulada quando observada em grande massa. Na sua forma pura, não possui sabor. Apresenta-se nos três estados físicos: sólido, líquido e gasoso, passando do estado líquido para o sólido a 0 °C. Após a ebulição a 100 °C a água vaporiza-se.

A água é formada por dois átomos de hidrogênio e um de oxigênio (H₂O). Nenhuma forma de vida é possível sem água. Inúmeras missões espaciais foram feitas para procurar indícios de água ou de vida em outros planetas como Marte, por exemplo. A imagem do espaço revela a Terra em tons de azul. Essa é a visão que temos de nosso planeta denominado “Água”. Certamente somos privilegiados em termos uma acessibilidade vasta de água em nosso planeta, entretanto ela é limitada. Somos chamados ao confronto por esse bem tão valioso, para

que gerações futuras não possam experimentar os efeitos com a falta de água (SIRVINSKAS, 2013).

A água pode ser descrita como uma substância líquida e insípida, encontrada em grande abundância na natureza. Em estado líquido pode ser encontrada nos mares, rios e lagos. Em estado sólido constitui o gelo e a neve. Em estado de vapor visível na atmosfera formando as nuvens e a neblina e em estado invisível sempre no ar. Por ser de fundamental importância para a existência dos seres vivos a água se faz presente em diversos estados físicos, isso faz com que possamos observar seus ciclos naturalmente (GRANZIERA, 2006).

Para o corpo humano a água é o maior componente único do corpo. Sua contribuição no momento do surgimento da vida é de aproximadamente 75% a 85% do peso corporal total. Com o passar dos anos, essa relação tende a diminuir com a idade e o grau de adiposidade. A água é responsável por grande parte do peso corporal, em um adulto magro representando entre 60% a 70%, contudo em um adulto obeso, a porcentagem é de 45% a 55% (MAHAN;RAYMOND; STUMP; 2012).

3.1.2 Potabilidade de acordo com a legislação

A água disponível na natureza é imprópria para o consumo humano, em razão da existência de componentes que podem afetar negativamente à saúde. Ao longo do tempo o homem desenvolveu técnicas para retirar água das fontes, tratá-la, e em seguida, distribuí-la para o consumo (BRITO, 2013).

No Brasil, a qualidade da água para consumo humano é regulamentada pela Portaria GM/MS N° 888, de 4 de maio de 2021 do Ministério da Saúde, documento que estabelece a qualidade e os parâmetros de potabilidade da água provenientes de; Sistemas de Abastecimento de água (SAA) – redes de distribuição pública; Solução alternativa de abastecimento de água coletiva (SAC) – fontes, mananciais superficiais, poços artesianos comunitários etc.; Solução alternativa de abastecimento de água individual (SAI) – fontes hídricas que atendem um domicílio (poço caipira, água de nascente, água da chuva, rio, lago, córrego etc.); Carro-pipa – veículo equipado com tanque / reservatório, utilizado no transporte de grandes volumes de água. O padrão de potabilidade compreendido na diretriz conta com mais de 100 parâmetros físicos, químicos, radioativos, organolépticos e microbiológicos que regulam o tratamento da água relacionado a qualidade, até a chegada a população em condição de consumo (BRASIL, 2021).

A definição da potabilidade é estabelecida de acordo com as quantidades limites as quais

podem ser toleradas na água de fornecimento concernente aos vários elementos. Para alcançar esse padrão de potabilidade, as amostras devem seguir a legislação vigente do Ministério da Saúde, visando garantir o padrão de potabilidade e os procedimentos de controle de vigilância da qualidade da água para consumo humano. Essa verificação é feita por meio de análises laboratoriais que avaliam os principais parâmetros de qualidade de água (TEIXEIRA *et al.*, 2022).

3.1.3 Índice de qualidade da água

A água para consumo da população necessita passar por diversos processos para a sua devida potabilização, os quais são realizados em estações de tratamento de água (SILVA *et al.*, 2017). Conforme Silva *et al.* (2017), estes processos são definidos como um serviço público fornecido por um conjunto de obras hidráulicas e instalações que são responsáveis pelo fornecimento de água para atendimento das necessidades da população de uma comunidade.

Nesse sentido, a avaliação da qualidade da água desempenha um papel fundamental na sustentação de políticas de planejamento e gestão de recursos hídricos. Ela atua como um sensor de anormalidades, permitindo a identificação do impacto do uso dos corpos d'água sobre suas características qualitativas. Isso, por sua vez, é essencial para subsidiar o controle ambiental com o objetivo de proteger a comunidade e garantir sua saúde, prevenindo riscos (SILVA *et al.*, 2017).

3.1.4 Características físico-químicas da água

O termo qualidade da água, não se refere somente, a um estado de pureza, mas também às características químicas, físicas e biológicas, contidas nesta e, conforme essas características são destinadas a diferentes finalidades (SASSOMA *et al.*, 2015). As atividades humanas que envolvem ocupação e uso do solo têm um impacto significativo nos processos biológicos, físicos e químicos dos ecossistemas naturais. Em uma bacia hidrográfica, essas mudanças podem ser comprovadas ao monitorar a qualidade das águas superficiais (DESOUZA *et al.*, 2015).

Segundo o portal de qualidade da água (ANA 2016), o monitoramento e a avaliação da qualidade das águas superficiais são fatores primordiais para a adequada gestão dos recursos hídricos, esses procedimentos permitem a caracterização e a análise de tendências em bacias hidrográficas, sendo essenciais para várias atividades, tais como planejamento, outorga e

enquadramento dos copos hídricos (PASSOS *et al.*, 2018).

3.1.5 Características microbiológicas da água

A qualidade da água tem como um dos principais indicadores biológicos de qualidade um grupo de bactérias aeróbias ou anaeróbias capazes de fermentar a lactose de 24 a 48 horas a temperatura de 35 a 37 °C, conhecidas como coliformes totais, composto pela *Escherichia coli*, *Citrobacter*, *Klebsiella* e *Enterobacter*.

Portanto, vale ressaltar que existe uma relação entre água, higiene e a saúde, sendo um conceito que acompanha o gênero humano desde o início da civilização (YAMAGUCHI *et al.*, 2013). A ingestão de água contaminada e a ausência de saneamento, quando combinadas, representam a segunda razão principal para a mortalidade infantil, resultando em 1,8 milhão de óbitos de crianças devido às complicações diarreicas em todo o mundo. Isso equivale a uma média de 4.900 mortes diárias (PNUD, 2006). Diante disso, a necessidade de garantir fontes seguras de abastecimento torna-se cada vez mais urgente. Para avaliar a qualidade da água, torna-se crucial considerar diversas variáveis, incluindo características físicas, químicas e microbiológicas (GALVÃO *et al.*, 2006; BORTOLOTTI *et al.*, 2018).

A ausência de proteção vegetal e barreiras ao redor das nascentes pode comprometer a qualidade microbiológica da água. Isso facilita a entrada de enxurradas que podem conter fezes de animais ou mesmo humanas, transportando bactérias multirresistentes e, conseqüentemente, contaminando o recurso hídrico (BORTOLOTTI *et al.*, 2018). Acontaminação da água pode ocorrer tanto no ponto de origem como durante o processo de distribuição, sendo particularmente preocupante em reservatórios privados, sejam eles pertencentes a empresas ou residências. (YAMAGUCHI *et al.*, 2013).

As mudanças na quantidade, na distribuição e na qualidade dos recursos hídricos ameaçam a sobrevivência humana e demais espécies do planeta. O crescimento populacional e o crescimento das atividades econômicas, no meio urbano e no meio rural podem ser citados como causas do consumo elevado e da deterioração desses recursos (ONOHARA *et al.*, 2015).

A análise da qualidade da água fornece subsídios para avaliar os impactos causados pela ação do homem em um meio aquático, possibilitando, por sua vez, seu manejo de forma adequada e até mesmo sua remediação. Em decorrência disso, torna-se indispensável o conhecimento dos usos atuais, de um corpo d'água e a gestão de planejamento para identificar os fatores que afetam a qualidade da mesma (BRASIL, 2006).

3.1.6 Doenças relacionadas à água

As contaminações da água para consumo humano são provenientes da poluição de rios e lagos, por descargas de resíduos humanos, de animais, contaminantes químicos como agrotóxicos e metais pesados. Aproximadamente 80% de todas as enfermidades nos países em desenvolvimento são transmitidas pela água. Sua contaminação é capaz de transmitir inúmeras doenças, uma vez que transporta consigo diversos tipos de patógenos como: vírus, bactérias, protozoários ou organismos multicelulares. Tal fato pode resultar em problemas gastrointestinais. Além desses existem outros organismos que da mesma forma podem infectar as pessoas por contato com a pele ou pela inalação por meio de aerossóis contaminados. Foram identificadas as seguintes bactérias nas águas contaminadas: *Escherichia coli*, *Shigella*, *Campylobacter*, *Salmonella*, *Vibrio*, *Yersinia*, *Mycobacterium*, *Pasteurella*, *Leptospira* e *Legionella*.

Conforme podemos observar, a água é muito importante para a sobrevivência humana, porém em particular a qualidade microbiológica pode funcionar como veículo de transmissão das mais variadas enfermidades como: disenteria, enterite, cólera, hepatite infecciosa, poliomielite, febre tifóide, disenteria amebiana, criptosporidiose, malária, esquistossomose, febre amarela, dengue e ancilostomíase. Essas doenças na maioria das vezes levam a óbito, tudo isso acontece, em razão de nosso descuido com o meio ambiente, e em consequência para com a água. (SIRVINSKAS, 2013).

Por isso é necessário manter a vigilância da água para consumo humano, garantindo acesso à água segura, com qualidade e de acordo com o padrão de potabilidade vigente. As atuações são feitas por meio do Programa de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (Vigiagua), conjunto de medidas elaborado conjuntamente pelo Ministério da Saúde, Secretarias Estaduais de Saúde e Secretarias Municipais de Saúde que analisa a qualidade da água das soluções alternativas coletivas e individuais (ANA, 2022).

3.1.7 Classificação

Em matéria de águas, classificar significa determinar níveis de qualidade para as águas doce, salobras e salinas, em face dos quais destacam-se determinados tipos de uso, mais ou menos exigentes (GRANZIERA, 2001). Acerca disso, Barros (2005) destaca que o método o qual se usa, com finalidade de identificar as águas doces, salinas e salobras é a medida de sal dissolvida nelas. Segundo Fiorillo (2001) é possível classificar as águas: a) quanto ao seu uso predominante e b) quanto a sua localização com relação ao solo

3.1.7.1 Classificação das águas quanto ao uso predominante

A Resolução n.357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) classifica as águas em: águas doces (águas com salinidade igual ou inferior a 0,5%); b) águas salobras (águas com salinidade variando entre 0,5% e 30%); e c) águas salinas (águas com salinidade igual ou superior a 30%. Essa Resolução classifica seus usos em treze classes de qualidade. Aquelas indicadas ao abastecimento humano são enquadradas na classe especial, conforme a mesma Resolução com a condição de que seja feito um processo de desinfecção para essa finalidade. Essa mesma classe compreende águas reservadas à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas e dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral. Em classes de qualidades inferiores pode-se fazer o uso da água para consumo humano, com a condição de que essas passem por tratamentos convencionais ou avançados, objetivando a melhoria das características organolépticas das mesmas como sabor, cor e odor, bem como das físicas, químicas e bacteriológicas (BRASIL, 2005)

3.1.7.2 Classificação das águas quanto a sua localização com relação ao solo

As águas quanto à sua localização ao solo classificam - se em: águas subterrâneas e águas superficiais. As águas superficiais de acordo com Fiorillo (2001) são: as que se mostram na superfície da Terra, dividindo-se em internas (rios, lagos e mares interiores) e externas (mar territorial, alto mar, águas contíguas. Das águas utilizáveis pelo homem, apenas uma pequena fração é composta por águas superficiais. As mesmas podem conter substâncias químicas, minerais e orgânicas de origem vegetal ou animal. Essas águas estão frequentemente expostas a toda espécie de poluição, portanto são impróprias para o consumo humano (PAULOS, 2008).

As águas subterrâneas são aquelas que se encontram abaixo da superfície terrestre, preenchem totalmente os poros das rochas e dos sedimentos, dessa forma constituem os chamados aquíferos (HIRATA, 2018). De acordo com TSUTIYA (2006) a construção de um aquífero é possível em diversos tipos de rocha, sedimentar, ígnea ou metamórficas, sendo necessário apenas apresentar os aspectos de porosidade e permeabilidade. Aproximadamente 95% do total de águas subterrâneas ocorre em rochas sedimentares, mas somente 5% da crosta terrestre é formada por esse tipo de rocha.

3.2 Utilização da água

3.2.1 Áreas rurais

A irrigação é realizada desde as antigas civilizações, que se desenvolveram em regiões secas. Corresponde à atividade agrícola que emprega um conjunto de equipamentos e técnicas para suprir a escassez total ou parcial de água às plantas, para que estas possam produzir de forma adequada. A irrigação está presente no nosso dia a dia, seja nos gramados de campo de futebol ou quando nos alimentamos de arroz, feijão, legumes, frutas e verduras, alimentos produzidos em grande medida sob irrigação. No Brasil a irrigação teve origem na década de 1900 para o cultivo de arroz no Rio Grande do Sul, tendo se consolidado como importante polo de irrigação desde os dias atuais. A grande intensificação da prática para outras regiões ocorreu a partir das décadas de 1970 a 1980. Com o avanço contínuo e persistente, novos polos surgiram nos últimos anos. A irrigação é essencial em regiões áridas e semiáridas, assim como o Semiárido brasileiro, onde a segurança produtiva é bastante afetada pela falta contínua de água, reduzida apenas no período mais úmido, entre dezembro e março, onde algumas culturas de sequeiro ainda podem ser produzidas. Na Tabela 2, observamos um dos potenciais benefícios da irrigação, o aumento da produtividade em relação à agricultura de sequeiro (ANA, 2021).

Tabela 2 - Rendimentos em toneladas de cultura irrigada e não irrigada no Brasil.

Cultura	Irigada	Não irrigada
Trigo	4.930t	2.550t
Arroz	7.240t	1.970t
Feijão	2.530t	1.290t

Fonte: ANA (2021).

Dados da produção de grãos básicos que atualmente fazem parte do hábito alimentar do brasileiro, apontam que a produção predominante irrigada apresentou respectivamente rendimentos, 2 a 3 vezes maior a produção de sequeiro (média 2010 – 2019) (ANA, 2021).

Na atualidade, a agricultura é responsável por 69% das retiradas de água em âmbito global, que é utilizada principalmente para irrigação, porém da mesma forma inclui a água para rebanhos bovinos e aquicultura. Essa proporção pode chegar a 95% em alguns países em crescimento (UNESCO, 2021).

Conforme dados da ANA (2019), no Brasil 49,8% do uso da água é para irrigação, prática fundamental para garantir a produção de alimentos para a população desde o início da civilização. O relatório da Organização das Nações Unidas para Alimentação e a Agricultura

(FAO), prevê que a disputa pela água aumente como resultado das alterações dos hábitos alimentares. A proposta de que as alimentações se modifiquem à medida que os países se desenvolvem economicamente, está associada ao aumento de riqueza, ao acesso a alimentos mais baratos, à expansão dos mercados alimentares mundiais e a urbanização. As mudanças alimentares incluem uma substituição de cereais não processados para alimentos altamente processados, produtos pecuários e culturas de alto valor como frutas e óleos comestíveis, do qual o consumo deve continuar aumentando, especialmente em países de baixa renda e classe média baixa. Estas mudanças influenciam a procura pela água na agricultura, em razão de produtos pecuários e os óleos necessitam de mais água do que cereais, raízes ricas em amido, frutas e vegetais (FAO, 2020).

3.2.2 Centros urbanos

Estudos da ANA (2019) indicam o abastecimento urbano como o segundo setor que mais utiliza água, 24,3% do total. A expansão da população e o surgimento de imensos aglomerados urbanos exercem grande influência sobre os recursos hídricos (OLIVEIRA; MORAES, 2017). O crescimento urbano se acelerou na segunda metade do século XX, com a centralização da população em espaço limitado ocasionando grande disputa pelos mesmos recursos naturais (solo e água), devastando parte da diversidade natural. O ambiente constituído pelo meio natural e pela população (socioeconômico urbano) é um ser vivo e dinâmico que produz um conjunto de impactos interligados, que sem controle pode levar a cidade ao caos (TUCCI, 2008).

O abastecimento correto de água, em termos de quantidade e qualidade, é essencial para o avanço socioeconômico, com impacto imediato sobre as condições de saúde e bem-estar dos habitantes, visto que se encontra envolvido com o controle e prevenção de doenças, prática de hábitos higiênicos e aumento da expectativa de vida e produtividade econômica. Sua escassez pode estimular a procura por fontes alternativas, levando ao consumo de água com qualidade sanitária precária (ARAUJO *et al*, 2019).

A utilização da água nos centros urbanos engloba seu uso no consumo doméstico, consumo comercial e consumo público. O consumo doméstico refere-se à ingestão, às atividades higiênicas, limpeza ao preparo de alimentos e outros usos. É evidente a relação da água para consumo doméstico em qualidade e quantidade deficitário e a potencial ocorrência de diversas doenças de contaminação hídrica. Desse modo é essencial que as populações tenham acesso a água com qualidade e quantidade, objetivando principalmente a prevenção

de doenças. (HELLER; PÁDUA, 2010). Na Tabela 3 são apresentadas as quantidades utilizadas de água para os diferentes usos domésticos.

Tabela 3 - Consumo doméstico de água por atividades.

Atividade	Quantidade em litros
Descarga no vaso sanitário tradicional	10 - 16L
Minuto no chuveiro	15L
Lavar roupa em tanque	150L
Lavar as mãos	3 - 5L
Lavar roupa na máquina de lavar	150L
Escovar os dentes com a torneira ligada	11L
Lavagem de automóvel com mangueira	100L
Lavar louça em lava-louça	20 - 25L

Fonte: Barros (2005).

O uso comercial compreende, entre outras o consumo de água por restaurantes, escolas e hospitais particulares, hotéis, postos de gasolina, bares e oficinas mecânicas. A demanda de água para utilização pública refere-se à manutenção de jardins, parques, aeroportos, terminais rodoviários, monumentos, prevenção contra incêndios, limpeza de vias, dentre outros, como também o fornecimento para os próprios prédios públicos como órgãos governamentais, prefeituras, hospitais e escolas públicas. (HELLER; PÁDUA, 2010).

3.2.3 Indústria de alimentos

A indústria de alimentos é sempre valorizada no mercado e presente no dia a dia das pessoas, e têm evidenciado crescimento nos últimos anos. Como indica a Associação Brasileira das Indústrias de Alimentação, a indústria brasileira de alimentos e bebidas integrou PIB brasileiro com uma contribuição de 10,8%, como também apresenta dados de exportação para 190 países, ficando em segundo lugar como maior exportador de alimentos (ABIA, 2022).

As indústrias de alimentos são consumidoras significativas de água. Dependendo do processo industrial a água pode ser usada para diversos usos entre os quais temos: produto principal, a fabricação de refrigerantes e cervejas, higienização e limpeza de equipamentos, transporte de calor como fluido de aquecimento ou resfriamento, incluindo geração de vapor e preparação de matérias-primas. As indústrias podem necessitar de água com vários padrões de potabilidade, desde uma água com alto grau de pureza no caso de usos na produção de alimentos, em razão dela, exercer influência diretamente a qualidade final do produto, sendo a mesma água também utilizada para limpeza e higienização de equipamentos devido a contaminação por microrganismo precisa do uso de água dentro dos padrões de potabilidade vigente. Porém as

normas de qualidade são menos rigorosas para outros destinos como, por exemplo, a água utilizada em sistemas de refrigeração. Em relação a quantidade de água correta para a capacidade de produção é o porte da indústria que irá definir (MIERZWA; HESPANHOL, 2006). Na Tabela 4 são apresentadas as quantidades de água necessária para produzir alguns alimentos.

Tabela 4 - Quantidade de água necessária para produzir alguns alimentos.

Para produzir	Quantidade em litros
1k de batata	500L
1k de trigo	900L
1k de arroz	1.900L
1k de frango	3.900L
1k de carne	15.000L
1k de verdura	1.000L
1k de cereal	1.500L
1k de pão	150L

Fonte: Barros (2005); Sirvinskas (2013).

Todo estabelecimento industrial destinado a produção alimentícia deve ter instalações apropriadas para o tratamento da água quando necessário, armazenamento e distribuição, com a finalidade de assegurar segurança e a adequação dos alimentos fabricados. O tratamento da água compreende o emprego de diversas operações para adaptar a água de diferentes fontes aos padrões de qualidade e potabilidade, agora definidos na Portaria GM/MS nº888/2021 do Ministério da Saúde. De maneira geral o abastecimento pode ser proveniente de rede pública ou rede de abastecimento da própria indústria. A fonte de água da rede de abastecimento da indústria pode ser de superfície e ou/ manancial subterrâneo. Ter um controle de qualidade da água é de grande importância para garantir a segurança e a qualidade final dos alimentos ofertados ao consumidor (BRASIL, 2021).

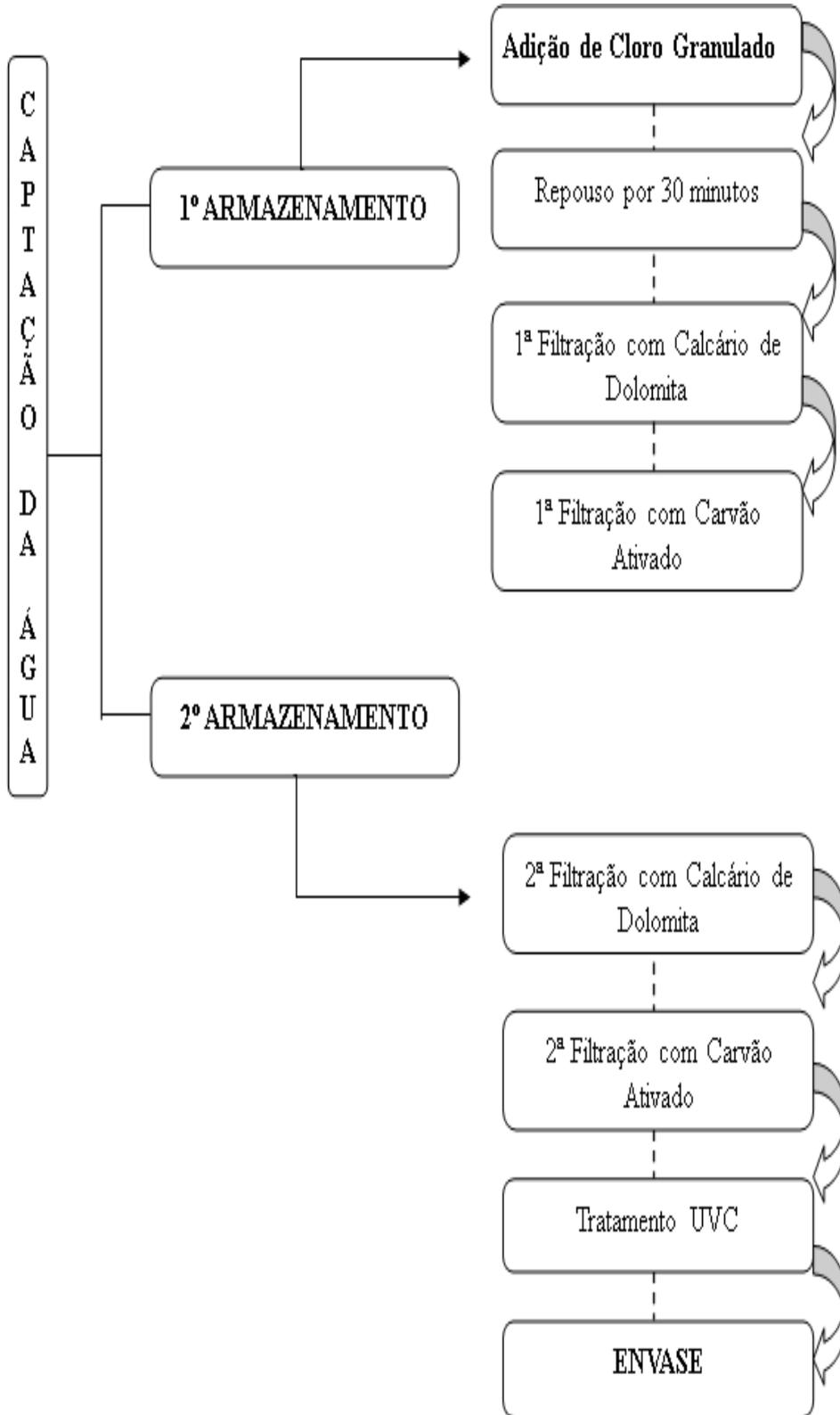
4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Tratamento da água

A ideia de desenvolver um projeto para tratar a água surgiu a partir de um estudo de campo no bairro Morada das Palmeiras localizado no município de Macapá – AP, onde visitamos moradores do bairro para identificar qual a fonte de água que eles utilizavam. A maioria respondeu que tinha poços amazonas ou artesianos, no qual o consumo era sem tratamento. Diante dessas informações surgiu a necessidade de desenvolver um projeto que trouxesse solução para essa problemática, visando proporcionar uma melhor qualidade de vida aos moradores com acesso a água potável. Considerando que quando a água não é tratada ela se torna um grande vetor de doenças e infecções, podendo trazer danos a curto e longo prazo à saúde do ser humano. O projeto da micro estação de tratamento foi criado com capacidade para tratar 150l de água por 24 horas, em sistema de filtração lenta composto por reservatórios, filtros de carvão ativado, filtros de calcário de dolomita e o tratamento final com lâmpada germicida UVC.

Esse projeto pode atender outros bairros ou localidades de difícil acesso e comunidades ribeirinhas, podendo ser produzida em larga escala a partir das necessidades da população.

Figura 2 - Fluxograma do sistema de tratamento da água



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

O desenvolvimento do projeto de um micro estação de tratamento de água (Figura 3) no bairro Morada das Palmeiras, localizado na cidade de Macapá-AP, tem início nos poços amazonas (Figura 4). O sistema de tratamento da água tem a capacidade de tratar 150l de água por 24 horas.

Figura 3 - Micro estação de tratamento da água.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Figura 4 – Imagem da estrutura de um poço amazonas.



Fonte: ANA, (2016).

4.1.1 Etapa 1 - captação da água e primeiros tratamentos

A captação da água no poço Amazonas pode ser realizada de duas maneiras: a primeira manualmente com auxílio de corda e recipiente de plástico para puxar a água até a superfície.

A segunda é através de bombeamento. O processo de captação da água para o tratamento se fez com o auxílio de uma bomba sapo de 350 W (Figura 5). A água foi captada diretamente

do poço amazonas e armazenada em uma caixa de água com capacidade para 150l (Figura 6). A caixa d'água permaneceu cheia por 12 horas. Em seguida foi realizada a cloração, com adição 0,24g de cloro granulado a 65%.

Figura 5 - Bomba sapo chamada de bomba submersa.



Fonte: Mercado livre, (2023).

Figura – 6 Armazenamento da água.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

4.1.2 Etapa 2 - primeiro filtro: de calcário de dolomita

Após 30 minutos de cloração, a água passou pelo primeiro filtro de calcário de dolomita, dando início ao processo de filtragem da água, com a finalidade de retirar possíveis sujidades presentes na água e eliminar resíduos do cloro. O filtro foi fabricado com material 100% PVC, com as seguintes medidas: 70cm de comprimento e 150mm de diâmetro. Acima da peneira constituinte, havia uma tubulação com suspiro (para diminuição da resistência do ar). As conexões utilizadas na montagem do sistema eram de ½ polegada por 20 mm. A colagem foi

realizada com uso de resina acrílica. O filtro continha uma entrada de água na parte superior e saída na parte inferior, como mostrado na figura 7.

Figura 7 - Filtro de calcário de dolomita.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

O processo de montagem do filtro foi realizado em duas etapas: A primeira consistiu na inserção da peneira juntamente com algumas camadas de elementos filtrantes, ou seja, uma capa de carpete não resinado, seguindo de uma cama de tela de nylon de 70 mm, e uma camada de tecido de algodão cru. A segunda etapa foi realizada a partir da adição de uma camada com aproximadamente 10 cm de calcário de dolomita lavado. Para finalização, utilizou-se outra camada de elementos filtrantes, uma camada de carpete não resinado, seguindo de uma cama de tela de nylon de 77 mm, e uma camada de algodão cru. Após passar por todo o processo do filtro, a água foi transferida para o próximo processo de filtragem.

4.1.3 Produção do carvão ativado a partir do caroço de açai (*Euterpe oleracea Mart.*)

A produção do carvão ativado ocorreu da seguinte maneira: foi lavado 30k de caroço de açai (*Euterpe oleracea Mart.*), em seguida realizada a ativação química com 960g de Hidróxido de sódio dissolvido em 24L de água, a solução foi dividida em 2 baldes, logo após os caroços de açai (*Euterpe oleracea Mart.*) foram inseridos, permanecendo imersos por 12 horas. Decorrido o tempo procedeu-se a secagem por 12 horas sob o sol, após foi feita a queima por 6 horas em forno de fabricação artesanal a 600°C. Posteriormente ocorreu a moagem, em um moedor caseiro.

4.1.4 Etapa 3 - segundo filtro: de carvão ativado produzido do caroço de açai (*Euterpe oleracea Mart.*)

Nessa etapa, a filtragem foi realizada através da passagem da água pelo filtro de carvão ativado feito a partir do caroço de açai (*Euterpe oleracea Mart.*). Essa etapa da filtragem teve como propósito, realizar a retirada de possíveis sujidades ainda presentes na água, e eliminar resíduos do cloro. A água passou do filtro superior - conforme descrição do processo - para o filtro de carvão ativado. Esse filtro foi fabricado com tubos de PVC de 40mm, conexões de T de 40 mm, e tampão de 40 mm. No centro do filtro foi instalado um cano que atua como suspiro para retirada da resistência do ar. A água entrou na parte superior e saiu a parte inferior do filtro conectados a caixa d'água do processo seguinte.

Figura 8 - Filtro de carvão ativado.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

O processo de montagem do filtro de carvão ativado foi realizado da seguinte maneira: entre os conectores “T”, havia uma camada de 3 cm de carvão ativado, que foi sustentada por uma tela de nylon de 77 mm, presa a um anel de PVC, fixado com cola de resina acrílica. Essa estrutura esteve presa nas extremidades superiores e inferiores pela tela de nylon de 77 mm, que teve como finalidade fazer a contenção da camada de carvão ativado para o processo de filtragem. O filtro principal foi formado por um conjunto de 10 mini filtros de carvão ativado, que fez o processo contínuo de filtragem e tratamento da água.

4.1.5 Etapa 4 - reservatório da água tratada quimicamente

Após a água passar pelos primeiros ciclos de tratamentos químicos prévios ocorridos nos processos anteriores, conforme descrito nas etapas acima, a água foi tratada quimicamente e ficou armazenada em uma caixa d'água com a capacidade para 100L (Figura 9). Em seguida, aconteceu a distribuição pela força da gravidade para a filtragem lenta que ocorreu nos filtros seguintes, para a correção do pH.

Figura 9 - Caixa para o armazenamento da água tratada quimicamente.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

4.1.6 Etapa 5 - terceiro filtro: de calcário de dolomita

Nessa etapa, a água passou por uma segunda filtragem, dessa vez, no filtro de calcário de dolomita. A construção do filtro se fez da seguinte maneira: com dois recipientes de plástico, um com capacidade para 14 kg, no qual realizaram-se pequenos furos no fundo do recipiente em forma de peneira para facilitar a filtragem da água para o recipiente externo que tem a capacidade para 15 kg. Na parte superior do balde foi colocado os elementos filtrantes como: carpete não resinado, tela de nylon 77 mm, tecido de algodão cru, uma camada de 5 cm de calcário de dolomita, e finalizado com mais uma camada de elementos filtrantes, carpete não resinado, tela de nylon de 77 mm, e tecido de algodão cru.

Esse filtro possui um cano localizado em uma das laterais da parte de dentro do balde, que atua como suspiro com a função de retirada da resistência do ar, possuindo também, uma boia para controlar o nível da água. E em seguida a água desse filtro passou por capilaridade para o filtro seguinte que será o de carvão ativado (Figura 11).

Figura 10 - Filtro de calcário de dolomita.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

4.1.7 Etapa 6 - quarto filtro: de carvão ativado do caroço do açaí (*Euterpe oleracea Mart.*)

Após passar pela etapa do terceiro filtro, a água percorreu pelo filtro de carvão ativado de caroço do açaí (*Euterpe oleracea Mart.*) que seguiu a mesma linha de montagem do filtro anterior. Consiste em um filtro fabricado com dois recipientes. O recipiente interno tem capacidade de 14 kg, possui pequenos furos no fundo do recipiente em forma de peneira para facilitar a filtragem da água, para o balde externo, que tem 15 kg.

Na parte de cima no recipiente interno foram colocados elementos filtrantes como: carpete não resinado, tela de nylon 77 mm, tecido de algodão cru, uma camada de 3 cm de carvão ativado, e finalizado com mais uma camada de elementos filtrantes, repetindo as camadas de carpete não resinado, tela de nylon de 77 mm, e tecido de algodão cru. Esse filtro possui um cano localizado em uma das laterais da parte de dentro do recipiente que teve como finalidade fazer a retirada da resistência do ar. Todos os filtros têm a entrada de água na parte acima do filtro, e a saída na parte abaixo do filtro, e interligadas por engates de 1/2 polegada. Após passar por todo o processo do filtro a água foi transferida para um reservatório onde ficará armazenada até o próximo passo, como mostrado na (Figura 12).

Figura 11 - Filtro de carvão ativado.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

4.1.8 Etapa 7 - armazenamento e tratamento final da água

Após a passagem da água por todos os processos descritos anteriormente bem como, tratamento e filtragem, a água ficou armazenada no recipiente (balde de 15 kg) (Figura 12), onde recebeu uma carga de raio UVC, produzida por uma lâmpada germicida de 15 W (Figura 12) com a finalidade de fazer a desinfecção e esterilização total da água, sem utilização de produtos químicos. Dessa forma, todas as bactérias, vírus, fungos e protozoários foram eliminados pelo raio UVC produzido. O UVC atua diretamente nos microrganismos, alterando o material genético das células, tornando-as inócuas impedindo assim sua reprodução. A radiação UVC é conhecida por promover a ação germicida e por tratar a água, tornando a potável.

Figura 12 - Tratamento final da água utilizando lâmpada UVC.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Antes do envase, a água deve ser submetida à incidência da luz pelo período mínimo de 15 segundos.

Figura 13 - Recipiente de armazenamento da água tratada disposta para o envase.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

4.2 Análises da água

As análises físico-químicas e microbiológicas foram realizadas em um laboratório contratado localizado na cidade de Macapá – AP, o mesmo, cumpre com as normas da Agência Nacional de Vigilância Sanitária. As metodologias analíticas para determinação dos parâmetros previstos na legislação foram realizadas atendendo as normas internacionais “*Standart Methods*” (YOUNG *et al.*, 2005).

Para a amostra de água coletada do poço amazonas, as mãos foram lavadas com água e sabão, e em seguida secas com papel toalha. Posteriormente colocou - se as luvas, máscara no rosto e touca na cabeça (métodos seguidos para prevenir a propagação de germes e garantir segurança nos resultados).

A seguir foi feita a limpeza da torneira que recebe a água captada do poço amazonas, com um pedaço de algodão embebido em álcool 70%. Posteriormente, a torneira foi aberta e permaneceu por 2 minutos fluindo. Passado o período pré-determinado, foi feita a coleta de 500 ml da água. Subsequentemente o frasco foi tampado e identificado, com anotação a hora, data, endereço e o nome da pessoa responsável pela coleta. Após identificação da amostra, os frascos foram inseridos em uma caixa térmica adequada e encaminhados ao laboratório.

A amostra do reservatório (água tratada) foi coletada seguindo os procedimentos operacionais padronizados descritos na primeira amostra.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados referentes a caracterização físico-química da água não tratada e da água tratada no sistema desenvolvido neste trabalho são mostrados na Tabela 5.

Tabela 5 - Análise da água direto do poço e reservatório contemplando resultados para os parâmetros físico-químico: turbidez, cor aparente, ferro total e pH.

Parâmetros físico – Químico	Amostra poço	Amostra Reservatório	Limite
Turbidez (UNT)	0,12	2,2	5
Cor Aparente (mgPt/L)	0,0	10	15
μH			
pH	4,91	7,33	6,0 a 9,5
Ferro Total (mg/L) Fe	0,010	0,015	0,3

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

A turbidez mede a quantidade de partículas sólidas em suspensão na água. Tanto as amostras do poço quanto do reservatório apresentaram valores de turbidez bem abaixo do limite aceitável de 5 (UNT). Isso sugere que a água estava relativamente clara. Sobre os valores para turbidez do poço, o estudo de Da Costa *et al.* (2018), obteve resultados de turbidez da água dos poços analisados entre 3,4 a 0,10 (UNT), valores dentro dos valores máximos permitidos pela legislação.

Segundo a Portaria nº 2.914/2011 do MS, o valor máximo permitido de turbidez para água que tem como finalidade abastecimento público e que visa a potabilidade de qualidade para consumo é equivalente a 5 UNT (BRASIL, 2011). Para Da Silva Brito *et al.* (2021), mesmo que a água esteja com sua aparência satisfatória, incolor, sem turvações e cheiro, ela ainda pode estar inadequada para utilização, dependendo assim de uma análise de seus parâmetros físicos, químicos e biológicos para que seja liberada para o consumo humano. A cor aparente refere-se à intensidade da cor da água. A amostra do poço não houve valor, tal resultado demonstra que a água estava incolor. No entanto, a amostra de água do reservatório, apresenta um valor de 10 mgPt/L, ainda que esses dados estejam dentro do limite aceitável de 15 mgPt/L, a amostra do reservatório apresentou cor, ou seja, a água não estava incolor.

O pH mede acidez ou alcalinidade da água. O valor de pH no poço é de 4,91, sendo uma característica dessa região ter o pH mais ácido, o que indica uma acidez moderada. Esse valor indicou que a água do poço estava abaixo da faixa recomendada de pH para a água potável (6,0 a 9,5). De acordo com a portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde, recomenda-se que num sistema de distribuição voltado para abastecimento público o pH da água seja mantido na

faixa de 6,0 a 9,5 (BRASIL 2011). O valor de pH no reservatório é de 7,33, mostrando-se dentro da faixa recomendada. Portanto, o sistema de tratamento que foi desenvolvido consegue realizar essa padronização do pH.

Os resultados acerca das condições microbiológicas das amostras captadas no presente estudo são observados na Tabela 6.

Tabela 6 - Análise da água direto do poço e reservatório contemplando resultados para os parâmetros microbiológicos: *Escherichia coli* e coliformes totais.

Parâmetros microbiológicos	Amostra poço	Amostra Reservatório	Limite
<i>Escherichia coli</i>	Ausência	Ausência	Ausência
Coliformes Totais	Presença	Ausência	Ausência

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

A presença de *Escherichia coli* na água é um sinal grave de contaminação fecal. No entanto, ambas as amostras (do poço e do reservatório) não mostram a presença de *Escherichia coli*, o que é positivo e está em conformidade com os padrões de segurança. A ausência desta bactéria é crucial para que a água seja segura para o consumo humano.

A presença de coliformes totais na água pode indicar contaminação por matéria orgânica e, ambientalmente, por microrganismos patogênicos. Neste caso, uma amostra a do poço mostra a presença de coliformes totais, que está fora dos padrões da legislação de ausência. No entanto, a amostra do reservatório não mostra a presença dessa bactéria, o que é positivo. A presença de coliformes totais no poço indica a necessidade urgente de tratamento para tornar a água segura para o consumo humano. Resultados similares a estes foram encontrados por Saling *et al.* (2017) e Silva; Barbosa & Silva (2016), quando analisaram a água de poços dos municípios de Colinas (RS) e Carmo do Rio Verde (GO), respectivamente e detectaram a presença de coliformes totais em todas as amostras válidas.

Tanto a amostra do poço quanto o reservatório apresentam níveis de ferro total bem abaixo do limite recomendado. Isso indica que a água não possui uma quantidade significativa de ferro, o que é positivo, pois altos níveis de ferro podem afetar o sabor da água e causar problemas de saúde.

Conforme destacado por Brito (2013), a avaliação do teor de ferro em águas subterrâneas destinadas ao consumo humano é crucial devido às suas características organolépticas. O acúmulo desse elemento em órgãos como fígado, pâncreas e coração está associado a condições graves, incluindo cirrose, tumores hepáticos, diabetes mellitus e insuficiência cardíaca. Além disso, altas concentrações de ferro podem levar à produção

excessiva de radicais livres, que atacam as moléculas celulares, aumentando assim o potencial carcinogênico das células (TEIXEIRA *et al.*, 2022).

Os resultados das amostras referentes a temperatura da água são apresentados na Tabela 7.

Tabela 7 - Análise da água direto do poço e reservatório contemplando resultado físico para temperatura.

Parâmetro físico	Amostra poço	Amostra reservatório	Limite
Amostra (°C)	25,0	25,0	-
Amostra (°C)	31,0	31,0	-

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

A tabela (7) apresenta a análise da temperatura da água em amostras coletadas diretamente do poço e do reservatório, bem como a temperatura ambiente no momento da coleta. Ambas as amostras de água, do poço e do reservatório, têm uma temperatura de 25,0 °C, enquanto a temperatura ambiente durante a coleta foi de 31,0 °C. As Resoluções nº 357/2005 do CONAMA não estabelecem valores de temperatura para classificação de corpos hídrico (ONOHARA *et al.*, 2015).

Essa análise é importante para entender a temperatura da água em relação ao ambiente ao seu redor. Em geral, a temperatura da água pode afetar a solubilidade das substâncias contidas nelas, bem como influenciar os processos biológicos que ocorrem na água. No entanto, neste caso específico, as temperaturas da água estão em conformidade com a temperatura ambiente, o que sugere que não há anomalias específicas nesse aspecto.

É fundamental monitorar a temperatura da água, especialmente em sistemas de abastecimento, para garantir que ela esteja dentro dos limites adequados para diversos usos, como consumo humano, processos industriais e suporte à vida aquática. O resultado obtido no estudo sobre a temperatura da água se mostrou dentro dos limites esperados.

Em conformidade com o que foi descrito a respeito da temperatura da água está o estudo de Ana (2016), referindo que os organismos aquáticos, bem como alguns parâmetros físico-químicos podem ser afetados pela temperatura da água. Este parâmetro apresenta variação natural ao longo do dia e das épocas do ano, entretanto, corpos hídricos que recebem efluentes com temperatura muito alta ou baixa pode causar uma variação brusca neste parâmetro, alterando consideravelmente a temperatura da água, o que pode gerar danos ao corpo d'água e os organismos que lá habitam (ANA, 2016; PASSOS *et al.*, 2018).

6 CONCLUSÃO

O trabalho permitiu explorar o conhecimento e desenvolver um equipamento para o tratamento microbiológico e físico-químico da água proveniente de poços amazonas, o qual poderá corroborar com os moradores do bairro Morada das Palmeiras na cidade de Macapá no estado do Amapá. Em suma, o estudo realizado proporcionou uma análise detalhada da qualidade da água, os resultados revelaram uma série de informações cruciais sobre a segurança e a adequação dessa fonte de água para consumo humano. A avaliação abrangeu uma variedade de parâmetros, incluindo turbidez, cor aparente, pH, presença de *Escherichia coli*, coliformes totais, níveis de ferro total e temperatura.

Tanto a amostra do poço quanto o reservatório continham níveis aceitáveis de turbidez, fornecendo água relativamente clara, embora a amostra do poço tenha mostrado presença de coliformes totais, sinalizando a necessidade de tratamento urgente. No entanto, ambas as amostras continham livres de *Escherichia coli*, o que é crucial para a segurança do consumo humano. Os níveis de ferro total estavam dentro dos limites aceitáveis, e as temperaturas da água estavam em conformidade com a temperatura ambiente no momento da coleta.

Esses resultados salientam a importância da avaliação contínua da qualidade da água, destacando a necessidade urgente de intervenções no poço para eliminar a presença de coliformes totais, garantindo que a água seja segura e adequada para consumo pela comunidade local, buscamos soluções inovadoras e acessíveis para tornar a água potável. Tecnologias alternativas, como sistemas de filtração em várias etapas e a utilização de materiais naturais como carvão ativado de caroço de açaí, oferecem esperança para comunidades que enfrentam dificuldades no acesso à água potável.

Em última análise, a questão da água vai além de uma necessidade básica; é um direito fundamental do ser humano. Portanto, é de suma relevância que a comunidade global, os governos e as organizações trabalhem juntos para preservar, proteger e fornecer acesso equitativo a este recurso vital, garantindo um futuro mais promissor para todos.

7 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

- Realização de análise laboratorial com o objetivo de avaliar outros parâmetros de qualidade da água, tendo em vista que a Portaria GM/MS N° 888 de 04 de maio de 2021 determina mais de 100 parâmetros de potabilidade e o presente trabalho fez análise de 07.
- Pesquisas sobre outros materiais com capacidade de adsorção, que possam ser usados em substituição ao carvão produzido a partir do caroço de açaí, pois mesmo apresentando uma grande importância a não geração de resíduos, visando a reciclagem e reutilização. Todavia para a realização deste trabalho o método que apresentou melhor eficiência para purificação da água, foi a produção do carvão que utilizou para queima do caroço de açaí o gás GLP, dessa maneira se tornou oneroso.

REFERÊNCIAS

ABIA. Associação Brasileira da Indústria de Alimentos. **Números do setor de alimentos 2022**. Disponível em: <https://abia.org.br/numeros-setor>. Acesso em: 25 ago. de 2023.

ARANTES, C. C.; PATERNIANI, J. E. S.; RODRIGUES, D.C.; HATORI, P. S.; PIRES, M.S.G. Diferentes formas de aplicação da semente de Moringa oleífera no tratamento de água. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 19, n.3. p. 266-272, 2015.

ARAUJO, L. F., CAMARGO, F. P., NETTO, A. T., VERNIN, N. S., ANDRADE, R. C. Análise da cobertura de abastecimento e da qualidade da água distribuída em diferentes regiões do Brasil no ano de 2019. **Ciência & Saúde Coletiva**. Disponível em: <http://cienciaesaudecoletiva.com.br/artigos/analise-da-cobertura-de-abastecimento-e-da-qualidade-da-agua-distribuida-em-diferentes-regioes-do-brasil-no-ano-de-2019/18287?Id=18287>. Acesso em: 11 out de 2023.

AUGUSTO, L. G. S. et al. O contexto global e nacional frente aos desafios do acesso adequado à água para consumo humano. **Ciência & Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 17, n. 6, 2012.

BARROS, W. P. **A água na visão do direito**. Porto Alegre: [s.n.], 2005.

BORTOLOTTI, K. da C. S. *et al.* Qualidade microbiológica de águas naturais quanto ao perfil de resistência de bactérias heterotróficas a antimicrobianos. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 23, p. 717-725, 2018.
Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1413-41522018169903>. Acesso em 11 out. de 2023.

BRASIL. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) **Usos da água**. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/gestao-das-aguas/usos-da-agua>. Acesso em: 7 set. 2023.

BRASIL. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. 2. ed. Brasília: ANA, 2021. **Atlas irrigação: uso da água na agricultura irrigada**. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/usos-da-agua/irrigacao>. Acesso em: 4 out. 2023.

BRASIL. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. (ANA). **Vigiagua**. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/composicao/svsa/saude-ambiental/vigiagua/vigiagua>. Acesso em: 25 ago. 2023.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria GM/MS n. 888, de 4 de maio de 2021. **Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade**. Brasília – DF. 2021.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria n. 2.914, de 12 de dezembro de 2011. **Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade**. Disponível em: http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html. Acesso em: 10out. 2023.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano**. Brasília: Ministério da Saúde, 2006.

Disponível em:

https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/vigilancia_controle_qualidade_agua.pdf. Acesso em: 10 out. 2023.

BRASIL. Resolução CONAMA 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, Seção 1, p. 58-63. 2005.

BRITO, F. E. da S. *et al.* Análise microbiológica da qualidade da água do povoado Barra Nova, Cocal de Telha–Piauí, Brasil. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, v. 6, n. 3, p. 174-182, 2021

BRITO, Priscila Nazaré de Freitas. **Qualidade da água de abastecimento em comunidades rurais de várzea do Baixo Rio Amazonas**. 2013. 50 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciências Ambientais) – Universidade Federal do Amapá, Macapá, AP, 2013.

COSTA, T. A. C. R. da *et al.* Avaliação da qualidade de águas de poços cacimbas e rasos no município de Humaitá-AM. **EDUCAmazônia**, v. 20, n. 1, p. 157-172, 2018.

Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7814539>. Acesso em: 11 out de 2023.

FAO. 2020. O Estado da Alimentação e da Agricultura 2020. **Superando os desafios hídricos na agricultura**. Roma.

Disponível em: <https://doi.org/10.4060/cb1447>. Acesso em: 1 out. de 2023.

FIORILLO, C. A. P. **Curso de Direito Ambiental Brasileiro**. 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2001. p. 100.

GALVÃO, J. A. *et al.* Características físico-químicas e microbiológicas (*Staphylococcus aureus* e *Bacillus cereus*) da água e dos mexilhões cultivados na região de Ubatuba, SP.

Ciência e Agrotecnologia. v. 30, p. 1124-1129, 2006.

GORSKI, M.C.B. **Rios e cidades: ruptura e reconciliação**. São Paulo: Senac, 2010.

GRANZIERA, M. L. M. **Direito de águas: disciplina jurídica das águas doces**. São Paulo: Atlas, 2001.

GRANZIERA, M. L. M. **Direito das águas: disciplina jurídica das águas doces**. 2 ed. São Paulo: Atlas, 2006.

HELLER, L.; PÁDUA, V. L. de (orgs.). **Abastecimento de água para consumo humano**. Belo Horizonte: UFMG, 2010.

HIRATA, R. **A revolução silenciosa das águas subterrâneas no Brasil: uma análise da importância do recurso e os riscos pela falta de saneamento**. [S.l.]: Instituto Trata Brasil, 2019

INSTITUTO TRATA BRASIL. **Ranking do Saneamento Instituto Trata Brasil 2023**. São Paulo, 2023.

Disponível em: <http://tratabrasil.org.br>. Acesso em: 15 abr. 2023.

LIMA, L.O.C., RORIZ, P.J.M. **Sistemas alternativos de abastecimento de água tratada aplicados em bairros carentes, como forma de prevenir doenças e promover a saúde pública**. 2021. Trabalho de conclusão de curso (Graduando em Engenharia Civil) - Pontifícia Universidade Católica de Goiás. Disponível em: <https://repositorio.pucgoias.edu.br>. Acesso em: 15 abr. 2023.

MAHAN, L. K.; RAYMOND, J. L.; ESCOTT-STUMP, S. **Krause Alimentos, nutrição e dietoterapia**. 13.ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.

MIERZWA, J. C.; HESPANHOL, I. **Água na Indústria: uso racional e reuso**. São Paulo: Oficina de Textos, 2005.

NOBRE, J. R. C. **Resíduos agroindústrias da região amazônica: potencial na produção de carvão ativado**. 2017. 92f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia da Madeira) - Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais, MG, 2017.

OLIVEIRA, O. C.; MORAES, S. C. de. Desafios para a sustentabilidade na gestão dos serviços de abastecimento de água na Amazônia: aspectos socioambientais e econômicos do sistema de abastecimento de água na cidade de Macapá-AP. **Revista Espacios**, v. 38, n. 22, p. 27-40, 2017.

Disponível em: <https://www.revistaspacios.com>. Acesso em: 14 set de 2023.

ONOHARA, M. T.; NETTO, A. P. de F.; NASCIMENTO, A. R.; JUNIOR, W. F. da S.; CERQUEIRA, R. C. da S.; FINGER, A.; MORAIS, E. B. de. Avaliação de Características Física, Química e Microbiológica da Água na Microbacia do Córrego Gumitá, Cuiabá-MT. **E&S Engineering and Science**, v. 3, n. 1, p. 73–84, 2015. DOI: 10.18607/ES201532556.

Disponível em: <https://periodicoscientificos.ufmt.br>. Acesso em: 11 out. 2023.

PASSOS, A. L. L.; MUNIZ, DH de F.; OLIVEIRA FILHO, E. C. Critérios para Avaliação da Qualidade de Água no Brasil: Um Questionamento sobre os Parâmetros Utilizados. **Fronteiras: Journal of Social, Technological and Environmental Science**, v. 7, n. 2, p. 290-303, 2018.

PAULOS, E. M. dos S. **Qualidade da água para consumo humano**. 2008. 119 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - Universidade da Beira Interior, Covilhã-POR, 2008.

REBOUÇAS, A. da C; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. (orgs.). **Água no mundo e no Brasil**. In: Águas doces do Brasil. São Paulo: Escrituras, 2006.

RELATÓRIO do programa das Nações Unidas para o desenvolvimento humano (PNUD). **A água para lá da escassez: poder, pobreza e a crise mundial da água**, 2006. Disponível em: <https://hdr.undp.org/system/files/documents/2006-hdr-portuguese-summary.2006-hdr-portuguese-summary>. Acesso em: 10 out. 2023.

RELATÓRIO mundial das Nações Unidas sobre desenvolvimento dos recursos hídricos. 2021: **O valor da água**: resumo executivo - UNESCO Digital Library. Disponível em: <https://unesdoc.org.br>. Acesso em: 15 jun. 2023.

SALING, C. *et al.* Avaliação da qualidade da água de poços rasos no município de Colinas-RS. **Tecnológica**, v. 21, n. 2, p. 59-64, 2017.

SANTILLI, J. A Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei 9.433/97) e sua implementação no Distrito Federal. **Revista de Direito Ambiental**, v.6, n. 24, p. 145-169,2001.

SASSOMA, I.; Tchikundama, L. *et al.* Avaliação temporal e espacial de características físico-químicas em águas superficiais do rio Catumbela, Angola. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada-RBAI**, v. 9, n. 3, p. 113-126, 2015.

SILVA, R. A.; BARBOSA, B. G. **Análise microbiológica da água de poços residenciais em Carmo do Rio Verde- GO**. Goiás: [s.n.], 2016.

SILVA, R. de C. A. da; ARAÚJO, T. M. de. Qualidade da água do manancial subterrâneo em áreas urbanas de Feira de Santana, BA. **Revista Ciência & Saúde Coletiva**, São Paulo: [s.n.] v.8, n. 4 p. 2-4, 2003.

SILVA, R. A. S.; MAYNARD, I. N. F.; BARBOSA, A. Q.; TOLLE, E. C.; CAVALCANTE, E. B.; MARRQUES, M. N. Aplicação de um Índice de Qualidade de Água para o sistema de abastecimento público. **Scientia Plena**, [S. l.: s.n.] v. 13, n. 10, 2017. DOI: 10.14808/sci.plena.2017.109917. Disponível em: <https://www.scientiaplenu.org.br>. Acesso em: 11 out. 2023.

SIRVINSKAS, L. P. **Manual de direito ambiental**. 11. ed. São Paulo: Saraiva, 2013.

SOUZA, A. de; BERTOSSI, A. P. A.; LASTORIA, G. Diagnóstico temporal e espacial da qualidade das águas superficiais do Córrego Bandeira, Campo Grande,MS. **Revista Agro@ ambiente** on-line, v. 9, n. 3, p. 227-234, 2015.

SOUSA, E. R. **Noções Sobre a Qualidade da Água dos Recursos Hídricos e Ambientais**. Trabalho de conclusão de curso (Licenciatura em Engenharia Civil) – Universidade Paulista. Campinas, SP: UNIP, 2001.

SOUZA, J. R. 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 PRODEMA**, Fortaleza, v. 8, n. 1, abr. 2014. Disponível em: <http://www.revistarede.ufc.br>. Acesso em: 24 abr. 2023.

TEIXEIRA, H. dos S. et al. Análise da qualidade da água para o consumo humano do assentamento Jerusalém no município de Rubim-MG. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**, v.1, n. 02, p. 119-130, fev. 2022. Disponível em: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-agricola/qualidade-da-agua>. Acesso em: 24 abr. 2023

TSUTIYA, M. T. **Abastecimento de Água**. 4. ed. São Paulo: [s.n.], 2006.

TUCCI, C. E. M. **Águas urbanas. Estudos Avançados**, [S. l.], v. 22, n. 63, p. 97-112, 2008.

Disponível em: <https://www.revistas.usp.br>. Acesso em: 16 out. 2023.

TUNDISI, J. G.; TUNDISI, T. M. **A Água**. São Carlos: [s.n], 2020.

UNESCO. **Dia Mundial da Água**. Disponível em: <https://www.unesco.org.br>. Acesso em: 5 jan. 2024.

YAMAGUCHI, M. U. *et al.* Qualidade microbiológica da água para consumo humano em instituição de ensino de Maringá-PR. **O mundo da saúde**, v. 37, n. 3, p. 312-320, 2013.

YOUNG, J. C., *et al.* “Changes in the Biochemical Oxygen Demand Procedure in the 21st Edition of ‘Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.’” **Water Environment Research**, v. 77, n. 4, p. 404. 2005.

Disponível em: <http://www.jstor.org.br>. Acesso em: 9 dez. 2023.