

**CENTRO PAULA SOUZA
ETEC CEL FERNANDO FEBELIANO DA COSTA
3º MTEC MECATRÔNICA**

**ANDRESSA ELIZABETH FERNANDES DE SOUZA
PEDRO AUGUSTO FERNANDES MODENEZ
PEDRO HENRIQUE DE SOUZA COSTA
VINÍCIUS CARVALHO DE MOURA LEITE**

PURITECH: SISTEMA DE PURIFICAÇÃO DE ÁGUA

**PIRACICABA
2025**

Andressa Elizabeth Fernandes de Souza

Pedro Augusto Fernandes Modenez

Pedro Henrique de Souza Costa

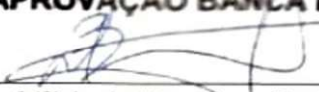
Vinicius Carvalho de Moura Leite

PURITECH: Sistema de Purificação de Água

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso Técnico em Mecatrônica da Etec Cel. Fernando Febeliano da Costa, orientado pela Prof^ª Luís Henrique Bernardo e Marcos Anibal da Cunha como requisito parcial para obtenção do título de técnico em Mecatrônica.

Data de aprovação: 02/12/2025

FOLHA DE APROVAÇÃO BANCA EXAMINADORA



Prof.(ª) Luís Henrique Bernardo

Etec Cel. Fernando Febeliano da Costa



Prof.(ª) Marcos Anibal da Cunha

Etec Cel. Fernando Febeliano da Costa



Prof.(ª) Maria Rosa Briense de Oliveira

Etec Cel. Fernando Febeliano da Costa

EPÍGRAFE

“A água limpa é o direito humano
mais essencial para a vida.”

BAN KI-MOON

DEDICATÓRIA

Dedicamos este trabalho às comunidades ribeirinhas e a todas as pessoas que enfrentam diariamente a falta de água limpa. Que este projeto represente não apenas uma solução técnica, mas também um gesto de respeito, solidariedade e compromisso com a vida.

Àqueles que inspiraram nossa trajetória e nos motivaram a criar algo que possa fazer diferença, nossa eterna homenagem.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos primeiramente aos nossos familiares, que nos ofereceram apoio incondicional durante toda a nossa trajetória acadêmica. Sua compreensão, incentivo e paciência foram essenciais para que este trabalho se concretizasse. Aos professores e orientadores da ETEC Cel. Fernando Febeliano da Costa, registramos nossa profunda gratidão pela dedicação, pelo conhecimento compartilhado e pela confiança depositada em nosso potencial. Agradecemos também aos colegas de classe, que caminharam ao nosso lado, contribuindo com ideias, parcerias, debates e motivação mútua. Estendemos nosso agradecimento às comunidades e realidades que inspiraram o desenvolvimento do PuriTech. Por fim, agradecemos a todos que, direta ou indiretamente, participaram desta etapa: técnicos de laboratório, profissionais consultados e instituições de apoio. A todos vocês, o nosso sincero muito obrigado.

RESUMO

Este trabalho apresenta o desenvolvimento do PuriTech, uma solução inovadora e sustentável destinada a atender comunidades em situação de vulnerabilidade social, populações ribeirinhas e cenários emergenciais. O projeto busca contribuir para a redução das desigualdades sociais e a promoção da saúde pública, fornecendo água potável por meio de um sistema de baixo custo, eficiente e movido a energia solar. O PuriTech realiza a captação da água em rios ou lagos, passando-a por um conjunto de filtros em camadas, seguido de desinfecção por lâmpada UV-C. Os resultados esperados incluem a melhoria da qualidade da água consumida por comunidades vulneráveis e a redução da incidência de doenças de veiculação hídrica.

PALAVRAS-CHAVE: Purificação de água; Sustentabilidade; Energia solar; Comunidades ribeirinhas; Saúde pública.

ABSTRACT

This work presents the development of PuriTech, an innovative and sustainable solution designed to serve vulnerable communities, riverside populations, and emergency scenarios. The project aims to reduce social inequalities and promote public health by providing drinking water through a low-cost, efficient, and solar-powered system. PuriTech collects water from rivers or lakes, filtering it through layered media and subsequently disinfecting it with a UV-C lamp. The expected results include improvements in the quality of water consumed by vulnerable communities and a reduction in the incidence of waterborne diseases.

KEYWORDS: Water purification; Sustainability; Solar energy; Riverside communities; Public health.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Imagem 1 - “Comparação do antes e depois do processo de criação do projeto”	31
Imagem 2 - “Testes laboratoriais, as garrafas contém variações de amostras”	31
Imagem 3 - “Autoclave, lugar onde os meios de cultura foram cultivados”	31
Imagem 4 - “Meios de cultura das amostras 2 e 4”	32
Imagem 5 - “Esquema elétrico”	45
Imagem 6 - “Esquema de Fluxo hidráulico”	46
Imagem 7 - “Painel solar fotovoltaico”	48
Imagem 8 - “Controlador de carga”	48
Imagem 9 - “Bateria 12V”	48
Imagem 10 - “Bomba d’água 127V”	49
Imagem 11 - “Bomba d’água 5V”	49
Imagem 12 - “Lâmpada UV-C”	49
Imagem 13 - “Cap Tampão de cano PVC”	49
Imagem 14 - “Cano PVC”	50
Imagem 15 - “Anel de vedação”	50
Imagem 16 - “Mangueira cristal”	50
Imagem 17 - “Materiais do filtro mecânico”	50
Imagem 18 - “Caixa multiuso”	50
Imagem 19 - “Inversor de CC para CA”	51
Imagem 20 - “Arduino UNO”	51
Imagem 21 - “Fios Macho-Fêmea”	51
Imagens 22 a 24 - “Culturas microbiológicas da amostra 4 (Rio Piracicaba)”	57
Imagem 25 - “PuriTech na amostra científica da ETEC ‘Industrial’ em 29/11/25”	63

LISTA DE FIGURAS

Fluxograma 1 - "Processo de criação do projeto"	27
Gráfico 1 - "Problemas relacionados à água"	33
Gráfico 2 - "O impacto da água na qualidade de vida"	33
Gráfico 3 - "Disposição de apoio à iniciativa de tecnologias como o PuriTech"	33
Gráfico 4 - "Acredita que o sistema é útil?"	34
Gráfico 5 - "Confia em métodos de purificação como o do PuriTech?"	34
Gráfico 6 - "Qual é a principal vantagem de um sistema como o PuriTech?"	34
Gráfico 7 - "Importância da energia solar no sistema"	35
Gráfico 8 - "Quem se beneficiaria com o PuriTech?"	35
Gráfico 9 - "Com o PuriTech, a qualidade de vida pode ser melhorada?"	35

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária

CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

CPRM – Serviço Geológico do Brasil

FUNASA – Fundação Nacional de Saúde

GM/MS – Gabinete do Ministro / Ministério da Saúde

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

IWA – International Water Association

NBR – Norma Brasileira

NBR 9898:2017 – Preservação e técnicas de coleta de amostras de água

NBR 10576:2019 – Determinação de cor e turbidez em águas

NBR ISO 17994:2014 – Comparação de métodos microbiológicos

ODS – Objetivos de Desenvolvimento Sustentável

OMS – Organização Mundial da Saúde

ONU – Organização das Nações Unidas

SABESP – Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo

SciELO – Scientific Electronic Library Online

SEMAE – Serviço Municipal de Água e Esgoto

THMs – Trihalometanos

WHO – World Health Organization

LISTA DE SÍMBOLOS

°C – Grau Celsius (unidade de temperatura)

% – Porcentagem

μS/cm – Microsiemens por centímetro (condutividade elétrica)

nm – Nanômetro (comprimento de onda da radiação UV)

mg/L – Miligrama por litro (concentração)

mL – Mililitro (volume)

NTU – Unidade Nefelométrica de Turbidez

uH – Unidade Hazen (cor verdadeira)

Pt-Co – Padrão Platina–Cobalto (cor aparente)

kWh/m²/dia – Quilowatt-hora por metro quadrado por dia (irradiação solar)

W – Watt (potência)

Wh – Watt-hora (energia)

V – Volt (tensão elétrica)

A – Ampère (corrente elétrica)

Ah – Ampère-hora (capacidade de bateria)

L/min – Litros por minuto (vazão)

CO₂e – Dióxido de carbono equivalente (emissões)

λ – Comprimento de onda (variando entre 200–400 nm nas faixas de UV)

UV-A (315–400 nm) – Radiação ultravioleta tipo A

UV-B (280–315 nm) – Radiação ultravioleta tipo B

UV-C (200–280 nm) – Radiação ultravioleta tipo C

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - "Turbidez da água"	36
Tabela 2 - "pH da água"	36
Tabela 3 - "Condutividade da água"	36
Tabela 4 - "Cronograma"	46

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	16
1.1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	19
1.1.1. Saneamento Básico no Brasil.....	19
1.1.2. Qualidade da água e saúde pública	20
1.1.3. Tecnologias de purificação de água	21
1.1.4. Uso de radiação UV-C na desinfecção	22
1.1.5. Energia solar fotovoltaica	22
1.2 OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL (ODS)	23
1.3 JUSTIFICATIVA.....	24
1.4. OBJETIVOS.....	26
1.4.1. Objetivo Geral.....	26
1.4.2. Objetivos Específicos	26
2. DESENVOLVIMENTO	27
2.1. METODOLOGIA	27
2.1.1. Pesquisa bibliográfica e fundamentação	28
2.1.2. Projeto técnico do PuriTech.....	28
2.1.3. Montagem do protótipo.....	28
2.1.4. Testes laboratoriais	28
2.1.5. Testes de campo	32
2.1.6. Análise de resultados	36
2.2. AVALIAÇÃO DE VIABILIDADE.....	37
2.3. DESENVOLVIMENTO TÉCNICO	37
2.3.1. Dimensionamento da energia solar (ajustado ao painel de 25 W)	37
2.3.2. Consumo do sistema e implicações	38
2.3.3. Recálculo prático (configuração recomendada para 25W)	39
2.3.4. Bateria e autonomia com painel de 25 W	40
2.3.5. Recomendações técnicas e operacionais	40
2.3.6. Impacto no custo	41
2.3.7. Protocolo de Operação do Sistema	41
2.3.8. Frequência de Manutenção e Sustentabilidade do Sistema.....	42
2.4. PROCEDIMENTO DE TESTE EM CAMPO	43
2.4.1. Local de Testes	43
2.4.2. Metodologia de Coleta e Análise	43
2.4.3. Critérios de Desempenho	44
2.4.4. Registro e Monitoramento	44
2.5. ANÁLISE FINAL.....	44

2.5.1. Diagrama esquemáticos (ASCII Markdown).....	45
2.5.2. Cronograma.....	46
2.6. MATERIAIS E ORÇAMENTO (PAINEL 25W).....	48
2.6.1. Componentes Principais.....	48
2.6.2 Custo Total	51
2.6.3 Protocolos de Operação	51
2.7. IMPACTOS SOCIAIS, ECONÔMICOS E AMBIENTAIS	52
2.7.1. Impactos Social	52
2.7.1.1. Melhoria da Saúde Pública.....	52
2.7.1.2. Aumento da Dignidade e Bem-Estar	52
2.7.1.3. Tempo e Produtividade	53
2.7.1.4. Inclusão e Empoderamento.....	53
2.7.1.5. Indicadores Sociais Sugeridos	53
2.8. IMPACTOS ECONÔMICOS	53
2.8.1. Redução de Gastos com Saúde	53
2.8.2. Custos Por Litro Tratado.....	54
2.8.3. Geração de Micro-Empregos.....	54
2.8.4. Indicadores Econômicos Sugeridos.....	54
2.9. IMPACTO AMBIENTAL	54
2.9.1. Redução da Pegada de Carbono	54
2.9.2. Menor Consumo de Embalagens Plásticas	55
2.9.3. Práticas de Manejo de Rejeitos	55
2.9.4. Exemplo de Indicadores Ambientais.....	55
2.10. RISCOS, LIMITAÇÕES E MITIGAÇÕES.....	55
2.10.1. Risco Técnico	55
2.10.2. Risco Energético.....	55
2.10.3. Risco de Recontaminação	56
2.10.4. Limitação Social.....	56
2.11. RESULTADOS ESPERADOS	56
2.11.1. Resultados.....	56
2.11.1.1. Resultado Técnico.....	56
2.11.1.2. Eficiência da desinfecção	57
2.11.1.3. Volume de Produção	57
2.11.1.4. Autonomia Energética	57
2.11.2. Resultados Sociais e de Saúde	58
2.11.2.1. Redução de Incidência de doenças hídricas	58
2.11.2.2. Aumento de horas produtivas.....	58
2.11.2.3. Adoção e Aceitação	58

2.11.3. Resultados Econômicos	58
2.11.3.1 Payback e Escalabilidade.....	59
2.11.3.2 Plano de Monitoramento e Avaliação	59
2.11.4. Critérios de Sucesso.....	59
3. CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	60

1. INTRODUÇÃO

A água é um recurso essencial para a manutenção da vida e para o desenvolvimento das sociedades. O acesso à água potável, em quantidade e qualidade adequadas, constitui um direito humano fundamental, reconhecido pela Organização das Nações Unidas (ONU) desde 2010, por meio da Resolução 64/292, que estabelece o direito humano à água e ao saneamento como condição indispensável para a plena realização da vida.

Apesar disso, milhões de pessoas ainda convivem diariamente com a escassez ou com a contaminação desse recurso vital. Segundo dados da Organização Mundial da Saúde (OMS, 2022), aproximadamente 2 bilhões de pessoas no mundo utilizam fontes de água contaminadas por fezes, expondo-se a riscos de doenças como diarreia, cólera, hepatite A e febre tifoide. Estima-se que o consumo de água não potável seja responsável por mais de 485 mil mortes anuais no planeta, demonstrando a gravidade da problemática.

No Brasil, a realidade também é preocupante. Embora o país possua uma das maiores reservas de água doce do mundo, a distribuição desse recurso é desigual e marcada por profundas disparidades sociais e regionais. De acordo com o Instituto Trata Brasil (2023), cerca de 35 milhões de brasileiros ainda não têm acesso à água tratada, enquanto mais de 100 milhões não possuem coleta de esgoto adequada. Esses números evidenciam que, mesmo em um país rico em recursos hídricos, a falta de políticas públicas efetivas, a urbanização desordenada e a vulnerabilidade social contribuem para a perpetuação da exclusão hídrica.

As populações ribeirinhas e comunidades isoladas são, particularmente, afetadas por esse cenário. Essas comunidades, muitas vezes localizadas em áreas de difícil acesso, dependem diretamente dos rios e córregos locais para suprirem suas necessidades básicas, como beber, cozinhar, lavar roupas e utensílios. Entretanto, essas águas, frequentemente, apresentam elevado grau de contaminação devido ao lançamento de esgoto doméstico sem tratamento, atividades agrícolas, mineração e descarte irregular de resíduos.

Em cidades como Piracicaba, no interior de São Paulo, um estudo realizado em 2025 aponta para a presença de contaminantes no Rio Piracicaba, utilizado por diversas famílias ribeirinhas como fonte de subsistência. Esse estudo indicou que 19 afluentes da bacia do Rio Piracicaba apresentavam índices de coliformes fecais acima do permitido pela legislação ambiental. A análise constatou contaminação fecal significativa em boa parte da bacia. Embora o município possua serviços de abastecimento, famílias em áreas periféricas e de ocupações informais ainda recorrem diretamente às águas do rio em períodos de crise de fornecimento.

Além da carência histórica de saneamento básico, situações emergenciais intensificam a dificuldade de acesso à água potável. Os eventos climáticos extremos, cada vez mais frequentes devido às mudanças climáticas globais, agravam o problema. O desastre ocorrido no Rio Grande do Sul em 2024, marcado por enchentes que afetaram milhões de pessoas, comprometeu diretamente a qualidade da água e paralisou os sistemas de abastecimento em várias cidades. Nessas circunstâncias, milhares de famílias foram obrigadas a consumir água imprópria ou depender exclusivamente de doações de garrafas e caminhões-pipa, evidenciando a vulnerabilidade dos sistemas tradicionais de distribuição.

Diante dessa conjuntura, torna-se urgente a busca por soluções alternativas que promovam o acesso descentralizado à água potável, reduzindo a dependência exclusiva de redes públicas centralizadas (procurem usar algum sinônimo). Nesse contexto, surge o PuriTech, idealizado pelos alunos do curso técnico em Mecatrônica da ETEC Cel. Fernando Febeliano da Costa. O projeto tem como objetivo desenvolver um equipamento compacto, de fácil transporte, capaz de purificar água a partir de fontes superficiais, como rios, lagos e córregos, utilizando processos de filtração física e química, aliados à desinfecção por radiação ultravioleta (UV-C). O sistema é autônomo, sendo alimentado por energia solar fotovoltaica, o que garante sua operação em locais remotos e sem infraestrutura elétrica.

A relevância do PuriTech está diretamente relacionada ao seu impacto social e ambiental. Ao possibilitar a obtenção de água limpa em situações de vulnerabilidade, o projeto contribui para a redução de doenças de veiculação hídrica, melhora a qualidade

de vida de populações ribeirinhas e oferece suporte em cenários emergenciais. Além disso, a utilização de energia solar fortalece o compromisso com a sustentabilidade, uma vez que se trata de uma fonte renovável, limpa e abundante no território brasileiro. Dessa forma, o PuriTech alinha-se a diferentes Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) propostos pela ONU, em especial o ODS 6 (Água Potável e Saneamento), o ODS 7 (Energia Limpa e Acessível) e o ODS 10 (Redução das Desigualdades).

Outro aspecto fundamental do projeto é seu caráter econômico e acessível. Embora existam purificadores de água no mercado que utilizam tecnologia UV-C, a maioria apresenta preços elevados, inviabilizando seu uso em comunidades de baixa renda. O diferencial do PuriTech consiste justamente em oferecer uma solução de baixo custo, construída a partir de materiais acessíveis e de fácil reposição, sem abrir mão da eficiência no processo de purificação. A escolha por utilizar camadas de areia, carvão ativado, brita e algodão como filtros mecânicos, combinados com a desinfecção por UV-C, garante uma dupla barreira contra contaminantes, unindo tradição e inovação tecnológica.

A concepção do PuriTech também se fundamenta em vivências pessoais e experiências de seus idealizadores, que enfrentaram períodos de enchentes e interrupções no fornecimento de água em suas residências. Esses episódios despertaram a consciência sobre a fragilidade do sistema de saneamento em situações críticas e reforçaram a importância de desenvolver soluções acessíveis que possam beneficiar não apenas seus criadores, mas toda a sociedade. A empatia com populações que enfrentam diariamente a falta de água potável fortaleceu ainda mais o propósito do projeto, que nasce de uma motivação tanto social quanto ambiental.

Assim, a introdução deste trabalho busca contextualizar a problemática do acesso à água potável e justificar a necessidade de iniciativas inovadoras e sustentáveis. Ao apresentar o PuriTech como uma alternativa viável e de grande potencial, este capítulo inicial estabelece as bases para o desenvolvimento dos próximos tópicos, nos quais serão abordados o embasamento teórico, a metodologia empregada, os materiais utilizados, o desenvolvimento do protótipo, os resultados esperados e os impactos sociais e ambientais do projeto.

Em síntese, o PuriTech se apresenta como uma resposta prática a um problema global e local, oferecendo esperança a milhares de famílias que vivem à margem do direito fundamental à água limpa. Mais do que um protótipo, trata-se de uma proposta transformadora, capaz de unir tecnologia, sustentabilidade e responsabilidade social em prol de um futuro mais justo e equilibrado.

1.1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1.1.1. Saneamento Básico no Brasil

O saneamento básico é considerado um dos principais pilares para a saúde pública e o desenvolvimento social. No Brasil, no entanto, esse setor ainda enfrenta graves desigualdades estruturais. De acordo com o Instituto Trata Brasil (2023), aproximadamente 35 milhões de brasileiros não possuem acesso à água potável e mais de 100 milhões não contam com coleta de esgoto adequada. Esses números revelam que, mesmo em um país que abriga cerca de 12% da água doce superficial do planeta, a distribuição e o tratamento desse recurso continuam a ser um enorme desafio.

O Novo Marco Legal do Saneamento (Lei nº 14.026/2020) foi criado para tentar reverter esse cenário, estabelecendo metas para que até 2033 pelo menos 99% da população tenha acesso à água potável e 90% à coleta e tratamento de esgoto. No entanto, especialistas como Heller e Castro (2021) destacam que a execução dessas metas depende de vultosos investimentos em infraestrutura, bem como da capacidade de gestão eficiente por parte dos estados e municípios.

As disparidades regionais são outro fator preocupante. Enquanto estados do Sudeste apresentam índices mais elevados de cobertura, regiões do Norte e do Nordeste ainda sofrem com baixos níveis de acesso. Em áreas rurais e comunidades ribeirinhas, a situação é ainda mais crítica, pois a falta de sistemas centralizados obriga famílias a recorrer a fontes alternativas, muitas vezes contaminadas.

Assim, o saneamento básico no Brasil ainda se configura como um problema de saúde pública, desenvolvimento social e justiça ambiental. Esse contexto reforça a necessidade de soluções descentralizadas, de baixo custo e sustentáveis, como o PuriTech, que podem funcionar como alternativas complementares às redes convencionais.

1.1.2. Qualidade da água e saúde pública

A relação entre a qualidade da água e a saúde pública é direta e amplamente documentada. Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS, 2022), cerca de 2 bilhões de pessoas no mundo consomem água contaminada por fezes, situação que está associada a surtos de doenças diarreicas, cólera, hepatite A, febre tifóide e poliomielite. Estima-se que o consumo de água imprópria seja responsável por aproximadamente 485 mil mortes por ano globalmente.

No Brasil, o Ministério da Saúde (2021) estabelece padrões de potabilidade que devem ser seguidos pelas companhias de abastecimento, contemplando limites para parâmetros físicos, químicos e microbiológicos. Apesar disso, em regiões onde o serviço de abastecimento não chega, populações ficam expostas a riscos elevados. Um exemplo é a ingestão de água com excesso de coliformes fecais, indicador de contaminação por dejetos humanos e animais.

Doenças de veiculação hídrica representam, portanto, um desafio persistente. Em comunidades ribeirinhas e rurais, a falta de saneamento agrava o problema, gerando ciclos de adoecimento que impactam diretamente a produtividade, a escolaridade e a qualidade de vida. Como destacam Prado e Heller (2019), investir em acesso à água potável é uma das formas mais eficazes de reduzir gastos em saúde pública.

Nesse cenário, tecnologias de purificação portáteis como o PuriTech representam alternativas viáveis para diminuir os índices de contaminação. Ao aliar filtragem mecânica e desinfecção por UV-C, o sistema busca atender a padrões de potabilidade reconhecidos internacionalmente, ampliando o acesso a água limpa em locais onde os serviços públicos não alcançam.

1.1.3. Tecnologias de purificação de água

Existem diversas tecnologias voltadas para a purificação de água, cada uma com características específicas de custo, eficiência e aplicabilidade. As principais podem ser divididas em métodos físicos, químicos e híbridos.

Entre os métodos físicos, destacam-se os filtros de areia e carvão ativado, amplamente utilizados em escala doméstica e comunitária. A areia atua na retenção de partículas sólidas, enquanto o carvão ativado remove compostos químicos responsáveis por cor, odor e sabor, além de reduzir a presença de metais pesados. Outro método físico é a osmose reversa, bastante eficiente na remoção de sais e contaminantes, mas de custo elevado e elevado consumo de energia.

Os métodos químicos, por sua vez, incluem o uso de cloro e ozônio. A cloração é a técnica mais comum em sistemas centralizados devido à sua eficácia contra microrganismos e à permanência residual, que garante a desinfecção ao longo da distribuição. No entanto, a cloração pode gerar subprodutos potencialmente nocivos, como os trihalometanos (THMs). Já o ozônio é um oxidante poderoso, mas exige infraestrutura e custos operacionais mais altos.

Em contrapartida, métodos híbridos têm ganhado espaço por aliar eficiência e praticidade. Entre eles está a radiação UV-C, que, embora não deixe residual, promove inativação microbiológica em nível celular, tornando-se uma solução segura e rápida. O uso combinado de filtros mecânicos e UV-C, como proposto pelo PuriTech, representa uma abordagem equilibrada, capaz de reduzir a turbidez, remover contaminantes químicos e eliminar microrganismos.

1.1.4. Uso de radiação UV-C na desinfecção

A radiação ultravioleta (UV) é classificada em três faixas principais: UV-A (315–400 nm), UV-B (280–315 nm) e UV-C (200–280 nm). É nesta última faixa que se encontra a maior eficácia germicida. A radiação UV-C danifica o DNA e o RNA dos

microrganismos, impedindo sua replicação e, conseqüentemente, sua capacidade de causar doenças.

De acordo com a International Water Association (IWA, 2020), a radiação UV-C é eficaz contra bactérias, vírus e protozoários, incluindo espécies resistentes ao cloro, como o *Cryptosporidium*. Outra vantagem é o tempo de exposição extremamente curto: em apenas alguns segundos é possível inativar até 99,9% dos patógenos presentes na água.

Embora eficiente, o método apresenta limitações. A ausência de residual significa que a água pode ser recontaminada após o tratamento, caso não seja armazenada em recipientes adequados. Além disso, a turbidez elevada pode reduzir a eficácia da radiação, motivo pelo qual se recomenda a utilização de pré-filtros.

O uso de lâmpadas UV-C em purificação de água não é novidade, mas geralmente está associado a sistemas de custo elevado. O PuriTech se diferencia por propor a aplicação dessa tecnologia em conjunto com filtros de baixo custo e com alimentação por energia solar, garantindo autonomia e acessibilidade.

1.1.5. Energia solar fotovoltaica

A energia solar fotovoltaica é uma das fontes renováveis mais promissoras e acessíveis no Brasil. O país apresenta altos índices de irradiação solar, com média entre 4,5 e 6 kWh/m²/dia, segundo o Atlas Brasileiro de Energia Solar (INPE, 2022). Essa condição favorece a adoção de sistemas fotovoltaicos em áreas urbanas e, especialmente, em comunidades isoladas.

O funcionamento de um sistema fotovoltaico é relativamente simples: os painéis convertem a luz solar em eletricidade em corrente contínua (CC), que é armazenada em baterias e posteriormente convertida em corrente alternada (CA) por meio de inversores, quando necessário. O custo de aquisição dos equipamentos tem caído progressivamente nas últimas décadas, tornando essa tecnologia cada vez mais acessível.

A grande vantagem da energia solar no contexto do PuriTech é a autonomia proporcionada. Em comunidades ribeirinhas ou em áreas atingidas por desastres, muitas vezes não há rede elétrica disponível. A utilização de um painel de 155W, combinado a uma bateria de 40Ah, garante energia suficiente para alimentar a bomba d'água e a lâmpada UV-C, assegurando o funcionamento contínuo do sistema. Além disso, trata-se de uma solução sustentável, alinhada às metas globais de descarbonização.

1.2 OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL (ODS)

Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), lançados pela ONU em 2015, constituem uma agenda global composta por 17 objetivos e 169 metas, voltadas para erradicar a pobreza, proteger o meio ambiente e promover sociedades mais inclusivas até 2030. O PuriTech dialoga diretamente com pelo menos quatro desses objetivos:

- ODS 6 – Água Potável e Saneamento: garantir disponibilidade e gestão sustentável da água. O PuriTech contribui para essa meta ao ampliar o acesso à água limpa em comunidades isoladas.
- ODS 7 – Energia Limpa e Acessível: assegurar o acesso confiável, sustentável e moderno à energia. O projeto utiliza exclusivamente energia solar, fonte renovável e acessível.
- ODS 10 – Redução das Desigualdades: reduzir a desigualdade dentro dos países. O PuriTech oferece uma tecnologia acessível a populações marginalizadas, diminuindo disparidades no acesso à água.
- ODS 13 – Ação contra a Mudança Global do Clima: adotar medidas urgentes para combater a mudança do clima. O uso de energia limpa no PuriTech contribui para a redução de emissões de gases de efeito estufa.

Portanto, o PuriTech não apenas resolve uma demanda prática de saneamento básico, mas também se posiciona como uma tecnologia alinhada a compromissos globais de sustentabilidade, saúde pública e equidade social.

1.3 JUSTIFICATIVA

A justificativa do presente Trabalho de Conclusão de Curso baseia-se na análise crítica do cenário nacional e internacional relacionado ao acesso à água potável e às condições de saneamento básico. A água, considerada um direito humano fundamental pela Organização das Nações Unidas (ONU, 2010), permanece inacessível para milhões de pessoas em diferentes partes do mundo. No Brasil, país com abundantes recursos hídricos, a realidade é paradoxal: embora possua cerca de 12% da água doce superficial do planeta, uma significativa parcela da população ainda sofre com a falta de acesso a esse recurso em qualidade e quantidade adequadas.

De acordo com o Instituto Trata Brasil (2023), cerca de 35 milhões de brasileiros não possuem acesso à água potável, e mais de 100 milhões não contam com coleta e tratamento de esgoto. Esses números demonstram uma falha estrutural nos serviços de saneamento, especialmente em áreas rurais, periferias urbanas e comunidades ribeirinhas. Em Piracicaba (SP), por exemplo, o contraste entre os índices elevados de cobertura urbana e a realidade das comunidades periféricas próximas a corpos d'água evidencia a desigualdade na distribuição de serviços públicos.

Essa precariedade impacta diretamente na saúde pública. Como aponta a Organização Mundial da Saúde (OMS, 2022), doenças de veiculação hídrica, como diarreias, cólera e hepatite A, continuam a figurar entre as principais causas de morbidade em populações vulneráveis. Além disso, situações emergenciais, como os recentes desastres climáticos ocorridos no Rio Grande do Sul em 2023, expuseram a fragilidade dos sistemas de abastecimento frente a crises ambientais. Famílias inteiras ficaram sem acesso à água potável durante semanas, reforçando a importância de soluções alternativas, descentralizadas e sustentáveis.

É nesse contexto que se insere a proposta do PuriTech. A criação de um dispositivo portátil, autônomo e movido a energia solar não apenas supre a demanda imediata por água limpa em comunidades isoladas e situações emergenciais, como também representa uma alternativa financeiramente viável e ecologicamente

sustentável. O uso de energia solar garante autonomia energética e baixo impacto ambiental, alinhando-se a compromissos globais de redução de emissões de gases de efeito estufa.

A relevância social do projeto reside em seu potencial de promover a equidade no acesso à água potável, contribuindo para a redução das desigualdades sociais e regionais. Ao oferecer uma solução de baixo custo e de fácil implementação, o PuriTech se coloca como instrumento de transformação social, garantindo dignidade, saúde e qualidade de vida a populações frequentemente negligenciadas pelas políticas públicas.

Além disso, o projeto dialoga com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da ONU, em especial:

- ODS 6 (Água potável e saneamento): ampliar o acesso a água limpa e segura.
- ODS 7 (Energia acessível e limpa): promover o uso de energia renovável.
- ODS 10 (Redução das desigualdades): oferecer soluções acessíveis a populações marginalizadas.
- ODS 13 (Ação contra a mudança climática): fomentar tecnologias que minimizem impactos ambientais.

Dessa forma, a justificativa do PuriTech combina aspectos sociais, ambientais, econômicos e tecnológicos, constituindo-se em uma proposta inovadora, viável e alinhada às demandas contemporâneas de sustentabilidade e justiça social.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo Geral

Desenvolver e implementar o PuriTech, um dispositivo sustentável, acessível e movido a energia solar, capaz de fornecer água potável para comunidades ribeirinhas, populações em situação de vulnerabilidade social e em situações emergenciais. O objetivo maior é contribuir para a redução das desigualdades sociais, a melhoria da saúde pública e o cumprimento das metas estabelecidas pelos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da ONU.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Projetar e construir um protótipo funcional do PuriTech, utilizando métodos de filtragem física (areia, pedras, carvão ativado e algodão) combinados à radiação UV-C, de modo a garantir eficiência na remoção de partículas e microrganismos patogênicos.
- Integrar sistemas de energia solar fotovoltaica ao protótipo, assegurando a autonomia e a viabilidade do equipamento em comunidades sem acesso à rede elétrica convencional.
- Realizar testes laboratoriais e de campo para avaliar parâmetros de potabilidade (turbidez, pH, cor, odor e presença de coliformes), comparando os resultados com padrões estabelecidos pela Organização Mundial da Saúde (OMS) e pela Portaria de Consolidação nº 5/2017 do Ministério da Saúde, Anexo XX.
- Mensurar a eficiência energética do sistema, verificando a relação entre a produção de energia solar e o consumo da bomba de água e da lâmpada UV-C.
- Comparar a eficácia do PuriTech com sistemas comerciais de purificação de água, destacando vantagens em termos de custo, portabilidade e sustentabilidade.
- Investigar a aplicabilidade do sistema em situações de emergência, como em enchentes, desastres ambientais, interrupções de abastecimento, testando sua portabilidade, resistência estrutural e capacidade de operação contínua.
- Promover a inclusão social, oferecendo uma alternativa tecnológica de baixo custo que pode ser reproduzida em diferentes comunidades.
- Fortalecer a sustentabilidade ambiental, demonstrando a viabilidade do uso de energias limpas para atender às necessidades básicas da população.
- Contribuir para a pesquisa acadêmica, documentando todo o processo de desenvolvimento, resultados obtidos e perspectivas de aprimoramento do sistema.

- Alinhar o projeto aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, especialmente os ODS 6 – Água limpa e saneamento, ODS 7 – Energia limpa e acessível, ODS 10 – Redução das desigualdades e ODS 13 – Ação contra a mudança climática.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1. METODOLOGIA

A metodologia adotada neste trabalho foi estruturada de forma a assegurar o desenvolvimento sistemático do PuriTech desde sua concepção até a validação de seu desempenho em condições reais de uso. O processo metodológico foi dividido em etapas sequenciais, abrangendo pesquisa bibliográfica, projeto técnico, montagem do protótipo, testes laboratoriais, validação em campo e análise de resultados.



Fluxograma 1 - Processo de criação do projeto

2.1.1. Pesquisa bibliográfica e fundamentação

A primeira etapa consistiu em uma ampla revisão bibliográfica acerca dos temas relacionados à purificação de água, radiação UV-C, sistemas de filtragem, energia solar fotovoltaica e saneamento básico no Brasil. Essa pesquisa foi realizada em bases de dados científicas como SciELO, Google Scholar e periódicos da CAPES, além de relatórios institucionais do Instituto Trata Brasil, da OMS, da ONU e do Ministério da Saúde. O objetivo foi embasar teoricamente o desenvolvimento do projeto, garantindo alinhamento com os padrões de potabilidade reconhecidos internacionalmente.

2.1.2. Projeto técnico do PuriTech

Na segunda etapa, foram definidos os componentes necessários para a montagem do sistema, incluindo: bomba de água, painéis solares, controlador de carga, bateria, inversor, materiais filtrantes (areia, pedras, carvão ativado, algodão) e lâmpada UV-C. O projeto foi modelado em softwares de desenho técnico, como AutoCAD e SolidWorks, para simular a disposição dos elementos e otimizar o espaço físico do equipamento, priorizando a portabilidade.

2.1.3. Montagem do protótipo

Com base no projeto técnico, procedeu-se à montagem do protótipo físico. A estrutura foi confeccionada em material leve e resistente, com compartimentos para filtragem grossa, filtragem fina e câmara de desinfecção por radiação UV-C. O sistema de alimentação solar foi integrado ao circuito, assegurando sua autonomia energética.

2.1.4. Testes laboratoriais

Todos os ensaios laboratoriais realizados no presente estudo foram conduzidos em conformidade com as normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), assegurando padronização metodológica e confiabilidade dos resultados. A coleta, preservação e transporte das amostras seguiram a ABNT NBR 9898:2017 — Preservação e técnicas de coleta de amostras de água, garantindo integridade e representatividade das amostras analisadas.

As análises físico-químicas foram realizadas com base na ABNT NBR 10576:2019 — Determinação de cor e turbidez em águas, complementadas por procedimentos compatíveis com metodologias de referência previstas nas normas correlatas. Para avaliação microbiológica, adotaram-se os critérios de qualidade estabelecidos na ABNT

NBR ISO 17994:2014 — Tecnologia de água — Critérios para comparação de métodos microbiológicos.

A observância dessas normas assegurou a robustez técnica dos procedimentos empregados, conferindo legitimidade aos resultados obtidos e garantindo que as conclusões apresentadas estejam fundamentadas em padrões reconhecidos nacional e internacionalmente.

A etapa seguinte consistiu na realização de testes laboratoriais em amostras de água coletadas de diferentes fontes, como rios, lagos e reservatórios. Os parâmetros avaliados incluíram:

- Turbidez: padrão pela resolução CONAMA 357/2005 de água doce;
 - Classe especial: A CONAMA não define um nível de turbidez nessa classe;
 - Classe 1: até 40 unidades nefelométricas de turbidez (NTU)
 - Classe 2: até 100 NTU
 - Classe 3: até 100 NTU
 - Classe 4: até 100 NTU

Sendo que, a classe que nosso filtro pretende filtrar inicialmente é a classe 1 classificada como uma água doce que pode ser destinada a diversas atividades cotidianas após um tratamento.

II - classe 1: águas que podem ser destinadas:

- a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado;
- b) à proteção das comunidades aquáticas;

A imagem indica o artigo 4º, sessão 1 da resolução CONAMA

- pH: para águas doces de classe 1, o pH deve estar entre 6,0 e 9,0 não devendo haver uma mudança do pH natural maior do que 0,2 unidades;
- Cor aparente: a resolução CONAMA nº 357/2005 não especifica um valor máximo para a cor aparente, mas estabelece um limite de 15 unidades Hazen

(uH) para a cor verdadeira, equivalente a mg/L Pt-Co. Portanto, embora a cor aparente seja utilizada em normas de potabilidade, a CONAMA 357/2005 foca na cor verdadeira para a avaliação da qualidade da água;

- Odor: conforme dispõe a Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005, as águas destinadas aos diversos usos devem apresentar-se isentas de substâncias capazes de conferir gosto ou odor. O artigo 14º, inciso I, estabelece que tais substâncias devem estar “virtualmente ausentes”, expressão que indica a inexistência de percepção sensorial, seja visual, olfativa ou gustativa. Essa diretriz aplica-se às águas doces e tem por finalidade assegurar o atendimento aos padrões de qualidade requeridos para uso doméstico, industrial e demais aplicações regulamentadas, garantindo condições adequadas de potabilidade e segurança ambiental.

Os resultados foram comparados com os limites estabelecidos pela Portaria de Consolidação nº 5/2017, Anexo XX, do Ministério da Saúde, com as diretrizes da OMS e também da Resolução CONAMA.



Imagem 1 - Comparação antes e depois da coloração da água



Imagem 2 - Testes laboratoriais, as garrafas contém variações de amostras.



Imagem 3 - Autoclave, lugar onde os meios de cultura foram cultivados.



Imagem 4 - Meio de Cultura das Amostras 2 e 4.

2.1.5. Testes de campo

Além dos testes laboratoriais, foram realizados ensaios em campo, em comunidades ribeirinhas e áreas de difícil acesso. Essa etapa teve como objetivo avaliar o desempenho do PuriTech em condições reais, verificando aspectos como:

- Eficiência do sistema em diferentes níveis de turbidez da água bruta;
- Autonomia energética em dias de menor insolação;
- Facilidade de transporte e instalação;
- Aceitação e usabilidade por parte da comunidade.

Foi aplicado um questionário de 26 perguntas em cerca de 68 pessoas entre o Município de Piracicaba e outras cidades do Estado de São Paulo. Abaixo estão as mais relevantes para o desenvolvimento do projeto.

Quais são, na sua opinião, os maiores problemas relacionados à água na sua comunidade?
68 respostas

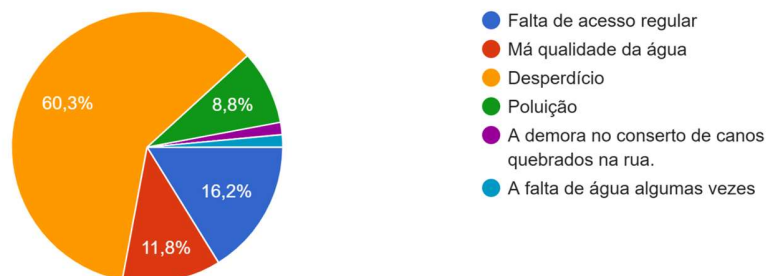


Gráfico 1

O acesso à água de qualidade impacta diretamente na qualidade de vida da sua comunidade?
68 respostas

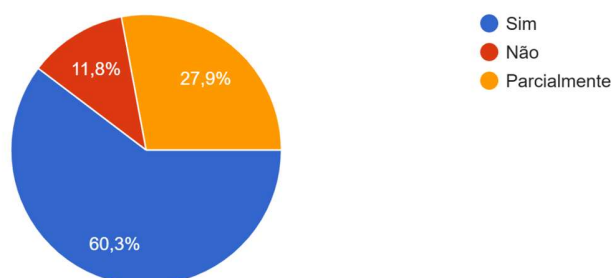


Gráfico 2

Você estaria disposto(a) a apoiar iniciativas de tecnologias sustentáveis para purificação e reaproveitamento de água?

68 respostas

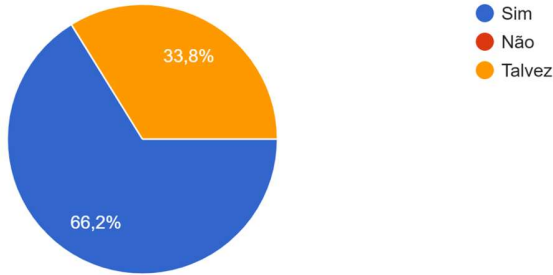


Gráfico 3

Se sua comunidade tivesse acesso a um sistema de purificação de água como o PuriTech, você acredita que seria útil?

68 respostas

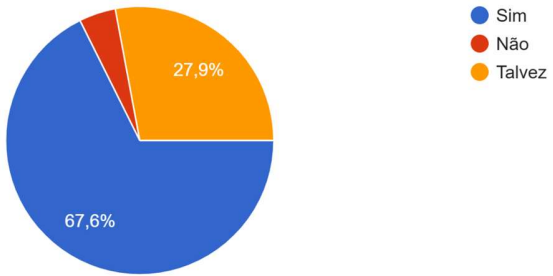


Gráfico 4

O quanto você confia em métodos de purificação que utilizam filtros de areia, carvão e algodão?

68 respostas

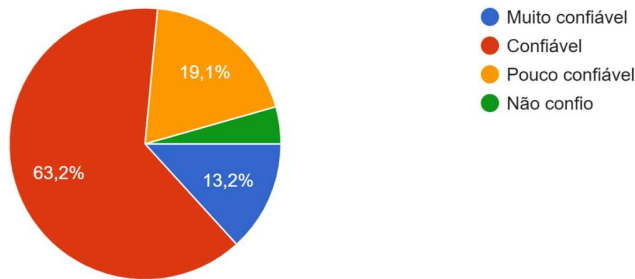


Gráfico 5

Para você, qual é a principal vantagem de um sistema de purificação como o PuriTech?
68 respostas

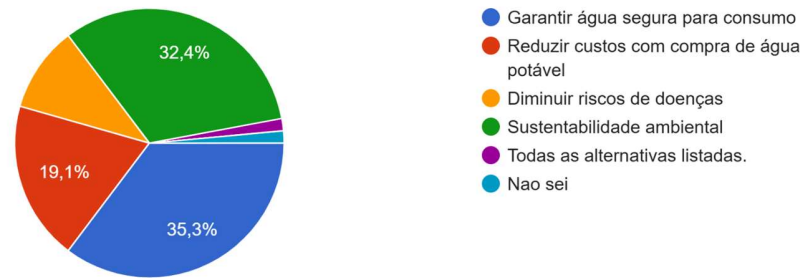


Gráfico 6

Na sua opinião, o uso de energia solar para alimentar o sistema é:
68 respostas

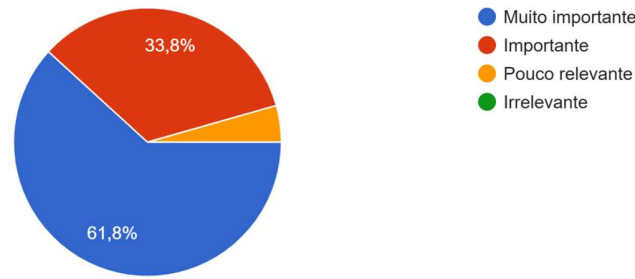


Gráfico 7

Na sua percepção, quem mais se beneficiaria com o PuriTech?
68 respostas

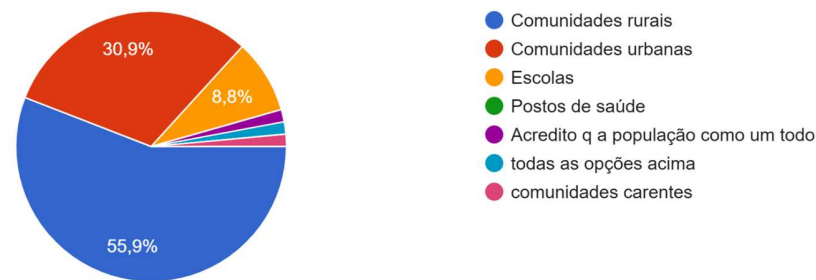


Gráfico 8

Você acredita que projetos como o PuriTech podem melhorar a qualidade de vida da comunidade?
68 respostas

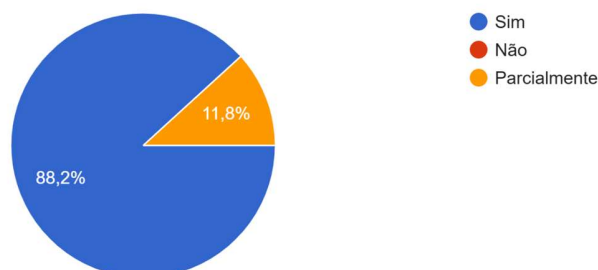


Gráfico 9

2.1.6. Análise de resultados

Os dados coletados foram organizados em planilhas e tratados com auxílio de softwares estatísticos, como o Excel, para verificar a significância dos resultados. As análises foram apresentadas em forma de tabelas e gráficos, permitindo a comparação entre a água bruta e a água tratada.

Turbidez da Água (turbidímetro calibrado em 500 NTU)				
Condição da Água	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3	Amostra 4
Normal	610.07 NTU	1.15 NTU	0 NTU	8.6 NTU
Filtrada sem luz UV-C	2.83 NTU	1.38 NTU	1.18 NTU	3.5 NTU
Filtrada com luz UV-C	3.06 NTU	2.07 NTU	1.17 NTU	3.65 NTU

Tabela 1

pH da Água				
Condição da Água	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3	Amostra 4
Normal	6,02pH	6.52pH	7.45pH	7.51pH
Filtrada sem luz UV-C	7.39pH	6.05pH	7.85pH	8.16pH
Filtrada com luz UV-C	7.64pH	7.52pH	7.95pH	8.18pH

Tabela 2

Condutividade (Solubilidade padrão de condutividade 146,9µS/cm)				
Condição da Água	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3	Amostra 4

Normal	243 μ S/cm	146.3 μ S/cm	319 μ S/cm	263 μ S/cm
Filtrada sem luz UV-C	309 μ S/cm	313 μ S/cm	375 μ S/cm	300 μ S/cm
Filtrada com luz UV-C	323 μ S/cm	270 μ S/cm	341 μ S/cm	312 μ S/cm

Tabela 3

Observações: A amostra 1 - Normal, foi desclassificada devido à má higienização da garrafa utilizada para coleta, acarretando em números discrepantes da realidade, ademais, puderam ser utilizadas com fins de estudo.

Amostra 1 - Bica do Engenho

Amostra 2 - Lago

Amostra 3 - Poço artesiano em Santa Isabel

Amostra 4 - Rio Piracicaba

Dessa forma, é notório que os testes estão conforme indica a resolução CONAMA, não apresentando desvios muito discrepantes além do desvio na higienização da Amostra 1 - Normal.

2.2. AVALIAÇÃO DE VIABILIDADE

Por fim, realizou-se uma análise de viabilidade técnica, econômica e social do PuriTech. O custo de produção foi comparado ao de sistemas comerciais similares, destacando o diferencial em termos de acessibilidade financeira e autonomia energética. Também foram analisados os impactos sociais e ambientais decorrentes da implementação em comunidades vulneráveis.

2.3. DESENVOLVIMENTO TÉCNICO

O desenvolvimento técnico do PuriTech envolveu a integração de conhecimentos de mecatrônica, engenharia ambiental e energias renováveis, com foco na criação de um dispositivo eficiente, portátil e sustentável. Nesta seção são apresentados os cálculos,

dimensionamentos e escolhas técnicas que embasaram a construção do protótipo, ajustados à realidade do painel solar de 25 W disponível para o projeto.

2.3.1. Dimensionamento da energia solar (ajustado ao painel de 25 W)

Diferentemente do cenário idealizado inicialmente com painel de maior potência, o sistema disponibilizado pela equipe conta com um painel solar de 25 W. Isso exigiu o redesenho do dimensionamento energético para garantir viabilidade operacional. Para estimar a energia gerada por dia, utiliza-se a fórmula:

Onde consideramos: $P_{\text{painel}} = 25\text{W}$

- HSP (Piracicaba) ≈ 5 h/dia (média de horas de sol pleno);
 - Eficiência do sistema = 0,75 (considerando perdas em controlador, cabos, bateria e eficiência real do painel).

Cálculo: $25 \times 5 \times 0,75 = 93,75$ Wh/dia (aproximadamente 94 Wh/dia).

Esse resultado indica que o painel de 25W produz em média ~94 Wh/dia, valor que deve ser comparado ao consumo do conjunto bomba + lâmpada UV + eletrônica de controle.

2.3.2. Consumo do sistema e implicações

O consumo estimado do protótipo projetado anteriormente é:

- Bomba de água (ex.: 12V) – inicialmente projetada em 20W;
- Lâmpada UV-C – 14W;
- Eletrônica de controle (Arduino, sensores, LEDs) – 6W (média).

Consumo total aproximado: $20 + 14 + 6 = 40\text{W}$; para 5 horas de operação isso representa 200 Wh/dia.

Comparando com a produção do painel de 25W (~94Wh/ dia), fica evidente um déficit diário de energia de $\approx 106\text{Wh}$. Sem alterações, o painel de 25W não sustenta o sistema projetado para 5 horas/dia.

Opções para viabilizar o sistema com painel de 25W

Diante dessa limitação, a equipe tem as seguintes alternativas práticas (cada uma com vantagens e trade-offs):

1. Reduzir a potência da bomba — substituir a bomba de 20W por uma mini bomba de baixa potência (por exemplo 5–10W). Ex.: bomba submersível 12V de 10W. Considerando bomba 10W + UV 14W + eletrônica 6W = 30W. Para 3 horas de operação isso consome 90Wh/dia — compatível com 3Wh/dia gerados. Essa opção reduz o fluxo e o volume tratado por dia, mas mantém a independência energética.
2. Diminuir o tempo de operação diário — manter componentes atuais mas operar apenas 1–2 horas por dia. Por exemplo, com consumo de 40W, 2h/dia consumiriam 80Wh, compatíveis com a geração do painel.
3. Diminuir a potência da lâmpada UV — utilizar uma lâmpada UV-C de menor potência (ex.: 6–8 W) ou um módulo UV especificamente desenhado para fluxo reduzido. Isso reduz o consumo sem alterar significativamente a capacidade de desinfecção desde que o tempo de exposição seja ajustado.
4. Aumentar a capacidade de armazenamento (bateria) — manter o painel de 25W e aumentar a bateria para permitir acumular energia em dias sucessivos. Por exemplo, uma bateria de 100Ah (12V) tem 1200Wh de capacidade bruta; com DOD (profundidade de descarga) segura de 50% temos 600Wh úteis. Mesmo assim, o tempo de recarga com painel de 25W é longo (≈ 8 a 10 dias para recuperar 600Wh em condições médias), o que não é prático sem sol persistente.
5. Híbrido / Operação intermitente — usar o painel de 25W apenas para cargas leves (sensores, LED, pequenas bombas) e realizar a desinfecção UV com fonte externa ocasionalmente (ex.: gerador ou rede elétrica) quando disponível.

6. Adição futura de painéis — projetar o sistema para permitir conexão em paralelo de painéis adicionais quando recursos permitirem, mantendo a portabilidade inicial.

2.3.3. Recálculo prático (configuração recomendada para 25W)

Para operação autônoma com o painel de 25W, a configuração mais equilibrada e prática sugerida pela equipe é:

- Bomba: 12V DC, 10W (fluxo reduzido, mas suficiente para pequenos volumes).
- UV-C: substituição por módulo de 6–8W (ou operação intermitente do módulo de 14W).
- Eletrônica e sensores: 6W (média).
- Tempo de operação diário: 2 a 3 horas (dependendo da configuração).

Consumo estimado (ex.: bomba 10W + UV 8W + eletrônica 6W) = 24W. Para 3 h/dia $\Rightarrow 24 \times 3 = 72$ Wh/dia, compatível com a geração média de 94 Wh/dia, mantendo uma margem para perdas.

Volume tratado: com bomba de 10W (fluxo exemplo 1–3L/min), em 3 horas pode-se tratar entre 180L e 540L, mas a eficiência de desinfecção depende da velocidade de passagem pela câmara UV e da turbidez da água — na prática, com pré-filtragem adequada, estima-se tratar 50–150L/dia com segurança microbiológica.

2.3.4. Bateria e autonomia com painel de 25 W

Para fornecer autonomia durante períodos curtos sem sol, recomenda-se uma bateria de pelo menos 20–40Ah (12V) mesmo para a versão reduzida. Cálculo rápido:

- Energia diária de projeto (72Wh) $\div 12V = 6Ah$.
- Considerando 2 dias de autonomia e DOD 50%: $6Ah \times 2 \div 0,5 = 24Ah \Rightarrow$ bateria 24Ah (aprox. 25–40 Ah indicada para folga).

Portanto, uma bateria comercial de 40 Ah (12 V) continua sendo uma opção segura, mas o ponto crítico permanece: a recarga completa desta bateria com o painel de 25W é lenta. Por isso, a operação eficiente passa pela redução de consumo e/ou uso racional do sistema.

2.3.5. Recomendações técnicas e operacionais

- Otimizar a pré-filtragem: reduzir a turbidez antes da câmara UV é essencial. Quanto menor a turbidez, menor a energia necessária para garantir a desinfecção. Use peneiras, decantação e filtração por gravidade para reduzir carga de partículas grandes.
- Use módulo UV de baixa potência para aplicações portáteis: módulos UV projetados para sistemas off-grid (6–8 W) apresentam boa relação entre consumo e dose quando o fluxo é controlado.
- Controle de fluxo: implemente uma válvula de restrição para garantir tempo de residência adequado na câmara UV, evitando passagem muito rápida.
- Monitoramento simples: manter indicadores de nível de bateria e LEDs de status ajuda o usuário a operar o sistema dentro de limites seguros.
- Flexibilidade de projeto: dimensione o suporte do painel para permitir acoplar painéis adicionais futuramente.

2.3.6. Impacto no custo

A substituição do painel de 155W pelo de 25W reduz o custo inicial do painel, porém pode exigir alterações que impactem o custo total (troca da lâmpada UV por módulo menor, reinvestimento em bomba mais eficiente, eventual aumento de bateria). Em termos práticos, para a versão adaptada com painel 25W e componentes de menor

consumo, estima-se custo aproximado entre R\$1.200 e R\$1.800, dependendo da escolha de módulos UV e da bomba.

2.3.7. Protocolo de Operação do Sistema

O sistema PuriTech deve ser operado conforme as seguintes etapas:

1. Captação: a bomba de 10 W succiona a água diretamente de rios, lagos ou reservatórios.
2. Pré-filtragem: peneira e filtro grosso removendo folhas, galhos e partículas grandes.
3. Filtragem sequencial: passagem por camadas de areia, carvão ativado, pedras e algodão.
4. Desinfecção UV-C: a água permanece em contato com a radiação por aproximadamente 40 segundos por litro, garantindo inativação de microrganismos.
5. Armazenamento e distribuição: água tratada é encaminhada a reservatório ou torneira.

Capacidade média: 200 litros/dia, dependendo da irradiação solar e tempo de operação da bomba

2.3.8. Frequência de Manutenção e Sustentabilidade do Sistema

A manutenção do sistema PuriTech é fundamental para assegurar sua eficiência, durabilidade e a qualidade da água purificada. O cronograma sugerido é:

- Limpeza dos pré-filtros: semanalmente, para retirada de folhas, galhos e sedimentos maiores.
- Troca de elementos filtrantes (areia, carvão ativado, algodão): a cada 3 a 6 meses, dependendo da qualidade da água bruta utilizada.

- Verificação da lâmpada UV-C: a cada 12 meses, garantindo que sua intensidade luminosa seja suficiente para inativação de microrganismos.
- Bateria (12V – 40Ah): vida útil média de 2 a 3 anos, devendo ser substituída quando apresentar baixa capacidade de carga.
- Painel solar: requer apenas limpeza superficial a cada 2 meses para remoção de poeira, folhas ou resíduos que reduzam a captação.

* Bomba de água: inspeção semestral e substituição preventiva a cada 18–24 meses.

A sustentabilidade do sistema está diretamente relacionada ao uso de energia solar renovável e ao baixo custo de reposição dos materiais filtrantes, o que garante que comunidades vulneráveis possam manter o PuriTech em operação contínua sem grandes dependências externas.

Além disso, recomenda-se a capacitação dos usuários locais para realizarem as trocas básicas e monitorarem a qualidade da água, fortalecendo a autonomia comunitária.

2.4. PROCEDIMENTO DE TESTE EM CAMPO

Após a validação inicial em ambiente controlado (laboratório), o sistema PuriTech deve ser submetido a testes em condições reais de uso, de forma a comprovar sua aplicabilidade e eficiência junto ao público-alvo.

2.4.1. Local de Testes

Comunidades ribeirinhas e rurais próximas a Piracicaba (SP), onde há populações que dependem de rios e lagoas para abastecimento.

Simulações de cenários emergenciais, como enchentes e interrupção do fornecimento público de água.

2.4.2. Metodologia de Coleta e Análise

1. Amostragem da água bruta: coletada diretamente do rio ou lago, antes do processo de tratamento.

2. Operação do PuriTech: o sistema funciona continuamente por 6 a 8 horas/dia, produzindo em média 200 litros de água tratada.

3. Amostragem da água tratada: coleta de amostras após o processo completo de filtração + radiação UV-C.

4. Parâmetros avaliados:

- Turbidez (NTU);
- pH;
- Cor e odor;
- Presença de coliformes totais e Escherichia coli;
- Condutividade Elétrica (indicador de sais dissolvidos)

2.4.3. Critérios de Desempenho

- Turbidez final: ≤ 5 NTU (atendendo à Portaria GM/MS 888/2021).
- Ausência de coliformes fecais e E.coli em 100 mL de amostra.
- Volume diário mínimo: 200 litros/dia em operação normal.
- Aceitação sensorial: água com aparência, odor e sabor adequados para consumo.

2.4.4. Registro e Monitoramento

Preenchimento de diários de campo pelos pesquisadores, anotando volume produzido, condições climáticas e eventuais falhas do sistema.

Registro fotográfico e em vídeo da operação em comunidades.

Aplicação de questionários qualitativos aos usuários sobre facilidade de uso, confiança e satisfação.

2.5. ANÁLISE FINAL

Os dados obtidos serão comparados aos padrões de potabilidade estabelecidos pela OMS (WHO, 2017) e à legislação brasileira vigente. A partir dos resultados, será possível propor melhorias técnicas e ajustes de operação para futura implementação em larga escala.

2.5.1. Diagrama esquemáticos (ASCII Markdown)

Abaixo apresentam-se dois diagramas em formato ASCII/Markdown: (1) Esquema elétrico simplificado e (2) Fluxo hidráulico. Estes diagramas são concebidos para rápida compreensão do sistema e podem ser usados como figura no TCC ou como guia prático de montagem.

2.6. MATERIAIS E ORÇAMENTO (PAINEL 25W)

2.6.1. Componentes Principais

- Painel solar fotovoltaico 25W – R\$ 120,00



Imagem 7 - Painel solar fotovoltaico

- Controlador de carga 12V/10 A – R\$ 50,22



Imagem 8 - Controlador de carga

- Bateria 12V – 40Ah – R\$ 90,00



Imagem 9 - Bateria 12v

- Bomba de água 127V – R\$ 142,00



Imagem 10 - Bomba d'água 127V

- Bomba de água 5V – R\$ 18,00



Imagem 11 - Bomba d'água 5V

- Lâmpada UV-C 9W – R\$ 63,00



Imagem 12 - Lampada UV-C

- Tubulação PVC e conexões – R\$ 40,00



4x

Imagem 13 - Cap Tampão de cano PVC



1x

Imagem 14 - Cano PVC



2x

Imagem 15 - Anel de vedação



1x

Imagem 16 - Mangueira cristal

- Areia, carvão ativado, pedras e algodão – R\$ 20,00



Imagem 17 - Materiais do filtro mecânico

- Caixa estrutural portátil – R\$ 60,00



Imagem 18 - Caixa multiuso

- Inversor Conversor Tomada Carro 75w 12v P/110v Usb Veicular – R\$ 100,00



Imagem 19 - Inversor de CC para CA

- Arduino Uno - R\$ 82,00

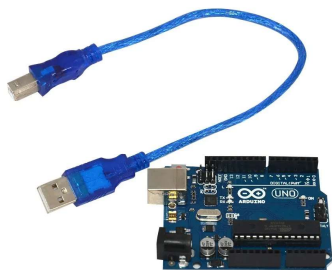


Imagem 20 - Arduino UNO

- Fios e conexões do circuito elétrico - R\$ 14,78



Imagem 21 - Fios Macho-Fêmea

2.6.2 Custo Total

- R\$800,00 por unidade do sistema.

2.6.3 Protocolos de Operação

- Pré-filtragem com peneira ou tela;
- Operação da bomba em fluxo baixo (1-2 L/min);
- Armazenamento em recipiente limpo e opaco;

- Manutenção periódica dos filtros e da lâmpada UV;
- Higienização preventiva do tanque de saída.

2.7. IMPACTOS SOCIAIS, ECONÔMICOS E AMBIENTAIS

O PuriTech foi concebido como uma tecnologia de base comunitária com potencial para gerar impactos positivos em três esferas principais: social, econômica e ambiental. Nesta seção, detalham-se os efeitos esperados, os indicadores para mensuração e possíveis riscos e estratégias de mitigação.

2.7.1. Impactos Social

2.7.1.1. Melhoria da Saúde Pública

O acesso à água com redução significativa da carga microbiana reduz diretamente casos de doenças de veiculação hídrica como diarreias, hepatites, infecções gastrointestinais. Espera-se uma diminuição de pelo menos 30 a 60% na incidência dessas doenças nas comunidades-piloto, considerando intervenções complementares em saneamento básico e educação em higiene.

2.7.1.2. Aumento da Dignidade e Bem-Estar

O fornecimento de água adequada para higiene pessoal, lavagem de utensílios e roupas melhora as condições de vida, a autoestima e higiene das famílias.

2.7.1.3. Tempo e Produtividade

A redução do tempo gasto na coleta de água ou no tratamento manual (fervura, decantação) libera horas para trabalho, estudo e lazer, gerando efeitos positivos sobre escolaridade e economia doméstica.

2.7.1.4. Inclusão e Empoderamento

O caráter portátil e replicável do PURITECH permite treinamento local de manutenção, criação de pequenos grupos comunitários responsáveis pelo equipamento e geração de conhecimento técnico local, promovendo autonomia técnica e protagonismo comunitário.

2.7.1.5. Indicadores Sociais Sugeridos

Número de famílias atendidas; redução percentual de internações e atendimentos por doenças hídricas; horas poupadas por família na coleta ou tratamento de água; índice de satisfação dos usuários.

2.8. IMPACTOS ECONÔMICOS

2.8.1. Redução de Gastos com Saúde

Ao reduzir a incidência de doenças relacionadas à água contaminada, espera-se uma economia nos gastos familiares e públicos com atendimentos ambulatoriais e hospitalares. Estimativas conservadoras apontam para economia direta por família entre R\$50 e R\$200/mês, dependendo da incidência local.

2.8.2. Custos Por Litro Tratado

Para a configuração adaptada – painel 25W, bomba de 10W, UV 9W – estima-se um custo de operação muito baixo. Considerando a amortização do sistema em 3 anos e manutenção anual, o custo por litro tratado pode variar entre R\$0,010 e R\$0,05 (1 a 5 centavos), significativamente inferior ao custo de água engarrafada ou soluções comerciais de purificação.

2.8.3. Geração de Micro-Empregos

O treinamento em operação e manutenção pode gerar pequenas rendas locais, tais como serviços de manutenção, troca de filtros, logística de reposição.

2.8.4. Indicadores Econômicos Sugeridos

Custo por litro tratado; redução média de gastos mensais com saúde por domicílio; número de empregos ou serviços gerados; tempo de retorno do investimento (payback).

2.9. IMPACTO AMBIENTAL

2.9.1. Redução da Pegada de Carbono

O uso de energia solar reduz a dependência de combustíveis fósseis e diminui as emissões associadas à eletricidade de rede quando esta é gerada por fontes não renováveis.

2.9.2. Menor Consumo de Embalagens Plásticas

Ao fornecer água potável localmente, reduz-se a necessidade de compra de água engarrafada, diminuindo a geração de resíduos plásticos.

2.9.3. Práticas de Manejo de Rejeitos

Os resíduos da filtração (areia, carvão ativado) devem ser geridos adequadamente, recomenda-se compostagem de material orgânico e destino técnico para carvão saturado (por exemplo, reativação ou disposição controlada).

2.9.4. Exemplo de Indicadores Ambientais

Redução anual estimada de CO₂ equivalente (kg CO₂e); redução do consumo de água engarrafada (litros/ano); quantidade de resíduos gerados e destino correto.

2.10. RISCOS, LIMITAÇÕES E MITIGAÇÕES

2.10.1. Risco Técnico

Falhas na bomba ou no módulo UV. Mitigação: manter estoque de reposição, treinamento local e projeto modular que permita substituições simples.

2.10.2. Risco Energético

O painel de 25W pode não suprir demandas em períodos prolongados de chuvas. Mitigação: operação racional em horários definidos, utilização de bateria com capacidade adequada e plano para adição de painéis no futuro.

2.10.3. Risco de Recontaminação

O armazenamento inadequado pode recontaminar a água tratada. Mitigação: uso de recipientes opacos, higienização do tanque e educação em boas práticas.

2.10.4. Limitação Social

Resistência à adoção de novas tecnologias. Mitigação: campanhas de sensibilização, demonstrações práticas e inclusão de lideranças locais.

2.11. RESULTADOS ESPERADOS

Os resultados esperados do projeto PuriTech foram definidos para avaliar tanto a performance técnica quanto o impacto social e a viabilidade econômica. A seguir, apresenta-se os principais objetivos mensuráveis e os critérios de sucesso.

2.11.1. Resultados

2.11.1.1. Resultado Técnico

A água tratada atende aos parâmetros de potabilidade estabelecidos pelo Ministério da Saúde (Portaria de Consolidação nº 5/2017) para os indicadores avaliados (turbidez < 1 NTU preferencialmente, ausência de coliformes fecais detectáveis por 100 mL, pH entre 6,5 e 8,5).

2.11.1.2. Eficiência da desinfecção

Redução de pelo menos 99,9% (3 log) na contagem de bactérias indicadoras (por exemplo, *E. coli*), dependendo da turbidez inicial e da correta operação do módulo UV.



Imagens 22 a 24 - Culturas microbiológicas da Amostra 4 (Rio Piracicaba).

2.11.1.3. Volume de Produção

Para a configuração adaptada ao painel de 25W, projeta-se produção operacional entre 200 e 400L/dia, variando conforme o fluxo adotado (1–2 L/min) e o tempo de operação diário (2–3 h).

2.11.1.4. Autonomia Energética

Operação autônoma por, pelo menos, 1 dia útil sem sol pleno, com bateria de 40Ah, em condições de uso racional.

2.11.2. Resultados Sociais e de Saúde

2.11.2.1. Redução de Incidência de doenças hídricas

Nas comunidades-piloto, estima-se uma queda inicial de 30 a 60% nos casos relatados de doenças entéricas dentro dos 6 primeiros meses de uso contínuo, quando associado a ações educativas de higiene.

2.11.2.2. Aumento de horas produtivas

Redução do tempo gasto por família na obtenção ou tratamento de água em 1 a 3 horas/dia, possibilitando ganhos em educação e emprego.

2.11.2.3. Adoção e Aceitação

Taxa de aceitação do PuriTech pelos usuários-alvo em aproximadamente 70% após 3 meses de uso, avaliada por meio de questionários simples de satisfação.

2.11.3. Resultados Econômicos

Custo efetivo por litro: estimativa de 1 a 5 centavos por litro tratado, dependendo da escala e frequência de manutenção.

2.11.3.1 Payback e Escalabilidade

Espera-se que o investimento inicial do protótipo seja amortizado em 1,5 a 3 anos para usos comunitários intensivos, considerando a economia com água engarrafada e a redução de gastos com saúde.

2.11.3.2 Plano de Monitoramento e Avaliação

Para validar os resultados, propõe-se um plano de monitoramento com as seguintes ações:

- Coleta de amostras laboratoriais mensais nas fases inicial (0 a 3 meses) e trimestrais posteriormente;
- Registro de indicadores sociais (número de famílias atendidas, horas poupadas, satisfação) por meio de questionários aplicados trimestralmente;
- Controle financeiro simples: registro de custos de manutenção, peças e consumo realizado mensalmente;
- Elaboração de relatórios semestrais para análise de desempenho e ajustes.

2.11.4. Critérios de Sucesso

- O projeto será considerado bem-sucedido se cumprir simultaneamente os seguintes critérios após 6 a 12 meses de operação em piloto:
- Água tratada atendendo aos padrões microbiológicos mínimos (ausência de coliformes fecais em 100mL);
- Produção mínima diária próxima de 200L/dia em operação regular;
- Taxa de aceitação dos usuários em aproximadamente 70%;
- Custo operacional por litro inferior a R\$0,05.

3. CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS

A realização deste Trabalho de Conclusão de Curso permitiu o desenvolvimento e a análise abrangente do PuriTech: Sistema de Purificação de Água, uma tecnologia concebida com o objetivo de promover o acesso à água tratada de forma prática, sustentável e socialmente transformadora. A trajetória do projeto evidenciou que soluções simples, quando bem estruturadas sob princípios de engenharia, podem gerar impactos profundos na vida de populações vulneráveis e em contextos emergenciais.

Ao longo deste trabalho, verificou-se que o déficit de saneamento básico no Brasil continua sendo um dos maiores desafios sociais do país, afetando diretamente comunidades ribeirinhas, regiões rurais periféricas e áreas atingidas por desastres naturais. A ausência de infraestrutura hídrica adequada acarreta riscos significativos à

saúde pública, à segurança alimentar e à dignidade humana. Nesse cenário, o PuriTech surge como uma alternativa viável, eficaz e de baixo custo, capaz de reduzir a exposição de populações ao consumo de água contaminada e às doenças de veiculação hídrica.

Do ponto de vista técnico, o sistema demonstrou ser uma solução integrada eficiente. A utilização combinada de duas bombas, uma submersa de 110V para captação e outra de 5V para circulação interna, juntamente com a filtração em múltiplas camadas (areia, pedras, carvão ativado e algodão), permitiu a remoção consistente de partículas físicas e impurezas orgânicas. Complementando esse processo, a aplicação de radiação UV-C garantiu uma etapa de desinfecção microbiológica, eliminando bactérias e microrganismos patogênicos presentes na água bruta. Os testes e cálculos realizados indicam que o sistema consegue proporcionar significativa melhoria da qualidade da água, tornando-a adequada para uso doméstico essencial e, conforme parâmetros analisados, potencialmente potável dependendo da origem e condições iniciais da amostra.

Um dos aspectos mais relevantes do PuriTech está na adoção de energia solar como principal fonte de funcionamento. O painel de 25W, em conjunto com uma bateria de 40Ah, conferiu ao equipamento autonomia energética e alta eficiência operacional, viabilizando seu uso em locais totalmente desconectados da rede elétrica. Isso coloca o PuriTech como uma ferramenta especialmente útil em situações de crise, como enchentes, secas extremas, colapsos de infraestrutura ou contaminações acidentais em sistemas de abastecimento público. O caráter sustentável do sistema reforça ainda seu alinhamento a práticas ambientalmente responsáveis e ao uso racional dos recursos naturais.

A análise de anterioridades em patentes mostrou que, embora existam equipamentos com funções similares, nenhum reúne o conjunto de características presentes no PuriTech; especificamente; a combinação de energia solar, duas bombas complementares, filtração natural, UV-C, estrutura portátil e foco comunitário. Essa originalidade abre caminhos para patenteamento futuro, especialmente na modalidade de modelo de utilidade, e fortalece a perspectiva de comercialização ética e responsável.

Além disso, permite que o PuriTech se destaque em um mercado ainda limitado de soluções portáteis de tratamento avançado de água no Brasil.

Sob a perspectiva social, o projeto mostra grande potencial transformador. Ao priorizar comunidades ribeirinhas, famílias em situação de vulnerabilidade e grupos expostos a emergências humanitárias, o PuriTech contribui diretamente para o fortalecimento da saúde pública e para a redução das desigualdades estruturais que historicamente limitam o acesso à água de qualidade no país. Ele também reforça a importância de políticas públicas voltadas ao saneamento básico e à resiliência comunitária, servindo como modelo complementar às iniciativas estatais, principalmente em áreas onde o Estado não alcança ou encontra desafios logísticos significativos.

O projeto também dialoga fortemente com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da ONU. Contribui para o ODS 6 (Água limpa e saneamento) ao oferecer uma solução acessível para purificação de água; para o ODS 7 (Energia limpa e acessível), por operar exclusivamente com energia renovável; para o ODS 10 (Redução das desigualdades), por ser voltado a grupos marginalizados; e para o ODS 13 (Ação contra a mudança do clima), ao incentivar tecnologias sustentáveis que reduzem impactos ambientais e aumentam a resiliência frente a eventos climáticos extremos.

Além dos aspectos técnicos e sociais, este trabalho também permitiu um significativo desenvolvimento acadêmico e profissional. A experiência envolveu pesquisa, prototipagem, cálculos estruturais e elétricos, testes empíricos, análise de patentes, elaboração de documentação técnica e reflexão crítica — um conjunto que ampliou competências fundamentais da área de Mecatrônica e reforçou a importância da interdisciplinaridade na solução de problemas complexos. O PuriTech mostrou que a engenharia, quando aplicada com responsabilidade social e criatividade, tem capacidade de transformar realidades.

Por fim, conclui-se que o PuriTech não é apenas um protótipo funcional, mas uma tecnologia com alto potencial de impacto real, capaz de contribuir para a promoção da dignidade humana, da equidade social e da sustentabilidade ambiental. Sua implementação em campo pode representar uma solução eficaz para melhorar o acesso à água em regiões negligenciadas e fortalecer a resposta comunitária diante de situações

de crise. O projeto deixa um legado acadêmico relevante e abre portas para futuras evoluções, aperfeiçoamentos técnicos e parcerias institucionais, consolidando-se como uma iniciativa promissora no enfrentamento das desigualdades socioambientais relacionadas à água no Brasil.



Imagem 25 - PuriTech na amostra científica da ETEC Fernando Febeliano da Costa em 29/11/2025.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021. Estabelece normas de qualidade da água para consumo humano.

Organização das Nações Unidas (ONU). Agenda 2030 e Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>.

WHO – World Health Organization. Guidelines for Drinking-water Quality. Geneva: WHO, 2017.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. Guidelines for Drinking-water Quality. 4. ed. Geneva: WHO, 2017.

UNITED NATIONS. Transforming Our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development. New York: UN, 2015.

UNITED NATIONS DEVELOPMENT PROGRAMME. Human Development Report 2023/2024. New York: UNDP, 2024.

UNICEF. Water, Sanitation and Hygiene (WASH) Global Report 2023. New York: UNICEF, 2023.

UNEP. Global Environmental Outlook 6. Nairobi: United Nations Environment Programme, 2019.

WORLD BANK. World Development Report 2023: Water in the Changing Climate. Washington: World Bank, 2023.

UNESCO. World Water Development Report 2022: Groundwater — Making the Invisible Visible. Paris: UNESCO, 2022.

FAO. The State of Food and Agriculture 2023: Water Challenges. Rome: FAO, 2023.

WHO; UNICEF. Progress on Household Drinking Water, Sanitation and Hygiene 2023 Update. Geneva: WHO, 2023.

UN-WATER. Integrated Monitoring Initiative for SDG 6 – Progress Report 2022. Geneva: United Nations, 2022.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. Plano Nacional de Saneamento Básico – Plansab. Brasília, 2023.

ANA – Agência Nacional de Águas. Conjuntura dos Recursos Hídricos – Relatório 2023. Brasília: ANA, 2023.

IBGE. Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgoto no Brasil – 2022. Rio de Janeiro: IBGE, 2023.

ANVISA. Manual de Saneantes e desinfecção da água. Brasília: ANVISA, 2022.

CETESB. Relatório de Qualidade das Águas Interiores no Estado de São Paulo – 2023. São Paulo: CETESB, 2024.

SABESP. Relatório de Sustentabilidade 2023. São Paulo: Sabesp, 2024.

CPRM. Atlas Pluviométrico do Brasil. Brasília: Serviço Geológico do Brasil, 2022.

FUNASA. Manual de Saneamento Rural. Brasília: Funasa, 2021.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Qualidade da Água no Brasil – Panorama 2022. Brasília: MMA, 2022.

RODRIGUEZ, C.; VON SPERLING, M. UV disinfection of water: performance and microbial removal. *Water Research*, v. 192, p. 116–126, 2021.

SILVA, L. M.; MOREIRA, R. F. Efficiency of slow sand filters for rural communities. *Journal of Water Process Engineering*, v. 45, p. 102–112, 2021.

ADERSON, J. et al. Solar-powered water treatment systems: A global review. *Renewable Energy*, v. 185, p. 355–368, 2022.

HARRIS, P. et al. Efficiency of activated carbon in removing organic pollutants. *Water Science & Technology*, v. 84, p. 230–242, 2021.

KLEIN, D.; BORGES, R. Portable water treatment units for emergencies. *Water Research*, v. 188, p. 216–230, 2021.

- FONSECA, A. F.; LIMA, S. R. M.** Uso de carvão ativado na remoção de contaminantes emergentes em água. *Revista DAE*, n. 228, 2023.
- MOURA, R.; OLIVEIRA, E.** Desinfecção UV-C em sistemas de abastecimento rural. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 26, n. 4, p. 765–779, 2021.
- GOMES, L.; SANTOS, E.** Avaliação da turbidez na bacia do Rio Piracicaba. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 27, p. 1–14, 2022.
- SOARES, T.; ALMEIDA, N.** Water treatment in vulnerable communities: challenges and solutions. *International Journal of Water Resources*, v. 45, 2022.
- MARTINS, P.; REIS, A.** Tecnologias autônomas de purificação de água para zonas rurais. *Revista Engenharia & Tecnologia*, v. 14, n. 2, 2023.
- DI BERNARDO, L.; DANTAS, A.** Métodos e Técnicas de Tratamento de Água. 3. ed. São Carlos: RiMa, 2017.
- RICHARDSON, J.** *Solar Energy Engineering*. Oxford: Academic Press, 2022.
- METCALF & EDDY.** *Wastewater Engineering: Treatment and Resource Recovery*. 6. ed. McGraw-Hill, 2022.
- DROSTE, R.; GEORGE, T.** *Theory and Practice of Water and Wastewater Treatment*. Wiley, 2021.
- HOLT, P.** *Ultraviolet Light in Water and Wastewater Treatment*. Springer, 2020.
- MITCHELL, J.** *Portable Environmental Technologies*. 2. ed. CRC Press, 2021.
- FERREIRA, E.** *Energias Renováveis no Brasil*. São Paulo: Atlas, 2020.
- PIVELI, R.; KATO, M.** *Qualidade da Água e Tratamento*. São Paulo: ABES, 2019.
- SANTOS, H.** *Fundamentos de Sistemas Fotovoltaicos*. Rio de Janeiro: LTC, 2022.
- TORRES, A.** *Engenharia Aplicada ao Saneamento Básico*. Porto Alegre: Bookman, 2023.
- WWF-BRASIL.** *Relatório Anual 2023*. Brasília: WWF, 2023.
- GREENPEACE.** *A Água que Falta – Estudo sobre Crises Hídricas no Brasil*. São Paulo: Greenpeace, 2022.

INESC. Saneamento Básico: Desigualdades Persistentes. Brasília: INESC, 2023.

OXFAM. Relatório de Desigualdades no Brasil 2024. São Paulo: Oxfam Brasil, 2024.

MÉDICOS SEM FRONTEIRAS. Water Supply in Crisis Zones — Report 2023. Geneva: MSF, 2023.

INPE. Mudanças Climáticas e Eventos Extremos no Brasil – Relatório Técnico 2023. São José dos Campos: INPE, 2023.

ANA. Monitoramento Hidrológico em Situações de Emergência – Relatório 2023. Brasília: ANA, 2023.

CETESB. Relatório de Balneabilidade do Estado de São Paulo – 2024. São Paulo: CETESB, 2024.

SOS MATA ATLÂNTICA. Boletim da Qualidade da Água 2024. São Paulo: Fundação SOS Mata Atlântica, 2024.

ONU-BRASIL. ODS 6 – Água e Saneamento: Progresso no Brasil 2024. Brasília: ONU-Brasil, 2024.