

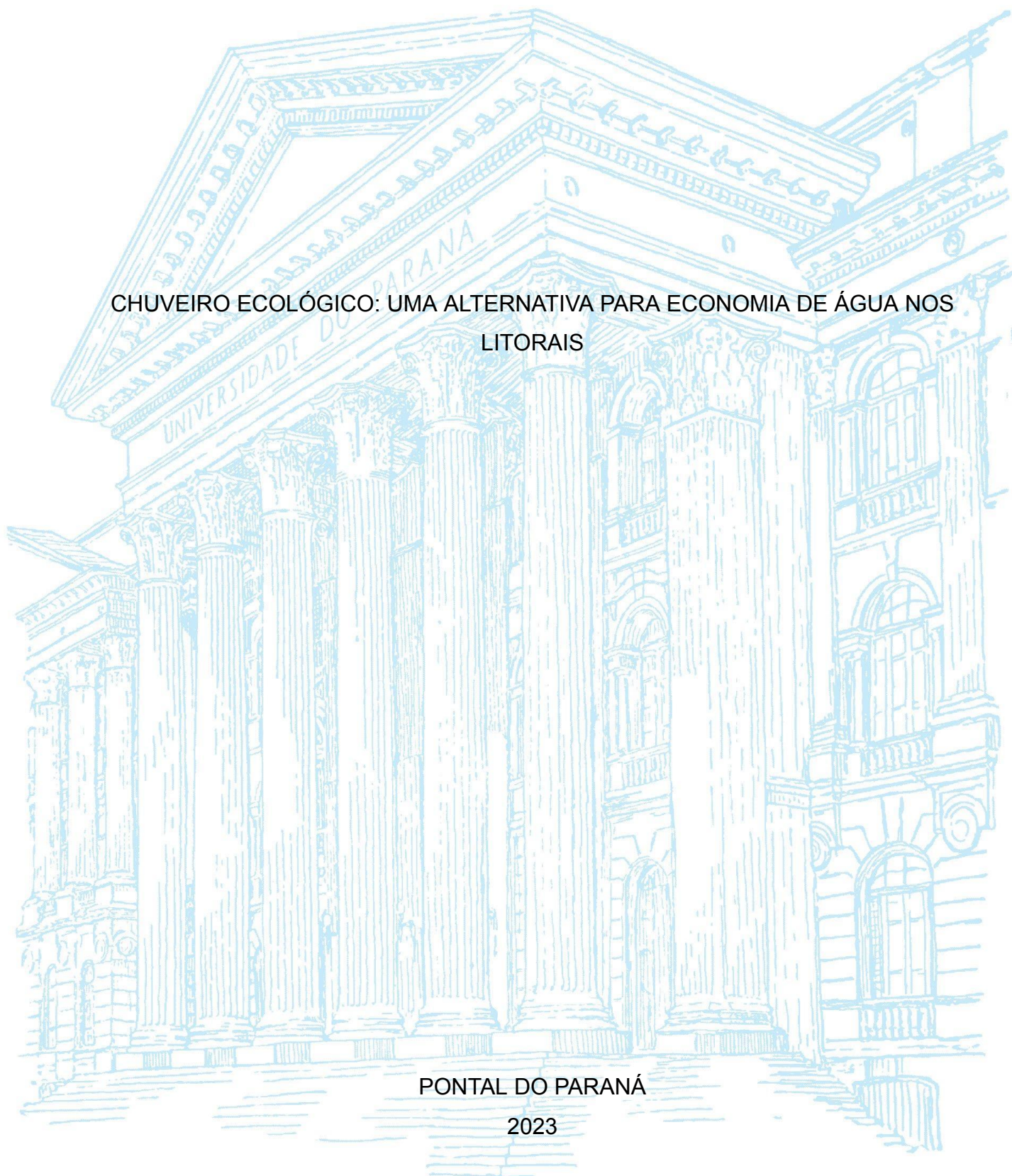
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

EDUARDA MIRANDA PEREIRA

CHUVEIRO ECOLÓGICO: UMA ALTERNATIVA PARA ECONOMIA DE ÁGUA NOS
LITORAIS

PONTAL DO PARANÁ

2023



EDUARDA MIRANDA PEREIRA

CHUVEIRO ECOLÓGICO: UMA ALTERNATIVA PARA ECONOMIA DE ÁGUA NOS
LITORAIS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária, Centro de Estudos do Mar, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária.

Orientador: Prof. Dr. Fernando Augusto S. Armani

PONTAL DO PARANÁ

2023



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
Avenida Deputado Anibal Khury, 2033, - Bairro Balneário Pontal do Sul, Pontal do Paraná/PR, CEP 83255-976
Telefone: 4135118600 - <http://www.ufpr.br/>

TERMO
TERMO DE APROVAÇÃO

Eduarda Miranda Pereira

**“CHUVEIRO ECOLÓGICO: UMA ALTERNATIVA PARA ECONOMIA DE
ÁGUA NOS LITORAIS.”**

Trabalho de Conclusão de Curso aprovado como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária, da Universidade Federal do Paraná, pela Banca formada pelos membros:

Prof^a. Dra. Daniela Evaniki Pedroso - CPP-CEM/UFPR

Prof^o Dr. Carlos Eduardo Rossigali - CPP-CEM/UFPR

Prof^o Dr. Fernando Augusto Silveira Armani - CPP-CEM/UFPR
Presidente

Pontal do Paraná, 23 de fevereiro de 2023.



Documento assinado eletronicamente por **FERNANDO AUGUSTO SILVEIRA ARMANI**,
PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR, em 03/03/2023, às 11:20, conforme art. 1º, III,
"b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **CARLOS EDUARDO ROSSIGALI, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 03/03/2023, às 11:21, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **DANIELA EVANIKI PEDROSO, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 03/03/2023, às 11:23, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



A autenticidade do documento pode ser conferida [aqui](#) informando o código verificador **5283857** e o código CRC **58215E26**.

Rua XV de Novembro, 1299 – Centro – CEP: 80.060-000 – Curitiba-PR
Fone (41) 3360-5187 – E-mail: contratos@ufpr.br

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a Deus, pela minha vida, e por me capacitar para ultrapassar todos os obstáculos e permitir com que meus objetivos fossem alcançados, durante todos os meus anos de estudos.

Aos meus pais, Alan e Daiane, e irmãos, Daylan e Emanuely, que sempre me incentivaram e estiveram ao meu lado nos momentos difíceis e me deram todo o suporte para chegar até aqui. Vocês são o motivo do meu empenho e dedicação.

Ao Luiz Ricardo, que esteve ao meu lado durante todo o meu percurso acadêmico e desenvolvimento deste trabalho, sempre demonstrando compreensão e paciência.

As minhas amigas Gabriele Dias, Giovana Caetano, Leticia Santos e Lizandra Thais, e amigo Thiago Dias pela parceria incondicional durante todo o curso.

Ao Fernando Forigo, pelo apoio e incentivo demonstrado ao longo de todo o período em que me dediquei a este trabalho.

Aos meus professores, em especial meu orientador Fernando Armani, pelas correções e ensinamentos que me permitiram apresentar um melhor desempenho no meu processo de formação profissional.

O conhecimento compartilhado é a engrenagem do desenvolvimento.
(FAGNER JOSÉ DA SILVA GOMES)

RESUMO

Este trabalho apresenta o projeto e a avaliação de uma tecnologia denominada por Chuveiro Ecológico. O equipamento foi elaborado para a instalação na areia da praia, para utilização dos banhistas. A água para funcionamento do chuveiro é captada do lençol freático e bombeada para a superfície através de acionamento manual. Um compartimento de cloro é previsto para realizar a desinfecção da água captada. Foram instalados 7 chuveiros no litoral do Paraná, sendo 4 nas praias de Matinhos e 3 nas praias de Pontal do Paraná. Os parâmetros monitorados neste trabalho foram pH, turbidez, cloro total, coliformes totais e *Escherichia coli*. As análises foram realizadas durante a temporada de verão 2017 e 2018. Foi constatado que o chuveiro é capaz de bombear 1,96 L de água do lençol freático a cada acionamento. Através de um sensor de fluxo, instalado em um dos chuveiros de Matinhos, foram contabilizados 722 L de água em uma tarde de uso, o que demonstra a importância dessa tecnologia para a redução do consumo de água em sistemas públicos de abastecimento em regiões litorâneas, que normalmente atingem sua capacidade máxima em épocas de alta temporada devido ao aumento do número de pessoas que os frequentam.

Palavras-chave: Chuveiro ecológico. Consumo de água. Litoral. Lençol freático.

ABSTRACT

This work presents the design and evaluation of a technology called Ecological Shower. The equipment was designed to be installed on the beach sand, for use by bathers. The water for the shower is captured from the water table and pumped to the surface through manual activation. A chlorine compartment is provided to disinfect the collected water. Were installed 7 showers on the coast of Paraná, 4 on the beaches of Matinhos and 3 on the beaches of Pontal do Paraná. The parameters monitored in this work were pH, turbidity, total chlorine, total coliforms and Escherichia coli. The analyzes were carried out during the 2017 and 2018 summer season. It was found that the shower is capable of pumping 1.96 L of water from the groundwater at each activation. Through a flow sensor, installed in one of the Matinhos showers, 722 L of water were counted in one afternoon of use, which demonstrates the importance of this technology for reducing water consumption in public supply systems in coastal regions, which usually reach their maximum capacity in times of high season due to the increase in the number of people who attend them.

Keywords: Eco shower. Water consumption. Coast. Groundwater.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – CHUVEIRO ECOLÓGICO INSTALADO NA PRAIA DE PONTAL DO PARANÁ - PR DURANTE O VERÃO DE 2018.....	23
FIGURA 2 – LOCAIS DE INSTALAÇÃO DOS CHUVEIROS EM MATINHOS E EM PONTAL DO PARANÁ NO ANO DE 2018.....	24
FIGURA 3 – SENSOR MEDIDOR DE VAZÃO, ACOPLADO A UM MICROCONTROLADOR ARDUINO PARA A LEITURA E GRAVAÇÃO DAS MEDIÇÕES.....	27
FIGURA 4 – PROJEÇÃO DO CHUVEIRO ECOLÓGICO ATRAVÉS DA PLATAFORMA DE PROJEÇÃO 3D SKETCHUP.....	29
FIGURA 5 – COMPONENTE 1 DO CHUVEIRO ECOLÓGICO, DENOMINADO ÊMBOLO.....	31
FIGURA 6 – COMPONENTE 2 DO CHUVEIRO ECOLÓGICO, DENOMINADO FILTRO.....	31
FIGURA 7 – COMPONENTE 3 DO CHUVEIRO ECOLÓGICO, DENOMINADO BOMBA.....	32

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 – CONDIÇÕES DO TEMPO NOS MUNICÍPIOS DE MATINHOS E PONTAL DO PARANÁ NOS DIAS DAS COLETAS DE AMOSTRAS (17, 25 E 31 DE JANEIRO DE 2018.....	28
GRÁFICO 2 – VOLUME DE ÁGUA ACUMULADA QUE FOI BOMBEADA PELO CHUVEIRO NO DIA 31/01/2018.....	35

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – COORDENADAS UTM DOS PONTOS DE INSTALAÇÃO DOS CHUVEIROS EM MATINHOS E EM PONTAL DO PARANÁ NO ANO DE 2018.....	25
TABELA 2 – ITENS UTILIZADOS PARA A CONSTRUÇÃO DO CHUVEIRO ECOLÓGICO, AS SUAS RESPECTIVAS QUANTIDADES E COMPRIMENTOS.....	26
TABELA 3 – DIAS DAS COLETAS DAS AMOSTRAS DE ÁGUAS NOS CHUVEIROS ECOLÓGICOS INSTALADOS NOS MUNICÍPIOS PARANAENSES DE MATINHOS E PONTAL DO PARANÁ, 2018.....	27
TABELA 4 – MÉTODOS UTILIZADOS PARA AVALIAÇÃO DOS PARÂMETROS SELECIONADOS.....	28
TABELA 5 – PREÇO MÉDIO DOS ITENS PARA FABRICAÇÃO DO CHUVEIRO ECOLÓGICO EM PVC E EM PPR.....	34
TABELA 6 – RESULTADOS DA ANÁLISE DA QUALIDADE DA ÁGUA DA AMOSTRA BOMBEADA PELO CHUVEIRO.....	35

LISTA DE ABREVIATURAS OU SIGLAS

ANA	- Agência Nacional das Águas
CONAMA	- Conselho Nacional do Meio Ambiente
PPR	- Polipropileno Copolímero Random
PVC	- Policloreto de vinila

LISTA DE SÍMBOLOS

® - marca registrada

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
1.1 JUSTIFICATIVA	17
1.2 OBJETIVOS	17
1.2.1 Objetivo geral	17
1.2.1 Objetivos específicos	18
2 REVISÃO DE LITERATURA	19
3 MATERIAL E MÉTODOS	23
3.1 ÁREA DE ESTUDO	24
3.2 PROJETO DO CHUVEIRO ECOLÓGICO	25
3.3 ESTRATÉGIA AMOSTRAL/ ANÁLISES LABORATORIAIS	27
4 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS	29
4.1 PROJETO DO CHUVEIRO ECOLÓGICO	29
4.2 ANÁLISE DA QUALIDADE DA ÁGUA	34
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	37
REFERÊNCIAS	38

1 INTRODUÇÃO

O consumo de água durante o verão é geralmente mais elevado que em outras estações (IGUA, 2021). Isso ocorre devido a diversos fatores inerentes a essa estação, como por exemplo, às altas temperaturas. Em cidades litorâneas, o consumo de água é ainda maior devido ao aumento populacional em virtude de atividades turísticas.

No litoral do Paraná, a população dos três municípios mais frequentados por turistas (Matinhos, Guaratuba e Pontal do Paraná) é de aproximadamente 102 mil habitantes (IBGE, 2021), mas somente no *Réveillon* de 2022 houve mais de 2 milhões de pessoas (GAZETA DO POVO, 2022), superando números que antecederam a pandemia de COVID-19 como em 2018/2019 quando registrou-se 1,7 milhões de pessoas frequentando essas cidades (BEM PARANÁ, 2019). Nessas épocas, a demanda por água é muitas vezes maior que a capacidade do sistema público de abastecimento, resultando em escassez de água à população.

Existem diversas tecnologias que contribuem para a atenuação do consumo de água potável. Captação de água da chuva e utilização de água do lençol freático são maneiras para usos não potáveis que reduzem o uso de água da rede pública de abastecimento. Além disso, são excelentes alternativas para o litoral do Paraná, uma vez que a sua gestão também pode atenuar alguns problemas associados à drenagem urbana, comuns nas zonas costeiras (TASCA *et al.*, 2017; YANG e SCANION, 2019).

Durante o processo de infiltração e percolação das águas pluviais no solo, o processo de clarificação, tal como é denominado nas estações de tratamento de água, ocorre naturalmente (VERAS e DI BERNARDO, 2008). Tal processo auxilia na remoção dos sólidos em suspensão e conseqüentemente na qualidade das águas subterrâneas que geralmente apresentam boas propriedades físico-químicas e bacteriológicas, sendo muitas vezes apropriadas para o consumo humano, após apenas a sua desinfecção (ZOBY, 2008; MATTOS *et al.*, 2017).

Uma proposta que tem sido adotada nos litorais do Brasil durante o verão é o chuveiro ecológico. Esse dispositivo é projetado para captar a água do lençol freático através do bombeamento manual, que é realizado por pessoas para se refrescar, remover a areia do corpo e para vários outros usos, exceto para beber, já que a água é tratada, mas não é potável. Ainda assim, embora este instrumento seja

uma alternativa para economizar água pública, não é possível garantir que a qualidade da água do lençol freático seja adequada para banho.

1.1 JUSTIFICATIVA

A água subterrânea tem se destacado como uma alternativa sustentável de abastecimento público, em vista do baixo investimento para captação e qualidade geralmente superior às águas superficiais (REBOUÇAS, 2002).

Nos municípios de Matinhos e Pontal do Paraná, cidades turísticas do litoral do Paraná, onde a população flutuante cresce consideravelmente durante o verão, o consumo de água geralmente é superior à capacidade do sistema de abastecimento público, ocasionando episódios de falta de água à população.

Nessas cidades, um chuveiro ecológico vem se popularizando e vem sendo utilizado como alternativa para economizar água pública durante o verão. Trata-se de um dispositivo instalado nas praias do litoral que capta a água do lençol freático através do bombeamento manual realizado por pessoas para se refrescar, remover a areia do corpo e para vários outros usos, exceto para beber. Assim, o consumo de água da rede pública de abastecimento é atenuado para este fim.

Apesar de geralmente as águas subterrâneas apresentarem boa qualidade, não há garantia disso. A água proveniente do lençol freático varia de acordo com as substâncias dissolvidas que estão presentes no solo, bem como das condições hidrogeológicas da região. A Resolução CONAMA nº 396 de 2008 define como a água subterrânea como toda e qualquer água que ocorra naturalmente ou artificialmente no subsolo, classificando-a em seis classes de acordo com sua qualidade (BRASIL, 2008).

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

O objetivo deste trabalho é apresentar o projeto do chuveiro ecológico, comparar diferentes materiais para fabricação do mesmo e avaliar o seu desempenho em tratar a água do lençol freático num nível adequado à utilização para fins não potáveis por banhistas.

1.2.1 Objetivos específicos

- Avaliar o consumo de água do chuveiro por banhistas;
- Avaliar a durabilidade do chuveiro em PVC;
- Avaliar parâmetros físicos, químicos e microbiológicos das águas bombeadas por chuveiros ecológicos instalados nas praias de Matinhos e Pontal do Paraná.

2 REVISÃO DE LITERATURA

O desenvolvimento e o funcionamento do espaço urbano, agrícola e industrial aumentam a demanda por água, que, necessariamente, deve estar com qualidade e quantidade apropriada para seu uso (FREITAS *et al.*, 2002).

Cerca de 12% da disponibilidade de água doce do planeta está no Brasil (ANA, 2020), sendo esse então, o país com a maior disponibilidade hídrica, concentrada principalmente em três grandes bacias: Amazônica, São Francisco e Paraná. Ainda assim, há preocupação sobre a disponibilidade de água de abastecimento público, principalmente em áreas urbanas devido aos processos antrópicos a que estão sujeitas (SOUZA e GASTALDINI, 2014; LAKSHMI, FAYNE e BOLTEN, 2018): pesquisas científicas têm revelado a degradação da qualidade da água em várias cidades brasileiras (CETESB, 2004; ARMANI *et al.*, 2018; ALEGBELEYE e SANT'ANA, 2020; HOLCOMB *et al.*, 2020).

A deterioração de fontes hídricas encarece e ameaça o abastecimento público e reforça a necessidade de investimentos em saneamento. Parte das regiões hidrográficas do Brasil apresenta problemas em relação a qualidade e/ou quantidade de água. Portanto, a Agência Nacional de Águas considera as águas subterrâneas fundamentais para o abastecimento público, em razão das recentes crises de abastecimento, frente à escassez de diversos reservatórios, ao lançamento de esgoto sanitários em corpos hídricos e à crescente contaminação de águas superficiais (ANA, 2015).

As águas subterrâneas, em seu estado natural, geralmente apresentam boa qualidade para diferentes usos. No entanto, assim como as águas superficiais, a qualidade pode ser modificada direta ou indiretamente por atividades antrópicas e exploração inadequada (ANA, 2020). Azevedo (2006) descreveu o aproveitamento de um manancial subterrâneo para abastecimento público em uma comunidade do município de Urucará - AM e concluiu que ele apresenta condições hidrogeológicas satisfatórias para o fim pretendido. Em contrapartida, as águas superficiais da mesma comunidade não são apropriadas para consumo humano sem que haja um tratamento prévio adequado.

No Brasil, são de responsabilidade da União as normas aplicáveis sobre as águas. Desta forma, os padrões de potabilidade da água são definidos pela Portaria do Ministério da Saúde Nº 888, de 04 de maio de 2021 que dispõe sobre os

procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade (BRASIL, 2021). Já os padrões de qualidade ambiental são estabelecidos pelas Resoluções do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA).

A resolução do CONAMA n° 396 de 2008 dispõe sobre os padrões e diretrizes ambientais para a classificação das águas subterrâneas, a fim de precaver e controlar a poluição, além de promover a proteção da qualidade dessas águas. Com a legislação, as águas subterrâneas, assim como já acontece com as águas de superfície, passam a ser classificadas de acordo com suas características hidrogeoquímicas naturais e seus níveis de poluição. Para cada uma das classes do enquadramento são delimitadas condições de qualidade a serem seguidas, sendo que, dependendo da nobreza de pretensão de uso, mais restritas são essas condições. Atualmente são estabelecidas seis classes para as águas subterrâneas: classe especial, classe I, classe II, classe III, classe IV e classe V, em ordem decrescente de sua qualidade.

Apesar de haver parâmetros legislados e órgãos controladores, a utilização de águas subterrâneas no Brasil é realizada, em grande parte, de forma empírica e não supervisionada, o que geralmente acarreta problemas de interferência entre poços, redução de fluxo de rios, além de impactos em áreas encharcadas e redução das descargas de fontes e nascentes.

Além disso, segundo Pereira (2004), a água do subsolo está sujeita a contribuição de sua bacia hidrográfica, podendo ser infectada por organismos patogênicos presentes nos esgotos. Um dos principais aspectos que inferem sobre a poluição das águas está atrelada a contaminação por coliformes fecais e totais. Esses parâmetros estão associados a contaminação de origem fecal, que resultam em doenças de veiculação hídrica. Segundo Silva *et al.* (2014), a maioria das doenças de veiculação hídrica podem ser atenuadas, desde que os padrões de abastecimento de água sejam atendidos.

Quanto à disponibilidade de água subterrânea, esta depende da recarga dos aquíferos. Lerner *et al.* (1990) definiram a recarga como um fluxo descendente de água, que alcança o sistema aquífero através da infiltração, resultando em um volume adicional ao reservatório subterrâneo. Então, de fato, a recarga pode acontecer por diferentes fontes como por precipitação pluviométrica, irrigação, contribuição de rios, lagos e canais e recarga artificial.

O processo de infiltração da água pode ser mais fácil ou dificultoso, dependendo da classificação do solo e seus compostos. Para solos com maiores teores de argila ou com grande compactação, torna-se bastante demorada a recarga de água dos lençóis freáticos (SOUSA e RODRIGUES, 2014), já para solos arenosos, que possuem menor compactação, a água infiltra com mais facilidade. No litoral do Paraná, por exemplo, o solo é denominado areia franca, pois é composto predominantemente por areia, logo a água tende a infiltrar com maior facilidade (CAUDURO, 1986).

Um dispositivo de captação de água de lençol freático que tem sido utilizado como alternativa para economizar água pública no Brasil é o chuveiro ecológico. Esse instrumento capta a água do lençol freático através do bombeamento manual realizado por pessoas na praia, a fim de se refrescarem, removerem a areia do corpo e para vários outros usos, exceto para beber. Embora este instrumento seja uma alternativa para economizar água pública, não é possível garantir que a qualidade do lençol freático seja adequada para banho. Este é um problema, especialmente em regiões onde os rios estão poluídos, como nas cidades de Matinhos e Pontal do Paraná, localizadas no litoral do Estado do Paraná (ARMANI *et al.*, 2018).

O chuveiro ecológico é um equipamento que utiliza o policloreto de vinila (PVC) como material condutor da água. O PVC é um material com ampla área de aplicação. Em se tratando de abastecimento público de água, tem se destacado como uma alternativa ecológica e resistente, por ser 100% reciclável e suportar diversas intempéries como sol, vento, chuva e maresia (RODOLFO JR, NUNES e ORMANJI, 2006).

Para Goetten (2015), a gestão das águas subterrâneas enfrenta dificuldades e está submetida a superexploração e à poluição, ainda faltam redes de monitoramento e informações sobre qualidade, volume, taxas de uso, entre outros. Apesar da falta de dados, se considera que a maioria dos recursos hídricos subterrâneos preservam suas características (ANA, 2018). A utilização das águas subterrâneas continua sendo uma alternativa barata de abastecimento do consumo humano, inclusive do ponto de vista ecológico (REBOUÇAS, 2002; HIRATA, FERNANDES e BERTOLO, 2016).

Em vista disso, além do alto custo para captação e avaliação dos sistemas hídricos, a busca pela eficiência dos usos e a inserção da água subterrânea vem sendo uma alternativa que se mostra bastante viável.

3 MATERIAL E MÉTODOS

A inovação é um processo complexo, onde a escala das atividades necessárias para inovar pode variar muito (Manual de Oslo, 1997). A inovação pode ser definida como radical ou incremental. A inovação radical gera significativas mudanças, enquanto a inovação "incremental" preenche continuamente o processo de mudança (Manual de Oslo, 1997).

Neste trabalho, o projeto apresentado foi baseado no conceito de "Inovação Incremental" descrito por Freeman (1982), aplicado a um modelo do chuveiro instalado nas praias do litoral paranaense pela Companhia de Saneamento do Paraná (SANEPAR), durante o verão (FIGURA 1). Foram feitas modificações estruturais no comprimento do tubo do êmbolo do chuveiro para bombear mais água (1,96 L em vez de 1,4 L), melhorar a eficiência do filtro de retenção de areia com o uso de manta geotêxtil e promover a desinfecção da água.

Levando em consideração que a água bombeada pelo chuveiro é retirada do lençol freático e retornada pontualmente ou localmente, aumentar o volume de água bombeada não implica em desperdício, mas em um maior conforto ao usuário. Nas seguintes seções estão descritas a área de estudo, o projeto do chuveiro e estratégia amostral/análises laboratoriais.

FIGURA 1 - CHUVEIRO ECOLÓGICO INSTALADO NA PRAIA DE PONTAL DO PARANÁ - PR DURANTE O VERÃO DE 2018



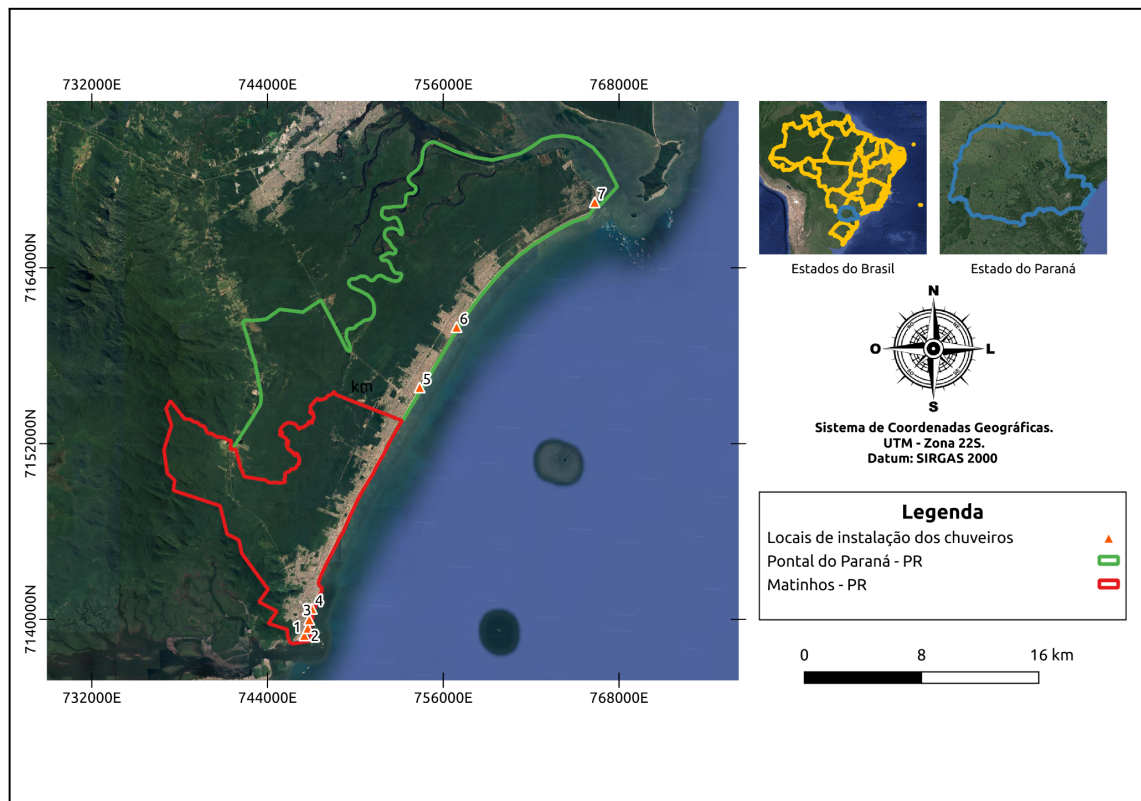
FONTE: A autora (2018).

3.1 ÁREA DE ESTUDO

Os chuveiros foram instalados nos municípios de Matinhos e Pontal do Paraná, ambos situados no litoral do estado do Paraná. Os municípios possuem uma área territorial de 117,899 km² e 200,410 km² e uma população de aproximadamente 35 mil e 28 mil pessoas, respectivamente (IBGE, 2021). O clima em ambos os municípios é classificado como subtropical úmido (Cfa), com altas temperaturas, verão úmido e chuvas abundantes distribuídas ao longo do ano (KÖPPEN e GEIGER, 1928).

Os chuveiros foram instalados em 7 pontos, sendo 3 em Pontal do Paraná e 4 em Matinhos. As localizações dos chuveiros constam no mapa da FIGURA 2, seguido da TABELA 1 que contém as respectivas coordenadas de cada ponto. Os pontos 1, 2 e 3 estão localizados no balneário Caiobá e o ponto 4 está localizado na Praia Brava, todos no município de Matinhos. Em Pontal do Paraná, o ponto 5 está situado no balneário Praia de Leste, o ponto 6 no balneário Ipanema e o ponto 7 no balneário Pontal do Sul.

FIGURA 2 - LOCAIS DE INSTALAÇÃO DOS CHUVEIROS EM MATINHOS E EM PONTAL DO PARANÁ NO ANO DE 2018



FONTE: A autora (2020).

TABELA 1 - COORDENADAS UTM DOS PONTOS DE INSTALAÇÃO DOS CHUVEIROS EM MATINHOS E EM PONTAL DO PARANÁ NO ANO DE 2018

Ponto	Coordenada X (m)	Coordenada Y (m)
1	-25.847337	-48.540411
2	-25.842834	-48.538146
3	-25.837615	-48.537225
4	-25.830901	-48.535597
5	-25.693299	-48.465128
6	-25.655737	-48.440846
7	-25.577163	-48.348703

FONTE: Autora (2020).

3.2 PROJETO DO CHUVEIRO ECOLÓGICO

Foram projetados e confeccionados sete chuveiros iguais para instalação e uso por banhistas, além da avaliação da capacidade de desinfecção da água do lençol freático no ano de 2018.

Na TABELA 2 estão listados os itens utilizados para a confecção do chuveiro ecológico, que é dividido em 4 componentes principais: componente 1 - êmbolo; componente 2 - filtro; componente 3 - bomba; componente 4 - chuveiro.

TABELA 2 - ITENS UTILIZADOS PARA A CONSTRUÇÃO DO CHUVEIRO ECOLÓGICO, AS SUAS RESPECTIVAS QUANTIDADES E COMPRIMENTOS

Item	Descrição	Quantidade/Comprimento
1	Ducha fria	1 un
2	Torneira	1 un
3	Tê com rosca DN25 e tampa	1 un
4	Ponteira	1 un
5	Disco de borracha	1 un
6	Tê com rosca DN25	1 un
7	Válvula de retenção	2 un
8	Tê DN25	5 un
9	Cap DN50	1 un
10	Cap DN25	1 un
11	Redução 50-25mm	1 un
12	Curva DN25	1 un
13	Redução DN40/DN25	1 un
14	Cap DN40	1 un
15	Tubulação de PVC de DN25	5,3 m
16	Tubulação de PVC de DN50	1 m

FONTE: A autora (2020).

LEGENDA: DN - Diâmetro nominal e UN - Unidades.

No chuveiro alocado no ponto 1, foi instalado um sensor medidor de vazão da marca *Sea* modelo YF-S201, acoplado a um microcontrolador Arduino para a leitura e gravação das medições (FIGURA 3). O sensor contabilizou o volume de água que passou pelo chuveiro no dia 31/01/2018, das 10h40min às 18h30min.

FIGURA 3 - SENSOR MEDIDOR DE VAZÃO, ACOPLADO A UM MICROCONTROLADOR ARDUINO PARA A LEITURA E GRAVAÇÃO DAS MEDIÇÕES.



FONTE: A autora (2022)

3.3 ESTRATÉGIA AMOSTRAL/ ANÁLISES LABORATORIAIS

As coletas de amostras de água para avaliação dos parâmetros de qualidade de água foram realizadas em frascos previamente esterilizados de 250 mL e na sequência acondicionadas em *coolers* a uma temperatura constante de 4° C. As datas e os chuveiros avaliados estão descritos na TABELA 3.

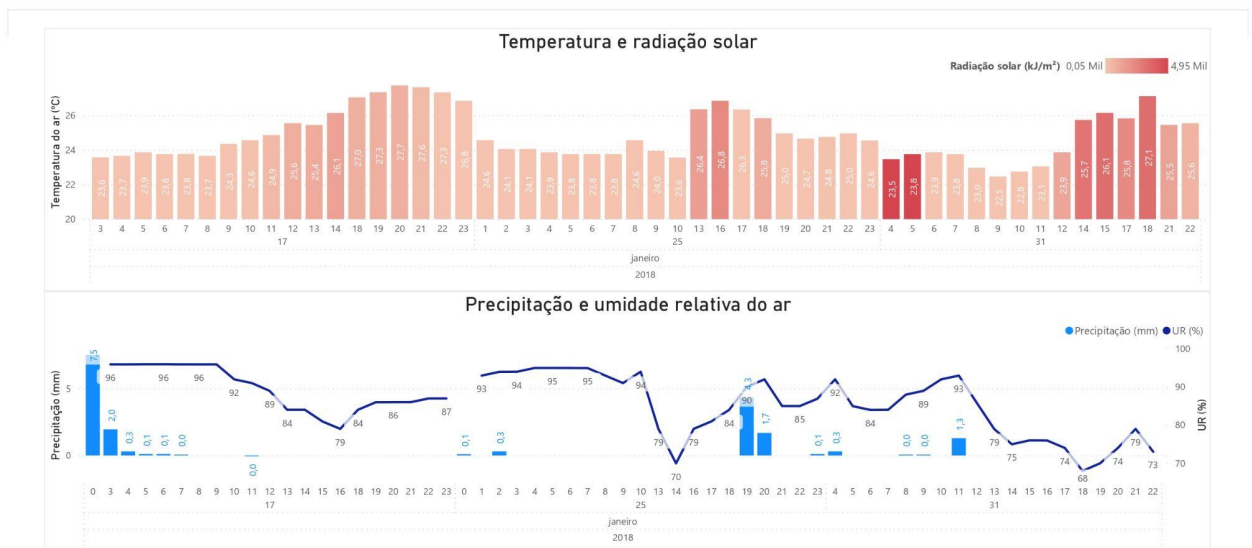
TABELA 3 - DIAS DAS COLETAS DAS AMOSTRAS DE ÁGUAS NOS CHUVEIROS ECOLÓGICOS INSTALADOS NOS MUNICÍPIOS PARANAENSES DE MATINHOS E PONTAL DO PARANÁ, 2018.

Data da coleta	Chuveiros	Município
17/01/2018	1 a 4	Matinhos - PR
25/01/2018	6	Pontal do Paraná - PR
31/01/2018	5 e 7	Pontal do Paraná - PR

FONTE: A autora (2022).

Todas as amostragens foram realizadas em dias ensolarados, sendo que o dia 31 de janeiro apresentou menor índice de nebulosidade. A temperatura do ar variou entre 22,4 e 28,2 graus Celsius e a umidade relativa entre 68 e 96% (INMET, 2020). Nos três dias foram registrados episódios de chuvas em algum horário do dia (GRÁFICO 1).

GRÁFICO 1 - CONDIÇÕES DO TEMPO NOS MUNICÍPIOS DE MATINHOS E PONTAL DO PARANÁ NOS DIAS DAS COLETAS DE AMOSTRAS (17, 25 E 31 DE JANEIRO 2018)



FONTE: ADAPTADO INMET (2023).

Os parâmetros pH, turbidez, cloro total e *E. coli* foram realizados no laboratório da SANEPAR, com apenas a análise da *E. coli* sendo realizada em triplicata. As unidades e os métodos adotados para avaliação estão na TABELA 4.

TABELA 4 - MÉTODOS UTILIZADOS PARA AVALIAÇÃO DOS PARÂMETROS SELECIONADOS.

Parâmetro	Unidade	Método/avaliação
pH	-	Quantitativo através do pHmetro de bancada
Turbidez	NTU	Quantitativo através do turbidímetro de bancada
Cloro total	mg/L	Quantitativo através de disco colorimétrico de Policontrol®
<i>E. coli</i>	NMP	Presença/ausência de <i>Escherichia coli</i> foi detectada pelo método enzimático com o substrato ReadyCult Coliform®.

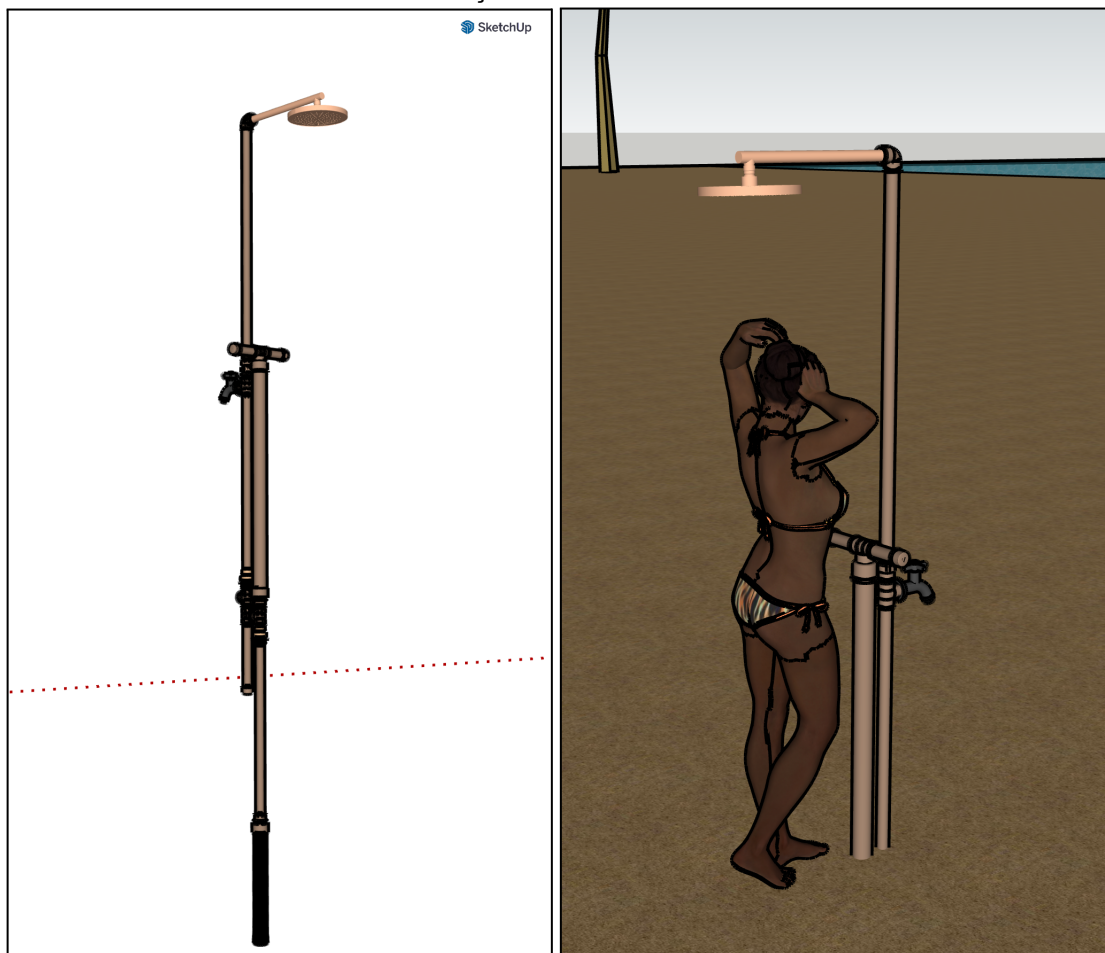
FONTE: A autora (2022).

4 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

4.1 PROJETO DO CHUVEIRO ECOLÓGICO

O processo de desenvolvimento do chuveiro gerou dois possíveis direcionamentos para o projeto, baseado nas pesquisas realizadas em relação aos materiais para confecção. Foi uma etapa onde novos questionamentos e problemas surgiram, como por exemplo possibilidades de fabricação, materiais empregados, questões ergonômicas, etc. Na FIGURA 4 está uma projeção do chuveiro que foi selecionado para fabricação e instalação no litoral do Paraná.

FIGURA 4 - PROJEÇÃO DO CHUVEIRO ECOLÓGICO ATRAVÉS DA PLATAFORMA DE PROJEÇÃO 3D SKETCHUP.



FONTE: A autora (2022).

Para uma validação final dos estudos apresentados ao longo desse documento, alguns testes físicos foram realizados em modelos funcionais e, por fim, confeccionado um modelo da alternativa do chuveiro desenvolvido.

Esses testes foram essenciais, pois a partir deles foi possível conhecer melhor os componentes internos e detalhes de suas conexões, realizar testes de usabilidade e definir características gerais do projeto.

O chuveiro projetado capta a água do lençol freático através do acionamento manual do êmbolo. Essa parte (êmbolo) foi denominada componente 1 do chuveiro e está projetada na FIGURA 5. A cada acionamento deste item, a água é sugada do solo. Neste processo, ela passa pelo filtro (chamado de componente 2, vide FIGURA 6), que tem a função de impedir que entre a areia no mecanismo do chuveiro. Em seguida, a água passa pela bomba (chamado de componente 3, vide FIGURA 7), até chegar ao usuário quando sai para atmosfera pela ducha.

Em relação ao êmbolo, componente 1 do chuveiro, ele é composto por três tubos de 25mm e uma conexão em tê de 25mm. Na extremidade do tubo foi fixado um disco de borracha de 50mm de diâmetro, cuja função é vedar a passagem de água e atuar como um pistão. O filtro, componente 2, é composto por dois tubos: um tubo de 40mm de diâmetro, revestido com manta geotêxtil, inserido em um tubo de 50mm de diâmetro. Ambos os tubos possuem ranhuras na superfície que devem ser alinhadas para permitir a entrada de água do aquífero.

Na bomba, o componente 3 possui uma válvula de retenção instalada para permitir apenas o fluxo ascendente de água. Também há uma torneira que se conecta a um tê de 20 mm de diâmetro. Mais abaixo, ainda na bomba, há outro tê para colocação de pastilhas de cloro, que têm a função de esterilizar a água bombeada. Embora a água dos aquíferos livres seja clarificada pelo solo e posteriormente desinfetada em uma câmara de cloro, a água do chuveiro só pode ser usada para fins não potáveis.

O chuveiro deve ser montado conforme a FIGURA 4 e deve ser instalado na praia, sua profundidade pode variar entre 1,1 m e 1,5 m, dependendo da quantidade de água disponível do lençol freático. Recomenda-se instalar o chuveiro longe o suficiente da água do mar para evitar o bombeamento de água salgada.

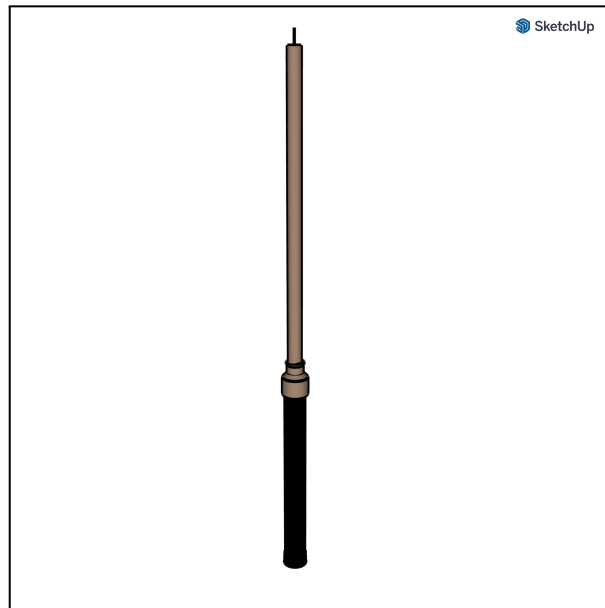
O chuveiro mostrado neste trabalho fornece aproximadamente 1,96 litros de água por bomba cheia. Para bombear mais água, é necessário aumentar o diâmetro do tubo do alojamento do êmbolo na bomba. No entanto, a força necessária para bombear água aumenta com o volume de água. Crianças, adultos e idosos podem aplicar a força necessária para usar o chuveiro durante o funcionamento com aproximadamente 2,55 kgf (força necessária para elevar a água até a superfície).

FIGURA 5 - COMPONENTE 1 DO CHUVEIRO ECOLÓGICO, DENOMINADO ÊMBOLO.



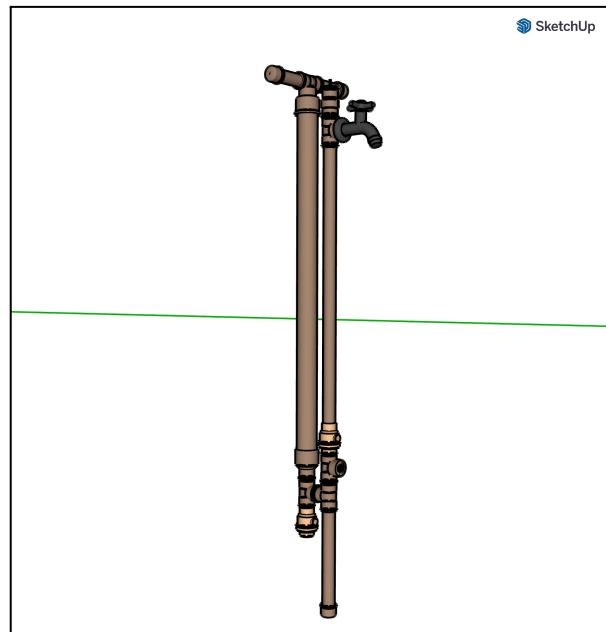
FONTE: A autora (2022)

FIGURA 6 - COMPONENTE 2 DO CHUVEIRO ECOLÓGICO, DENOMINADO FILTRO.



FONTE: A autora (2022)

FIGURA 7 - COMPONENTE 3 DO CHUVEIRO ECOLÓGICO, DENOMINADO BOMBA.



FONTE: A autora (2022)

O projeto do chuveiro ecológico foi desenvolvido inteiramente em material PVC. Mas foi orçado e comparado com o material PPR, linha exclusiva para o transporte de águas quentes.

A primeira opção para o chuveiro, e a que foi produzida para teste foi a partir de materiais em PVC. A principal aplicação desse produto é o transporte de água potável e esgoto em instalações prediais e sistemas de infraestrutura, além do uso industrial (MARTINS, FREIRE e HEMADIPOUR, 2009).

Durante os testes em campo, houve a preocupação com a resistência do material a intempéries e à salubridade da água do mar e da areia da praia. Para isso, foi aplicada à tubulação uma tinta de acabamento em poliuretano acrílico aderente ao PVC, que conferiu resistência ao calor seco de até 60°C. Com isso, o chuveiro resistiu estética e mecanicamente a todo o período em que foi utilizado e permaneceu instalado nas praias do litoral do Paraná.

Segundo Breen *et al.* (2004), o PVC rígido é um excelente material para essas aplicações, com algumas vantagens de manter a qualidade da água transportada, resistência química, resistência à oxidação, leveza devido à baixa densidade (comparado ao material metálico), fácil de reciclar, baixo custo e longa vida útil. Destaca-se por seu alto módulo de elasticidade, alta dureza e excelente estabilidade dimensional em relação a outros polímeros comerciais. Fatores

ecológicos também são levados em consideração, pois apenas 43% do PVC é proveniente do petróleo e outros 57% são provenientes do sal marinho, um recurso renovável e não poluente.

As principais características do PVC são:

- Atóxico, inerte e seguro
- Leve ($1,4 \text{ g/cm}^3$), o que facilita seu manuseio e aplicação;
- Resistente à ação de fungos, bactérias, insetos e roedores;
- Resistente à maioria dos reagentes químicos;
- Bom isolante térmico, elétrico e acústico;
- Sólido e resistente a choques;
- Impermeável a gases e líquidos;
- Resistente às intempéries (sol, chuva, vento e maresia);
- Durável: sua vida útil em construções é superior a 50 anos;
- Não propaga chamas: é auto-extinguível;
- Versátil e ambientalmente correto;
- 100% Reciclável;
- Fabricado com baixo consumo de energia.

O custo médio para fabricação do chuveiro em PVC foi de R\$ 270,00. Na TABELA 5 estão os custos dos itens necessários para a fabricação do chuveiro nos materiais PVC e PPR.

TABELA 5 - PREÇO MÉDIO DOS ITENS PARA FABRICAÇÃO DO CHUVEIRO ECOLÓGICO EM PVC e EM PPR.

Item	Descrição	Quantidade	Unidade	Preço unitário (PVC)	Preço unitário (PPR)
1	Ducha fria	1	un	R\$14,29	R\$14,29
2	Torneira	1	un	R\$8,20	R\$8,20
3	Tê com rosca DN25 e tampa	1	un	R\$2,99	R\$21,11
4	Ponteira	1	un	R\$64,50	R\$64,50
5	Disco de borracha	1	un	R\$12,00	R\$12,00
6	Tê com rosca DN25	1	un	R\$2,99	R\$21,11
7	Válvula de retenção	2	un	R\$34,90	R\$69,80
8	Tê DN25	5	un	R\$1,76	R\$3,27
9	Cap DN50	1	un	R\$4,50	R\$11,40
10	Cap DN25	1	un	R\$1,39	R\$2,60
11	Redução 50-25mm	1	un	R\$15,90	R\$18,90
12	Curva DN25	1	un	R\$0,99	R\$3,45
13	Redução 40-25mm	1	un	R\$7,90	R\$10,90
14	Cap DN40	1	un	R\$5,50	R\$6,60
15	Tubulação DN25	5,3	m	R\$29,90	R\$45,90
16	Tubulação DN50	1	m	R\$21,95	R\$25,00

FONTE: Autora (2022).

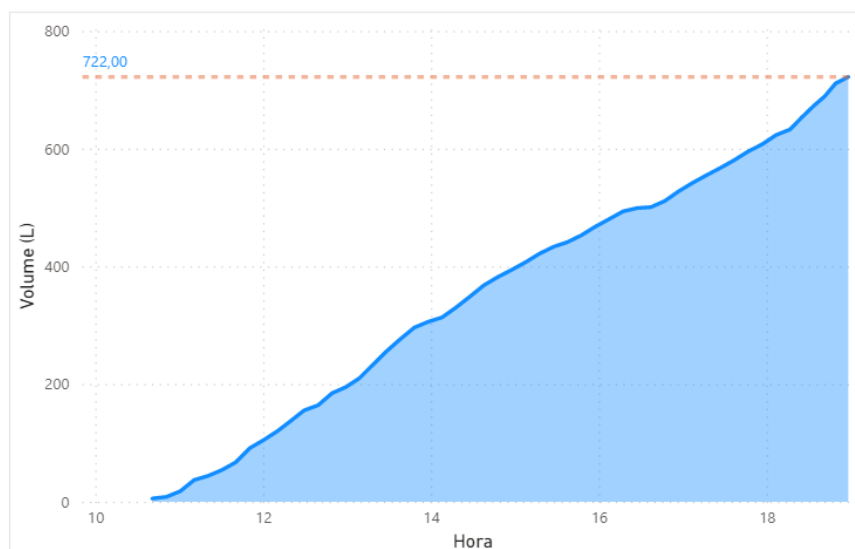
A segunda opção para a confecção do chuveiro ecológico foi a partir de materiais em PPR. Para confecção do chuveiro neste material, o custo seria de aproximadamente R\$420,00, em média 55% mais caro que o material PVC.

Os tubos de PPR são empregados no transporte de água quente e fria em instalações hidráulicas. A solução é composta por conexões e tubos de Polipropileno Copolímero Random (tipo 3), uma resina termoplástica provinda de procedimentos químicos, e serve para evitar a difusão de calor para a área externa do tubo, sem precisar de isolamento térmico.

4.2 ANÁLISE DA QUALIDADE DA ÁGUA

O GRÁFICO 2 exibe os dados do volume de água bombeada pelo chuveiro durante aproximadamente 6 horas de uso pelos banhistas.

GRÁFICO 2 - VOLUME DE ÁGUA ACUMULADA QUE FOI BOMBEADA PELO CHUVEIRO NO DIA 31/01/2018.



FONTE: A autora (2020)

Pode-se observar no GRÁFICO 2 que a partir das 11h, quando o medidor de volume foi instalado, o chuveiro foi utilizado continuamente por banhistas. Durante o período de análise, foram registrados 722 L de água utilizados do lençol freático. Supondo que os outros seis chuveiros colem a mesma quantidade de água, usar apenas o chuveiro por um dia economiza cerca de 5.000 litros de água da rede pública.

Sete chuveiros foram instalados na praia com pastilhas de cloro. Inicialmente, não foram encontrados coliformes totais e *E. coli*, mas após cerca de 8 horas de uso do chuveiro, as pastilhas de cloro foram consumidas e os resultados da análise das amostras de água são apresentados na TABELA 6. Portanto, existem coliformes e *E. coli* nas águas do lençol freático.

TABELA 6 - RESULTADOS DA ANÁLISE DA QUALIDADE DA ÁGUA DA AMOSTRA BOMBEADA PELO CHUVEIRO.

Pontos Amostrais	pH	Turbidez (NTU)	Cloro Laboratório (mg/L)	Coliformes Totais	<i>Escherichia coli</i>
1	7,9	0,32	0	presente	presente
2	8,2	5,37	0	presente	presente
3	8,4	18,01	0	presente	presente
4	8,1	5,64	0	presente	ausente
5	7,3	2,48	1,8	ausente	ausente
6	8,3	5,49	0	presente	presente
7	7,3	9,01	4	ausente	ausente

FONTE: A autora (2020)

Em todos os chuveiros analisados, os resultados de pH foram levemente alcalinos, com valores dentro da faixa de 6,0 a 9,5 recomendada para sistemas públicos de distribuição de água (Portaria nº 888 de 2021 GM/MS). Este era um resultado esperado, uma vez que vários autores constataram que as águas subterrâneas tendem a ser alcalinas (GONÇALVES *et al.*, 2018; MORAL, CRUZ-SANJULIÁN e OLÍAS, 2008). Já a turbidez da água variou entre 0,32 e 18,01 NTU. Na Resolução CONAMA 357/2005, as águas superficiais de categoria 1 possuem valores de turbidez de até 40 NTU (BRASIL, 2005). Nesta classe, o entretenimento de contato primário é permitido. Devido ao desgaste desigual das pastilhas de cloro, a concentração de cloro varia entre os chuveiros: os que usam mais, têm concentrações mais baixas de cloro em comparação com os que usam menos. Constatou-se a presença de coliformes totais e *E. coli* nas águas subterrâneas do litoral do estado do Paraná. No entanto, observou-se que os compartimentos clorados facilitaram a desinfecção da água, pois *E. coli* e coliformes totais só foram detectados em chuveiros não clorados. A *E. coli* pode indicar a presença de organismos patogênicos na água, pois essas bactérias habitam o intestino de animais de sangue quente e entram no ambiente por meio de suas fezes (CUNHA *et al.*, 2004). Portanto, essa bactéria é utilizada como indicadora da balneabilidade da praia. No litoral paranaense, Andraus (2006) monitorou a qualidade da água e das areias, úmida e seca, nas praias de Matinhos, Caiobá e Guaratuba. Ela encontrou *E. coli* nas amostras, e a contaminação foi maior na areia seca.

Essa poluição pode vir de várias fontes: poluição direta de animais, bem como da água de rios e canais que correm para as praias e poluem oceanos e sedimentos. Conforme descrito por Armani *et al.* (2018), os rios urbanos dos municípios de Matinhos e Pontal do Paraná estão poluídos. Portanto, pastilhas de cloro devem estar sempre presentes no chuveiro para desinfetar a água que está sendo retirada do lençol freático.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho apresentou-se um projeto de chuveiro que tem sido utilizado por turistas em praias do litoral brasileiro. Ele é chamado de chuveiro ecológico porque utiliza água subterrânea e é totalmente manual sem o uso de eletricidade.

O projeto do chuveiro é capaz de bombear 1,96 litros de água do lençol freático por acionamento completo do êmbolo. Após uma tarde de uso por banhistas no litoral paranaense, foram bombeados 722 litros de água em uma única ducha. Fica evidente a importância do uso correto das pastilhas de cloro e sua reposição durante o uso, pois coliformes totais e *E. coli* foram encontrados na água dos chuveiros sem pastilhas de cloro, o que não ocorreu nos chuveiros onde continham pastilhas. A pastilha de cloro durou aproximadamente 8 horas, mas ressalta-se que essa duração varia de acordo com o uso do chuveiro e com o volume de água que passa pelo mesmo.

Os chuveiros podem ser fabricados e instalados a baixo custo usando material de PVC. Além disso, o tubo de PVC usado em chuveiros tende a manter suas propriedades físicas e químicas ao longo da vida útil do material se sua superfície for revestida com uma substância de proteção contra radiação. Quanto ao seu funcionamento, constatou-se que a tecnologia exige manutenção constante e foram necessárias pastilhas de cloro para garantir a desinfecção da água captada pelos chuveiros. Como tal, os chuveiros podem ser uma ferramenta importante na redução do uso de água nos sistemas públicos de abastecimento, especialmente durante a alta temporada.

REFERÊNCIAS

ALEGBELEYE, O. O.; SANT'ANA, A. S. Manure-borne pathogens as an important source of water contamination: An update on the dynamics of pathogen survival/transport as well as practical risk mitigation strategies. **International Journal of Hygiene and Environmental Health**, v. 227, p. 113524, 2020.

ANA. **Agência Nacional das Águas**. Disponível em: <<http://www.ana.gov.br>>. Acesso em: 02 mar. 2020.

ANA. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2018: informe anual**. Brasília: ANA, 2018. Disponível em: <http://conjuntura.ana.gov.br/>. Acesso: 12 nov. 2019.

ANA. **Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil: Informe 2014**. Brasília: ANA, 2015. Disponível em: <http://conjuntura.ana.gov.br/>. Acesso: 29 abr. 2022.

ANDRAUS, S. Aspectos microbiológicos da qualidade sanitária das águas do mar e areias das praias de Matinhos, Caiobá e Guaratuba-PR. Tese de Doutorado. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo)–Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 102 f. 2006.

ARMANI, F. A. S.; FERREIRA, L. R. A.; OLIVEIRA, F. M. M.; GOETZE, P. F. B.; SILVA, C. A. Qualidade das águas dos rios urbanos das cidades de Matinhos - PR e Pontal do Paraná - PR. **Revista Técnico-científica do CREA - PR**, n. 14, 2018.

AZEVEDO, R. P. Uso de água subterrânea em sistema de abastecimento público de comunidades na várzea da Amazônia central. **Acta Amazônica**, v. 36, n. 3, p. 313-320, 2006.

BEM PARANÁ: Réveillon reuniu 1,7 milhão de pessoas no Litoral do Paraná. PM divulga balanço de ocorrências. Disponível em: www.bemparana.com.br. Acesso em: 18 ago. 2019.

BRASIL. **Resolução CONAMA 396 de 03 de abril de 2008**. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências. Brasília, DF, 2008.

BRASIL, **Resolução CONAMA nº357, de 17 de março de 2005**. Classificação de águas, doces, salobras e salinas do Território Nacional. Publicado no D.O.U.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. Portaria GM/MS nº 888, de 04 de maio de 2021. Altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS nº 5, de 28 de setembro de 2017, para dispor sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. **Diário Oficial [da] União**., n. 85, p. 127-127, 2021.

BREEN, J.; BOERSMA, A., SLAATS, P. G. G. e VREEBURG, J. H. G. - "Long Term Performance Prediction of Existing PVC Water Distribution Systems", in: Apresentação na Plastics Pipes XII Conference (2004).

CAUDURO, F. A. Manual de ensaios de laboratório e de campo para irrigação e drenagem. **PRONI/Universidade Federal do Rio Grande do Sul-Instituto de Pesquisas Hidráulicas**. 216pp, 1986.

CETESB. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Relatório de qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo 2003**. São Paulo: CETESB, 2004. 273 p.

CUNHA, A. C.; CUNHA, H. F. A.; BRASIL JR., A. C. P; DANIEL, L. A.; SCHULZ, H. E. Qualidade microbiológica da água de rios de áreas urbanas e periurbanas no baixo Amazonas: o caso do Amapá. *Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental*, Rio de Janeiro, v. 9, n. 4, p. 322-328, 2004.

FREEMAN, C. **The Economics of Industrial Innovation**. London: Frances Pinter, 1982.

FREITAS, V. P.; BRÍGIDO, B. M.; BADOLATO, M. I. C.; ALABURDA, J. Padrão físico-químico da água de abastecimento público da região de Campinas. **Revista Inst. Adolfo Lutz**. v. 61, n. 1, p. 51-58, 2002.

GAZETA DO POVO: Com mais de 2 milhões de pessoas, Réveillon no Litoral do Paraná supera 2019. Disponível em: www.gazetadopovo.com.br. Acesso em: 05 jul. 2022.

GOETTEN, W. J. **Avaliação da Governança da Água Subterrânea nos Estados de São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul**. 2015. 317f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Engenharia Ambiental, Fundação Universidade Regional de Blumenau (SC), 2015.

GONÇALVES, M. V. P.; CRUZ, M. J. M.; ALENCAR, C. M. M.; SANTOS, R. A.; RAMOS JUNIOR, A. B. D. S. Geoquímica e qualidade da água subterrânea no município de Serra do Ramalho, Bahia (BR). *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 23, n. 1, p. 159-172, 2018.

HIRATA, R.; FERNANDES, A. J.; BERTOLO, R. As águas subterrâneas: longe dos olhos, longe do coração e das ações para sua proteção. **Acta Paulista de Enfermagem**, v. 29, n. 6, p. 3-4, 2016.

HOLCOMB, D. A.; KNEE, J., SUMNER, T., ADRIANO, Z., de BRUIJN, E., NALÁ, R., & STEWART, J. R. Human fecal contamination of water, soil, and surfaces in households sharing poor-quality sanitation facilities in Maputo, Mozambique. **International journal of hygiene and environmental health**, v. 226, p. 113496, 2020.

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Rio de Janeiro: IBGE, 2021. <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9103-estimativas-de-populacao.html?=&t=resultados>

IGUA: Consumo de água aumenta no período do verão. São Paulo. 2021. Disponível em:

<https://igua.com.br/piquete/noticias/consumo-de-agua-aumenta-no-periodo-do-verao>. Acesso em: 05 jul. 2022.

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia. Estação Meteorológica de Observação de Superfície Automática, Paranaguá, PR, Brasil. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/mapaEstacoes>. Acesso em: 24 set. 2020.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. *Klimate der Erde*. Gotha: **Verlag Justus Perthes**. Wall-map 150cmx200cm, 1928.

LAKSHMI, V.; FAYNE, J.; BOLTEN, J. A comparative study of available water in the major river basins of the world. **Journal of hydrology**, v. 567, p. 510-532, 2018.

LERNER, D. N.; ISSAR, A. S.; SIMMERS, I. **Groundwater recharge: a guide to understanding and estimating natural recharge**. Hannover: Heise, 1990.

MANUAL DE OSLO. **Diretrizes para coleta e interpretação de dados sobre inovação tecnológica**. OECD, OCDE, FINEP, 1997.

MARTINS, J. N.; FREIRE, E. e HEMADIPOUR, H. Aplicações e mercado do PVC para indústria de tubos. **Polímeros**, v. 19, p. 58-62, 2009.

MATTOS, J. B.; CRUZ, M. J. M.; DE PAULA, F. C. F.; SALES, E. F. Tipologia hidrogeoquímica e qualidade das águas subterrâneas na área Urbana do município de Lençóis, Bahia, Nordeste do Brasil. **Águas Subterrâneas**, v. 31, n. 3, p. 281-295, 2017.

MORAL, F.; CRUZ-SANJULIÁN, J. J.; OLÍAS, M. Geochemical evolution of groundwater in the carbonate aquifers of Sierra de Segura (Betic Cordillera, southern Spain). *Journal of hydrology*, v. 360, n. 1-4, p. 281-296, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2008.07.012>

PEREIRA, R. S. Poluição Hídrica: Causas e Consequências. *Revista Eletrônica de Recursos Hídricos*. **IPH-UFPRGS**. v. 1. n. 1. p. 20-36. 2004.

REBOUÇAS, A. C. A inserção da água subterrânea no sistema nacional de gerenciamento. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 7, n. 4, p. 39-50, 2002.

RODOLFO JR, A.; NUNES, L. R.; ORMANJI, W. Tecnologia do PVC. **Proeditores/Braskem, São Paulo**, v. 2, p. 447, 2006.

SILVA, D. D. D.; MIGLIORINI, R. B.; SILVA, E. D. C.; LIMA, Z. M. D.; MOURA, I. B. D. Falta de saneamento básico e as águas subterrâneas em aquífero freático: região do Bairro Pedra Noventa, Cuiabá (MT). **Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 19, n. 1, p. 43-52, 2014.

SOUSA, F. A.; RODRIGUES, S. C. Estimativa de recarga do lençol freático em solos sobre granito e gabros alcalinos na alta bacia do rio dos Bois em Iporá-GO. **Ambiência**, v. 10, n. 2, p. 449-463, 2014.

SOUZA, M. M. de; GASTALDINI, M. do C. C. Avaliação da qualidade da água em bacias hidrográficas com diferentes impactos antrópicos. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 19, n. 3, p. 263-274, 2014.

TASCA, F. A.; FINOTTI, A.; POMPÊO, C. A.; GOERL, R. F. O papel da drenagem urbana na prevenção de desastres hidrológicos na bacia hidrográfica do rio Itajaí Açu. **Revista brasileira de cartografia**, v. 69, n. 1, 2017.

VERAS, L. R. V.; DI BERNARDO, L. Tratamento de água de abastecimento por meio da tecnologia de filtração em múltiplas etapas-FIME. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 13, n. 1, p. 109-116, 2008.

YANG, Q.; SCANLON, B. R. How much water can be captured from flood flows to store in depleted aquifers for mitigating floods and droughts? A case study from Texas, US. **Environmental Research Letters**, v. 14, n. 5, 2019.

ZOBY, J. L. G. Panorama da qualidade das águas subterrâneas no Brasil. **Águas Subterrâneas**, 2008.