



**INOVAÇÃO**  
EM  
**FOCO**

NOVEMBRO 2024 · ED.2 · ANO 2 · NOVEMBRO 2024 · ED.2 · ANO 2 · NOVEMBRO 2024 · ED.2 · ANO 2

Conectividade e  
Transformação

**Coletânea Científica da Cagece**

Companhia de Água e Esgoto do Ceará





# INOVAÇÃO EM FOCO

## DIRETORIA EXECUTIVA

### Diretor-presidente

Neuri Freitas

### Diretor Financeiro e de Relações com Investidores

Dario Perini

### Diretora de Mercado e Unidade de Negócio da Capital

Claudia Caixeta

### Diretor de Unidade de Negócio do Interior

Carlos Emanuel Brito Salmito

### Diretor de Engenharia

José Carlos Asfor

### Diretor de Operações

João Menescal

### Diretor de Gestão Corporativa

José Leite Gonçalves Cruz

### Diretor de Gestão de Parcerias

Luciano de Arruda Coelho Filho

## CONSELHO DE ADMINISTRAÇÃO

Eduardo Sávio Passos Rodrigues Martins

Carlos Emanuel Brito Salmito

Neuri Freitas

Ricardo Eleutério Rocha

Sarah Feitosa Cavalcante Andrade

Renata Moraes Duarte

## CONSELHO FISCAL

### Titulares

Marcos Cesar Cals de Oliveira

Luis Fernando Simões da Silva

Eudoro Walter de Santana

Joaquim Lúcio Melo Freitas

### Suplentes

Raimundo Weber de Araújo

Sabrine Gondim Lima

Tirshen Maia Martins

Gioconda Vieira Bretas

## COMITÊ DE AUDITORIA ESTATUTÁRIO

Clara Germana Campos Gonçalves Torquato

Lilia Palmeira Pinheiro

Renato César Pereira Lima

## GERÊNCIA DE COMUNICAÇÃO

### Gerente

Tatiana Brígido

### Comunicação Interna

Catarina Varela, Delane Gadelha, Eva Silva e Melina Pinto

Estagiária: Beatriz Menezes e Glória Sampaio

### Comunicação Estratégica e Relacionamento

com Mídia Externa

Jilwesley Almeida, Rayssa da Costa, Renata Nunes,

Yanne Vieira e Zaira Umbelina

### Digital

Caroliny Braga, Érica Bandeira e Lérica Freire

Estagiário: Lucas Breno

### Projetos Especiais de Comunicação

Ciro Câmara

### Publicidade

Leandro Bayma, Ryan Sales e Téo Brito

### Fotografia

Rayane Mainara

### Produção Audiovisual

Lucas Sousa e Luis Guilherme

### Administrativo

Ana Carla Oliveira

## REVISTA INOVAÇÃO EM FOCO

### Coordenação editorial

Cailiny Medeiros

### Edição

Cailiny Medeiros

### Revisão

Cailiny Medeiros e Thiago Dantas

### Textos

Cailiny Medeiros e Thiago Dantas

### Projeto Gráfico e Diagramação

Ryan Sales e Lilian Pinheiro

Revista Cagece é uma publicação da Companhia de Água e Esgoto de Ceará – Cagece

Av. Dr. Lauro Vieira Chaves, 1030 – Vila União – CEP: 60.422-901 – Fortaleza – CE

Distribuição Gratuita. Venda Proibida.

INOVAÇÃO • INOVAÇÃO  
EDITORIAL • EDITORIAL  
EDITORIAL • EDITORIAL  
EDITORIAL • EDITORIAL

# Editorial

A "Revista Inovação em Foco" alcança sua segunda edição, com o tema "Conectividade para Transformação". A proposta faz referência ao conceito de open innovation ou inovação aberta, que desde 2003 quebra o paradigma de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) confinado nos limites corporativos. A inovação aberta traz consigo a capacidade de formar parcerias, permitindo que as organizações aproveitem o melhor das capacidades tecnológicas de cada parceiro, resultando em sinergia que favorece a otimização de tempo e recursos, o compartilhamento de riscos e os benefícios dos resultados.

O fórum pretende contribuir para o alinhamento e conhecimento das ações em andamento no nosso setor. Além disso, reflete também nosso reconhecimento e agradecimento aos nossos colaboradores internos e aos nossos parceiros externos. Em conjunto atuamos no desenvolvimento de novas soluções, nos desafios do setor, na exploração de novas possibilidades e na promoção de aprendizados mútuos, visando melhorar continuamente nosso impacto na sociedade.

A conectividade, tema central deste encontro, simboliza essa valiosa rede de parcerias que impulsiona nossa jornada de transformação contínua. São os pequenos passos diários, alimentados por resiliência, disciplina e trabalho árduo, que se acumulam e se traduzem em conquistas significativas. Este processo colaborativo não apenas fortalece nossas capacidades individuais, mas também amplifica nosso potencial coletivo de fazer sempre melhor e de forma mais impactante.

A revista, por sua vez, novamente traz as contribuições dos nossos colaboradores internos no meio acadêmico e no setor, com resumos expandidos de suas publicações, como produto e evidência de uma cultura que almeja e valoriza o conhecimento. É valioso, porque demonstra o compromisso de cada um deles com a ciência, em sua diversidade de temas, aplicações e maturidade.

Olhando para o futuro, esta publicação não é apenas um registro de nossas realizações, mas um convite para continuar explorando novas fronteiras. Ela nos lembra que a verdadeira inovação nasce da colaboração, da troca de ideias e da coragem de desafiar o status quo. À medida que avançamos, levamos conosco as lições aprendidas e o entusiasmo renovado para enfrentar os desafios futuros, sempre com o objetivo de criar um impacto positivo e duradouro na sociedade.

Desejamos, portanto, boa leitura!

**Cailiny Medeiros**

Gerente de Pesquisa, Desenvolvimento e  
Inovação - Cagece

# Sumário

Funcap

8

## Entrevista – Jorge Soares

Diretor de inovação da Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (Funcap)

14

## Uso De Inteligência Artificial Para Detecção De Perdas Hídricas Em Residências

Tatiane Fernandes Figueiredo; Yan Rodrigues da Silva; João Victor Fonseca Sombra

22

## Aspectos Da Viabilidade Econômica Para O Biocarvão Produzido A Partir De Lodo De Esgoto

Mirian Cristina Gomes Costa; Francisca Gleiciane da Silva; Odair Pastor Ferreira; Helon Hébano de Freitas Sousa; Arthur Prudêncio de Araújo Pereira; Jaedson Cláudio Anunciato Mota

29

## Modelagem Integrada Da Rede Coletora De Esgoto E Da Drenagem Urbana De Fortaleza/Ce

Iran Eduardo Lima Neto; Janine Brandão de Farias Mesquita; Gustavo Siebra Lopes; Thales Bruno Rodrigues Lima; João da Silva Cavalcante; Cailiny Darley de Menezes Medeiros; Silvano Porto Pereira

42

## Avaliação Da Eficiência Dos Coagulantes Pac-12 E Pac-23 Em Uma Estação De Ciclo Completo

Keyle Alves Freitas; Isabel Cristina Lima Freitas; Fabrícia de Melo Bonfim; Francisca Naiane da Silva Rocha; Maria Verônica Lopes Rocha

51

## Análise Comparativa Dos Efeitos Da Recirculação Da Água Dos Rejeitos Gerados Em Uma Eta De Ciclo Completo E Uma Eta De Filtração Direta Ascendente

Francisca Naiane da Silva Rocha; Isabel Cristina Lima Freitas; Daniel Carlos da Silva; Carolina de Souza Lopes; Thiago Alves de Carvalho

19

## Planta Em Escala Piloto Em Setor Hidráulico: Uma Olhar Na Solução Mandacaru De Telemetria

Paulo Honório Filho; Bianca Araújo Braga Brasil; Vinicius Vasconcelos do Rego; Dalton de Araújo Honório; Luiz Henrique S. C. Barreto

26

## Avaliação Dos Dados De Economia Do Opex A Partir De Uma Ete Composta Por Um Uasb Modificado Seguido De Filtro Submerso Aerado Modificado

Francisco Vieira Paiva, e Fábio Rocha Pereira; Isabella Vieira Santos; João Reinaldo Imbiriba da Rocha Junior; Jorge Luiz Bezerra de Araújo; Leila Lima da Silva; Roberto Carlos Matias da Costa Viana; Raphael Coelho Cavalcanti; Ricardo Kassner Carubbi; Rilder de Sousa Pires; Ricardo Fialho Colares; Tulio Rodrigues Ribeiro

36

## A Relevância Dos Parâmetros De Fluxo Crítico E Intervalos De Retrolavagem Para O Dimensionamento De Ultrafiltração Aplicada ao Tratamento De Reservatórios Eutrofizados: Um Estudo Piloto para o Desenvolvimento de Projetos em Escala Real

Herivanda Gomes de Almeida; João da Silva Cavalcante; Marisete Dantas de Aquino; Francisco Suetônio Bastos Mota; José Carlos Mierzwa

47

## Elaboração E Implementação De Uma Instrução De Trabalho (It) Para O Processo De Lavagem De Filtro Ascendente Em Uma Estação De Tratamento De Água – Eta Riviera, No Distrito De Tapera, Município De Aquiraz/Ce

Jeferson Pinheiro Lopes; Lidiane Bittencourt da Silva; Mariane Souza Porfírio Nazareth

55

## Reabilitação De Sistemas De Abastecimento De Água Em Comunidades Rurais Do Ceará

Cyntia Pereira Nunes de Araújo; Francisco Aragão Gomes de Morais Júnior; Antônio Negreiros Bastos; Camila Martins; Suzana Pinho Lima Machado

# Sumário

---

## 60 Avaliação Da Qualidade Físico-Química Da Água Em Um Trecho Do Rio Jaguaribe, Ceará

*Neyla Cristina de Oliveira Lima; Francisco Carleudo Saraiva Rabelo; João Adriano da Silva; Malcon Rodrigo de Souza Oliveira; Maria Girleide Freitas da Silva;*

---

## 68 Monitoramento De H<sub>2</sub>s E Ch<sub>4</sub> Em Sistemas De Tratamento De Esgoto Localizados Numa Cidade Do Interior Do Ceará

*Cristiano Dantas Araújo; Rafael Santiago da Costa; João da Silva Cavalcante; Celiano Rocha da Silva; Claudiane Quaresma Pinto Bezerra*

## 71 Reaproveitamento Do Lodo De Esgoto Como Fertilizante Orgânico No Desenvolvimento Do Feijão-Caupi

*Rafael Santiago da Costa; Marilena de Melo Braga; Claudiane Quaresma Pinto Bezerra; Cailiny Darley de Menezes Medeiros; Rosilene Oliveira Mesquita*

## 78 A Redução Da Emissão Dos Gases Do Efeito Estufa Decorrente Da Eficiência Energética De Uma Estação De Bombeamento De Água

*Francisco Helder Andrade; Joaquim José de Lima Júnior; Jerciano Leitão de Sena; Luciano Mucci Maia Kfuri; Tancredo Wilson Alves de Souza Júnior*

## 82 Utilizando Aprendizado De Máquina Para Otimização Na Detecção De Hidrômetros Com Mal Funcionamento

*Mirko Antônio Nunes de Moraes; Rilder S. Pires; Vasco Furtado*

## 86 Estudo Sobre Os Impactos De Correntes Da Atualização Cadastral Das Unidades Consumidoras De Energia Elétrica Da Cagece

*Everton Gadelha de Oliveira; Gabriel Mendes Brito; João Luiz de Castro Pereira*

## 91 Avaliação multimodelo IET para caracterização da eutrofização em reservatório do semiárido: Estudo de caso do reservatório Araras

*Raimundo Nonato Sousa Raulino; Marcus Vinícius Freire Andrade*

---

## 96 Entrevista - Paulo André Holanda

Diretor Regional do Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (Senai) e Superintendente do Serviço Social da Indústria (Sesi)

---



# Sumário

---

## 102 Iso 9001: Uma Alternativa Para A Gestão Da Qualidade Em Estação De Tratamento De Água

*José Germano Morais; Francisca Daniele Moreira Sampaio*

## 112 A Importância Do Ensino Em Educação Ambiental Para Profissionais Do Saneamento: O Poder Transformador Do Conhecimento

*Francisco Edirlan de Sousa Freitas; Aldenor Nunes Freire Neto; Rodrigo Osvald Santos de Sousa; Emerson Santos da Conceição*

## 122 Relatório De Verificação Ambiental Como Instrumento De Controle Em Obras De Saneamento Básico

*Alisson Carlos Melo Oliveira; Andreza Dnarla Oliveira Santos; Bruna Vitória Nascimento Santana; Sandra Iara do Nascimento Freitas; Valéria Silva Rocha*

## 128 Relação Entre Covid-19, Saneamento E Indicadores Do Perfil Municipal Do Estado Do Ceará

*Herivanda Gomes de Almeida; Lívia Arruda Castro; João da Silva Cavalcante; Allan Clemente de Souza; Silvano Porto Pereira; Rafael Santiago da Costa; José Carlos Mierzwa; Francisco Suetônio Bastos Mota*

## 138 Avaliação Da Intrusão Marinha No Manancial Subterrâneo Na Sub-Bacia Do Baixo Jaguaribe No Município De Itaiçaba – Ce

*Raimundo Jovenildo do Nascimento; Neyla Cristina de Oliveira Lima; José Ronaldo Pessoa; José Alcides da Silva Júnior; Renato Régis de Melo*

---

## 106 Aderência Das Companhias Estaduais De Saneamento Às Melhores Práticas De Governança Relativas À Diversidade De Gênero

*Michele Arlinda Aguiar; Raquel Soares Fernandes Teotonio; Kamille Sampaio Matos Vieira, Ana Cristina Bomfim e Silva; Paulo Roberto de Carvalho Nunes*

## 115 Educação Socioambiental Através Da Arte: Uma Experiência Em Uma Empresa De Saneamento No Ceará

*José Germano Morais; Iany Bessa Silva Menezes; Francisca Daniele Moreira Sampaio*

## 125 A Gestão Dos Resíduos Sólidos Da Construção Civil Em Obras De Saneamento Básico

*Alisson Carlos Melo Oliveira; Andreza Dnarla Oliveira Santos; Bruna Vitória Nascimento Santana; Sandra Iara do Nascimento Freitas; Valéria Silva Rocha*

## 133 Aplicação De Geoprocessamento Para Geração De Modelo Integrado Ao Swmm Em Uma Bacia Litorânea No Estado Do Ceará

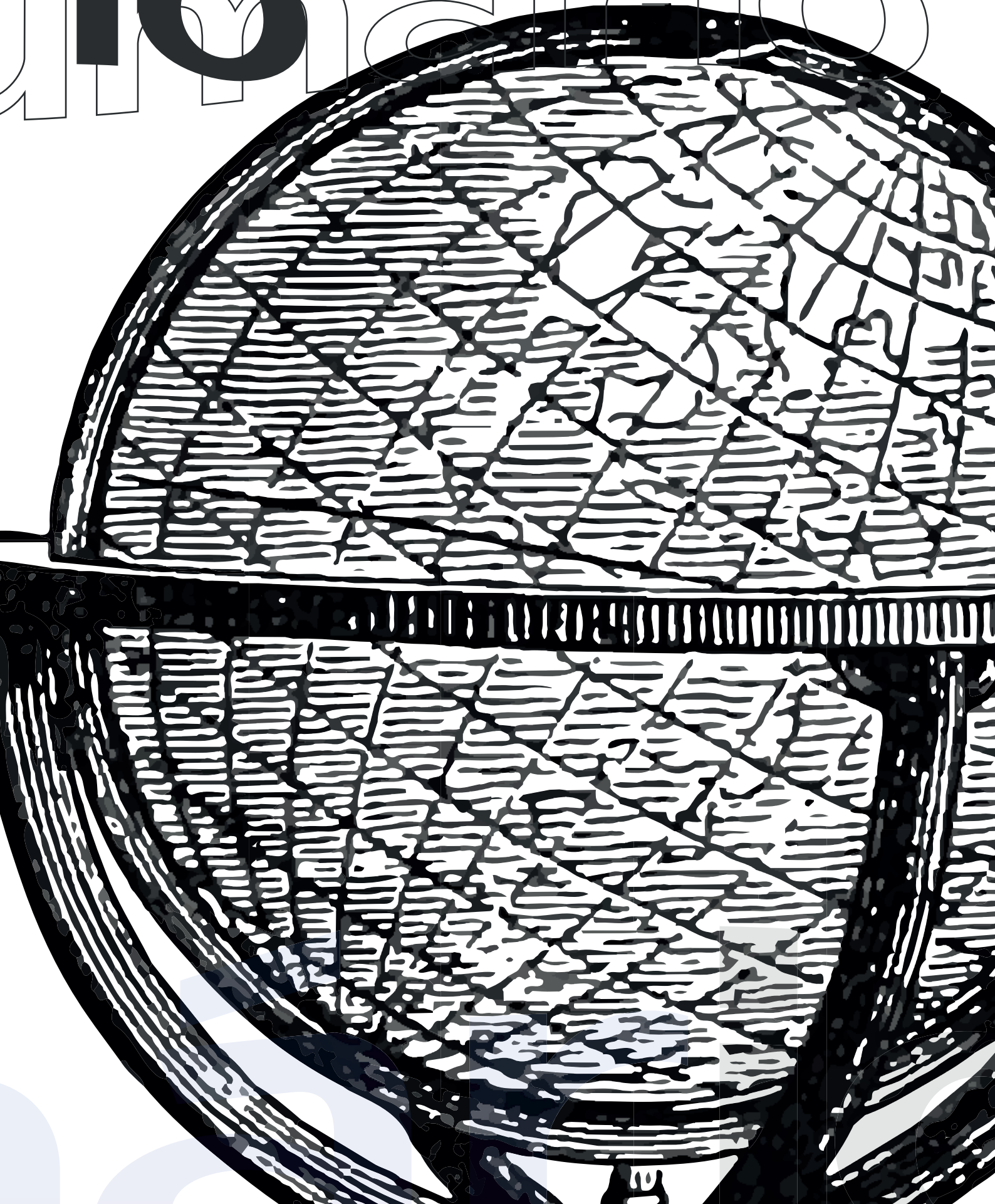
*João da Silva Cavalcante; Silvano Porto Pereira; Maísa de Calda Lopes; Herivanda Gomes de Almeida; Claudiane Quaresma Pinto Bezerra; Iran Eduardo Lima Neto*

## 144 O Grupo De Apoio Do Instituto Bia Dote: Trabalhando O Luto Com As Famílias Sobreviventes De Suicídio

*Helissandra Helena Silva Botão*



gio n s r i o





# Inovação e Pesquisa no radar da Funcap

**J**orge Soares, professor titular do curso de engenharia civil da Universidade Federal do Ceará (UFC) há 26 e diretor de inovação da Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (Funcap) 2015. Na UFC ele montou e passou a coordenar o grupo de pesquisa dentro da área de infraestrutura viária e compõe a equipe de pós-graduação em infraestrutura. O grupo começou pequeno e hoje tem cerca de 60 pessoas, incluindo 14 doutores. Em entrevista para a Revista Inovação em Foco, o professor fala sobre o papel da Funcap e financiamentos de projetos pesquisa e inovação.

**Revista – O que é a Funcap e quais as iniciativas enquanto promotora de pesquisa e desenvolvimento?**

**JS –** A Fundação tem 34 anos, sua atuação inicial era focada na ciência e há cerca de 15 anos, incorporou também a inovação. Duas áreas que têm várias diferenças dentro da Funcap, onde a parte científica apoia projetos para a formação de capital humano para a ciência em vários níveis: mestrado, doutorado e pós-doutorado. Este último, a instituição passou a financiar bolsistas de produtividade em pesquisa no interior. Há 12 anos, tínhamos uma centena de doutores no interior e hoje são quase 2000, uma população qualificada na Academia Cearense no

interior do Estado, nas suas diversas universidades. A inovação, envolve avanço de conhecimento, geralmente é o que define um projeto científico. Então esse papel da qualificação científica de um estado e de um país é muito relevante. Eu diria que é um valor central da Funcap.

**Revista – Com todo esse legado na área acadêmica, como o senhor chegou à Funcap?**

**JS –** Recebi o convite para assumir a Diretoria de Inovação da Funcap, pela minha experiência como pesquisador e de trabalhar com empresas. Trouxe essa minha experiência de trabalhar com a empresa sem deixar de lado a ciência. A Inovação tem características distintas da ciência. Muitas vezes a gente tenta colocar essas duas coisas, usar a ciência como inspiração para projetos de inovação. O fomento à ciência inspira a inovação.

# ISSA

## **Revista – Qual o papel da instituição voltado para a inovação no Estado, como é a atuação?**

**JS** – A gente começou trabalhando com um órgão público ou alguma empresa privada e hoje a gente tem um portfólio de dezenas de empresas privadas e órgãos públicos. Entre as empresas mais conhecidas, com quem a gente tem um histórico de 20 anos de trabalho, tem a Petrobras. A gente também trabalha com a Termelétrica do Pecém, a Siderúrgica Arcelor Mittal, o DNIT, Tribunal de Contas do Estado é um grande cliente nosso.

## **Revista – Qual o diferencial e a importância da Funcap para o estado?**

**JS** – Eu diria que a grande diferença é ter projetos para tornar o Ceará um estado inovador e reconhecido pela qualidade científica. A Fundação financia projeto de ciências, proporcionando a fomentação da ciência, formando pessoas inovadoras e tornando o Ceará um estado inovador. E aí entra o empreendedorismo que é muito ligado à inovação. Ou seja, preciso formar pessoas empreendedoras, eu preciso fomentar projeto de inovação, é isso que a gente vem fazendo.

## **Revista – Como se dá esse processo de incentivo à inovação por meio da Funcap?**

**JS** – Aqui a gente fez uma divisão estratégica para fomentar a Inovação Empresarial e a Inovação Pública. Foram criadas duas gerências. Claro, que há um diálogo entre elas e são vinculadas à mesma

diretoria, a de inovação. Mas são setores distintos, são editais de chamadas distintos. A Empresarial funciona à base de editais e a hipótese da Inovação do fomento da Inovação Empresarial não só aqui no Ceará, mas no Brasil e no mundo. Fomentamos Pequenas Empresas porque isso é importante para o desenvolvimento socioeconômico da região, do estado. A premissa de que se eu tenho essas pequenas empresas eu envolvo as pessoas nessas ações de inovação em várias áreas de conhecimento. Enfim a gente fomenta dentro de um mecanismo essa inovação Empresarial que são editais para pequenas empresas frequentemente são chamadas startups. A pequena empresa não pode faturar mais que R\$ 10 milhões, tem um valor médio em torno de R\$ 500 mil reais ano de faturamento.

## **Revista – Qual a média anual de investimentos da Funcap em pesquisa no Ceará?**

**JS** – A Funcap destina aproximadamente R\$ 160 milhões, por ano, para fomentar ciência e inovação. Então talvez guardada a proporção de recursos, a agência com a do estado de São Paulo comparativamente com a do Ceará, eu diria que a Funcap está com recurso até razoável, considerando que o Estado de São Paulo é dez vezes mais rico do que o Estado do Ceará. Hoje temos cerca de 450 empresas aqui no estado. Essas pequenas empresas nas mais variadas áreas de conhecimento: energia, saúde, alimentos, e tantos outros setores.



### **Revista – Quais os benefícios dessa parceria e como tem sido essa experiência da Funcap?**

**JS** – Esse formato de incentivo à Inovação Empresarial não ocorre só no Ceará, mas eu diria que o mundo. O fomento por meio de edital, é um dinheiro subvencionado, o recurso a fundo perdido, que o empresário recebe e não precisa retornar. O retorno que o estado recebe daquela empresa, com aquele recurso, é o que a empresa gerar, vai avançar no negócio dela. E, ao avançar no negócio, ela vai empregar pessoas, o que é importante que o estado vai fazer negócios e vai recolher impostos. Então esse é o retorno. A gente coloca o recurso na empresa no momento de formação. Mas também tem momentos diferentes, tem editais que tem objetivos específicos distintos para essa empresa e a gente conta que essas empresas vão nascer e vão surgir e a gente tem toda uma esteira lógica. Desde o início da empresa quando ainda não é sequer um CNPJ existe um CPF ou algum CPF interessados em criar o CNPJ. A gente examina aqui na Funcap pelo nível de maturidade tecnológica que a gente quer alcançar naquele edital. Então nós queremos lançar o edital para o nível de maturidade X. Esse nível de maturidade tem uma escala internacionalmente reconhecida? As regras levam em consideração o nível de maturidade tecnológica. Assim lançamos editais para níveis técnico de maturidade tecnológica até quatro, depois até sete, se a gente está num nível mais elevado e, assim, sucessivamente essa inovação Empresarial para além dela.

### **Revista – Como tem sido a experiência da Funcap com a Inovação Pública?**

**JS** – A gente se inspira na inovação Empresarial. O que é que eu chamo “se inspira”? Dentro do que eu acabei de mencionar. Nós vamos atrás de tecnologias maduras para serem aplicados ao estado, ao poder público. Então a inspiração é essa: eu busco entregas concretas em níveis de maturidade elevados. Então não é pesquisa propriamente, é inserção de produtos que já estão próximos de um desenvolvimento pleno para serem usados em problemas, em questões relevantes do Estado. Quem seleciona é o Governo do Estado, por meio das suas secretarias de governo. Mas não são somente secretarias porque existem também conosco nesse programa, Ministério Público, Tribunal de Justiça, Tribunal de Contas e Procuradoria Geral, que não são secretarias, mas são órgãos do governo. Começamos o programa de inovação pública há quase sete anos, no âmbito da administração

pública e Governo do Ceará. As secretarias da Saúde, da Educação e de Segurança Pública, que são três chaves em qualquer estado, foram as primeiras. Depois entrou também Secretaria de Recursos Hídricos e, na época, entrou a Secretaria de Planejamento, com o projeto transversal. Hoje estamos em 25 órgãos do governo. Já passaram por esse programa 2.500 bolsistas mais de 500 doutores e mais de 160 projetos. O nome desse programa de inovação pública – Cientista Chefe é bastante conhecido, tornou o Ceará uma referência, por sua forma inovadora de fazer a Inovação Pública e hoje temos 25 cientistas chefes no Ceará.

### **Revista – Como funciona o apoio da Funcap em projetos da Cagece?**

**JS** – São dois editais específicos, o Centelha e o Tec-9. Então são tickers da ordem de R\$ 600 mil, além da capacitação. Então esse edital é muito interessante que ele junta as duas coisas ele junta o ticket, que a gente chama é o jarrão na inovação e o recurso a empresa vai receber a fundo perdido 600.000. Além disso ela ainda vai ter um treinamento, uma mentoria. A Cagece tem uma participação como empresa pública, muito embora no programa de cientistas chefe, da área dos recursos hídricos, existam projetos onde há recurso da Cagece. Então a Cagece não participa só na Inovação Empresarial, mas atua nos dois pilares: Inovação e Científica. Profissionais da Cagece, bolsistas de mestrado e doutorado, foram meus alunos. Então a formação científica permeia a Cagece também. A Cagece é uma excelente parceira. Ela chega e diz eu preciso de tais produtos, a gente faz a chamada e vem a pequena empresa ou laboratório de universidade para atender o produto da Cagece. Estou diminuindo o risco no momento que eu já tenho um cliente para essa pequena empresa ou laboratório e se a solução for boa, ela vai incorporar aquela solução lá na empresa. Essa é a lógica que a gente tá seguindo e eu aposto muito nessa lógica. A Cagece rodou isso uma vez à Cegas duas vezes. Eu adoraria ter isso em várias empresas. Grandes empresas 100% privadas originárias do Ceará, como por exemplo, Dias Branco, Hapvida, Casa dos Ventos, fazem esses tipo de fomento, essa atração de Startup sem precisar de uma agência com uma Funcap. Ela tem o seu núcleo próprio de inovação, produz essas chamadas de startups para resolver os seus problemas, mas ela faz a mesma coisa, só que ela faz sem a necessidade do governo. Qual é a vantagem que eu vejo? Seria legal ter aqui grandes empresas? Seria. Mas é bom também que elas façam sozinhas porque a gente abre espaço para quem não vai fazer sozinha. Por

outro lado, as vantagens que eu vejo de fazer com Funcap, é que ela tem uma entrada muito forte na academia. E aí eu diria que os projetos vem não só de empreendedores das Pequenas Empresas, mas tem sempre uma pegada com envolvimento acadêmico, um grande ganho. Podemos pagar bolsas e isso é importante porque você torna um projeto com um custo menor que você paga bolsa, então a gente aposta nesse modelo.

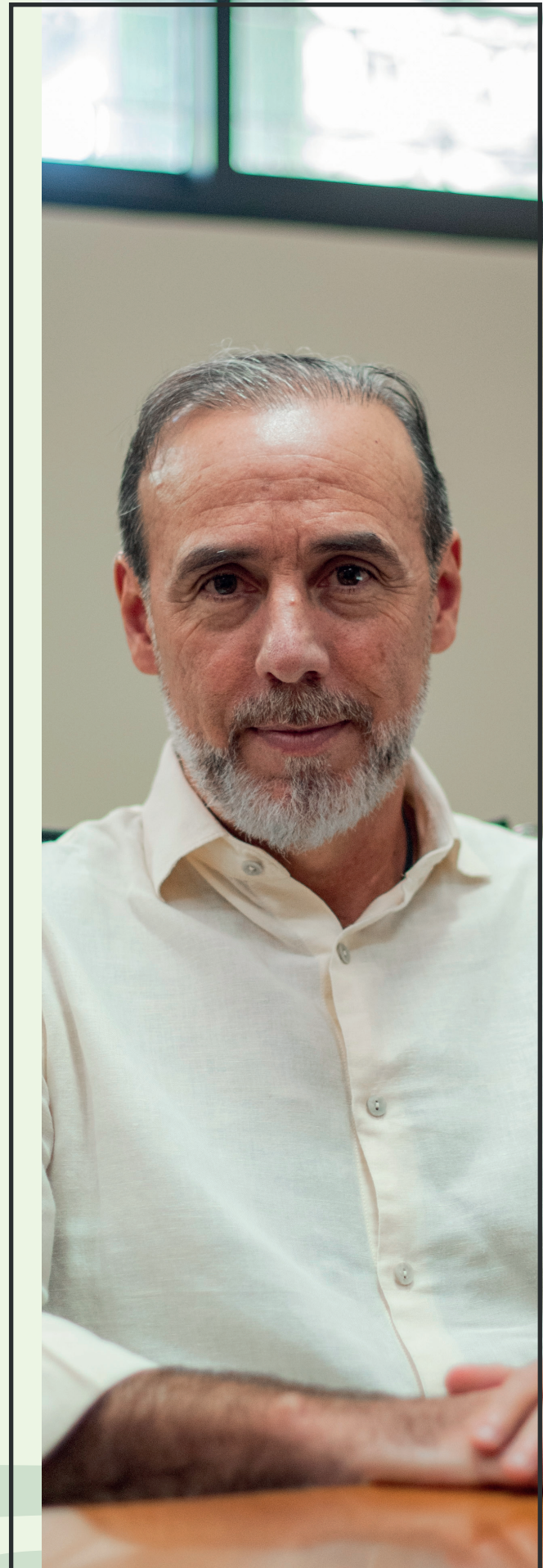
**Revista – Qual é a ideia do Conecta e há quanto tempo existe?**

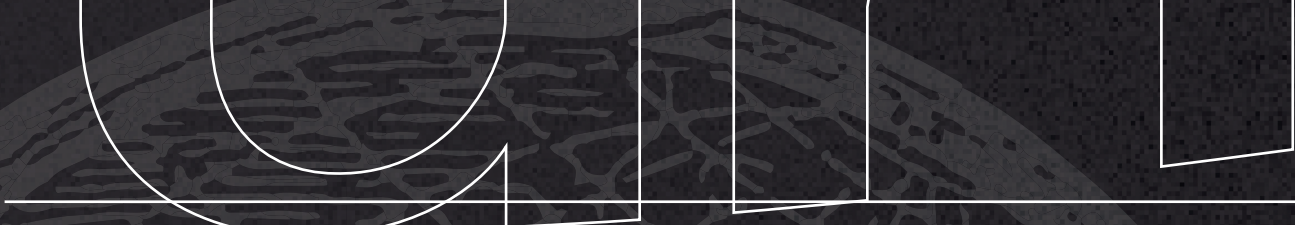
**JS** – O primeiro Conecta foi com a Cegás e iniciou em 2017. Aprendemos que não adianta lançar o edital da chamada do conecta colocando os problemas no papel. Depois que se lança é necessário um momento com a demandante para quem vai concorrer para que as pequenas empresas ou laboratórios percebam melhor como é e quais são os critérios de seleção. Esse formato é inovador, a data para esse tipo de esclarecimento é colocado no próprio edital. Quem quer competir vai ao evento tirar todas as dúvidas. É necessário um acompanhamento técnico do grande interessado nesse tipo de fomento. O envolvimento da empresa demandante, a Cagece por exemplo, nesses projetos é absolutamente essencial.

**Revista – Qual a média anual de investimentos da Funcap em pesquisa e inovação no Ceará?**

**JS** – Um número aproximado de R\$ 70 milhões, sendo R\$ 25 milhões em inovação Empresarial e R\$ 40 e poucos milhões na inovação pública. Um valor de aproximadamente 160 milhões é o pacote todo. Então a maior parte ainda é da área científica, da formação de capital humano para ciência no estado.

*Texto por: Eva Silva*





# INOVAÇÃO

FUNGAP • INOVAÇÃO

## Inovação em Foco II

Companhia de Água e Esgoto do Ceará - Cagece

# Funcoap

## **Uso De Inteligência Artificial Para Detecção De Perdas Hídricas Em Residências**

*Tatiane Fernandes Figueiredo; Yan Rodrigues da Silva; João Victor Fonseca Sombra*

## **Planta Em Escala Piloto Em Setor Hidráulico: Uma Olhar Na Solução Mandacaru De Telemetria**

*Paulo Honório Filho; Bianca Araújo Braga Brasil; Vinicius Vasconcelos do Rego; Dalton de Araújo Honório; Luiz Henrique S. C. Barreto*

## **Aspectos Da Viabilidade Econômica Para O Biocarvão Produzido A Partir De Lodo De Esgoto**

*Mirian Cristina Gomes Costa; Francisca Gleiciane da Silva; Odair Pastor Ferreira; Helon Hébano de Freitas Sousa; Arthur Prudêncio de Araújo Pereira; Jaedson Cláudio Anunciato Mota*

## **Avaliação Dos Dados De Economia Do Opex A Partir De Uma Ete Composta Por Um Uasb Modificado Seguido De Filtro Submerso Aerado Modificado**

*Francisco Vieira Paiva; e Fábio Rocha Pereira; Isabella Vieira Santos; João Reinaldo Imbiriba da Rocha Junior; Jorge Luiz Bezerra de Araújo; Leila Lima da Silva; Roberto Carlos Matias da Costa Viana; Raphael Coelho Cavalcanti; Ricardo Kassner Carubbi; Rilder de Sousa Pires; Ricardo Fialho Colares; Tulio Rodrigues Ribeiro*

## **Modelagem Integrada Da Rede Coletora De Esgoto E Da Drenagem Urbana De Fortaleza/Ce**

*Iran Eduardo Lima Neto; Janine Brandão de Farias Mesquita; Gustavo Siebra Lopes; Thales Bruno Rodrigues Lima; João da Silva Cavalcante; Cailiny Darley de Menezes Medeiros; Silvano Porto Pereira*



# USO DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL PARA DETECÇÃO DE PERDAS HÍDRICAS EM RESIDÊNCIAS

Tatiane Fernandes Figueiredo(1) ; Yan Rodrigues da Silva(1) ; João Victor Fonseca Sombra(1)

---

1. Universidade Federal do Ceará – Campus Russas

## Resumo

Um dos principais desafios enfrentados pelas companhias de abastecimento de água e esgoto é o controle eficaz de vazamentos, que se divide, de forma resumida, em perdas reais e aparentes. O gerenciamento ativo de vazamentos, focado nas perdas reais, é essencial para a identificação de vazamentos, tanto visíveis quanto não visíveis, nas redes de distribuição e ramais de ligação. A Companhia de Água e Esgoto do Ceará, por exemplo, possui atualmente aproximadamente 1,89 milhão de ligações de água interconectadas em cerca de 13.768 km de rede de abastecimento no Estado do Ceará. Diante dessa extensa cobertura e dos desafios inerentes ao controle e mitigação de perdas, torna-se imprescindível a adoção de ferramentas tecnológicas que auxiliem na gestão e avaliação das suas redes. Nesse contexto, esta pesquisa apresenta uma plataforma web inteligente, que incorpora técnicas avançadas de análise de dados e a aplicação de Aprendizado de Máquina, uma das subáreas da Inteligência Artificial, como objetivo principal identificar e monitorar de forma eficiente as perdas reais da companhia, contribuindo para uma gestão mais eficaz dos seus recursos.

**Palavras-chave:** Inteligência Artificial, Aprendizado de Máquina, Perdas Hídricas



## Metodologia

O desenvolvimento da plataforma web inteligente foi realizado através de um conjunto sistemático de etapas metodológicas que integram a coleta de dados, a análise e o processamento dessas informações, a geração de modelos de Aprendizado de Máquina e a apresentação dos resultados obtidos. Este processo metodológico foi organizado em cinco fases principais, cada uma desempenhando um papel essencial na construção da plataforma.

**Etapa 1 – Análise das bases de dados disponíveis:** A etapa inicial do processo consistiu na identificação e avaliação das fontes de dados disponíveis, envolvendo uma investigação preliminar de 974 tabelas provenientes dos bancos de dados operacionais da Companhia de Água e Esgoto do Ceará. Através da aplicação de técnicas de filtragem e critérios de relevância, foi estabelecido um ranking de importância, resultando na pré-seleção de 168 tabelas para a realização de uma análise mais detalhada.

Subsequentemente, foi realizada uma análise aprofundada dessas tabelas, empregando métodos avançados de mineração de texto, como a extração de padrões por meio do algoritmo Term Frequency-Inverse Document Frequency. Adicionalmente, foram implementadas técnicas de padronização de dados, incluindo a normalização de variáveis categóricas e contínuas, a eliminação de redundâncias e o tratamento de dados ausentes. Essas práticas visaram otimizar a consistência e a integridade das informações, preparando-as de forma adequada para as etapas subsequentes do projeto.

**Etapa 2 – Estudo sobre perdas reais:** Em paralelo a Etapa 1, foi realizado um estudo do estado da arte sobre a previsão de vazamentos em redes de distribuição de água que teve como objetivo principal identificar as principais abordagens, técnicas e ferramentas empregadas para a detecção e previsão de vazamentos em sistemas de abastecimento. A revisão incluiu artigos científicos, relatórios técnicos e estudos de caso, abordando métodos tradicionais, como medidores de pressão e técnicas emergentes que utilizam algoritmos de Aprendizado de Máquina para detectar padrões anômalos de consumo, variações de pressão e fluxos incomuns, que podem indicar vazamentos.

Dentre os métodos mais amplamente estudados, destacam-se as técnicas de modelagem estatística, como as Redes Bayesianas e os Modelos de Regres-

são Linear, que têm sido aplicadas para a análise de dados históricos e para a previsão de vazamentos com base nas tendências observadas no comportamento das redes (Misiunas et al., 2006). Além disso, as Redes Neurais Artificiais são utilizadas para reconhecer padrões de falhas em sistemas de abastecimento, empregando grandes volumes de dados de pressão e fluxo, o que permite previsões mais precisas de eventos futuros (Giustolisi et al., 2008).

Ademais, algoritmos de Aprendizado Não-Supervisionado, como o K-Means Clustering, têm sido empregados para identificar anomalias nos dados na ausência de rótulos explícitos, facilitando a detecção de vazamentos ocultos (Mutikanga et al., 2013). O levantamento dessas abordagens evidenciou que a combinação de técnicas estatísticas e de Aprendizado de Máquina oferece soluções promissoras para o monitoramento preditivo e a gestão eficiente de perdas em redes de distribuição de água.

Por fim, o estudo realizado também destacou a importância da integração de dados geoespaciais e do uso de Sistemas de Informação Geográfica para otimizar a localização de vazamentos, aumentando a eficiência das intervenções e reduzindo o tempo de resposta.

### Etapa 3 – Realização de reuniões com stakeholders:

De forma cíclica, foram realizadas reuniões com os stakeholders da Companhia de Água e Esgoto do Ceará com o intuito de capturar requisitos e definir as funcionalidades da plataforma web inteligente. A abordagem metodológica adotada nessas reuniões envolveu técnicas de elicitación de requisitos, incluindo entrevistas semiestruturadas e workshops colaborativos. As interações resultaram na identificação de requisitos funcionais e não funcionais, com ênfase na criação de requisitos específicos voltados para a análise e filtragem histórica de vazamentos.

Além disso, outras necessidades levantadas incluíram a demanda por uma interface intuitiva, acesso a dados em tempo real e relatórios customizáveis, que facilitariam a análise e a tomada de decisões. Foram discutidos também casos de uso que exemplificaram como a plataforma pode não apenas auxiliar na detecção de vazamentos, mas também otimizar a gestão de recursos hídricos por meio da utilização de dados geoespaciais.

O feedback contínuo dos stakeholders, especialmen-

te dos grupos GETIC, GEPED e GCOPE, foi fundamental para a priorização das funcionalidades e para as validações da plataforma web inteligente. Essas validações garantiram que as soluções propostas fossem viáveis e relevantes para as operações da Companhia de Água e Esgoto do Ceará, contribuindo para um alinhamento eficaz entre as necessidades dos usuários e as capacidades da plataforma.

**Etapa 4 - Desenvolvimento dos modelos de Aprendizado de Máquina:** A etapa de criação dos modelos de Aprendizado de Máquina teve início com a engenharia de features, na qual foram identificadas e extraídas 27 características relevantes a partir dos dados definidos na Etapa 1. Essas características englobaram informações sobre os imóveis, seus hidrômetros e o consumo de água, sendo projetadas para capturar aspectos cruciais do comportamento da rede. Para a construção da variável alvo, que representa a resposta final dos modelos de previsão — neste caso, a ocorrência de vazamentos — foram utilizados dados relacionados ao histórico de atendimentos sobre vazamentos da Companhia de Água e Esgoto do Ceará. Após a criação da base de dados, esta foi dividida em conjuntos de treinamento, validação e teste, empregando técnicas como k-fold cross-validation para assegurar que o modelo fosse treinado de maneira eficaz, minimizando a ocorrência de overfitting.

Subsequentemente, diferentes algoritmos foram aplicados para a construção de um modelo de ensemble, com o objetivo de aumentar a precisão das previsões. Os algoritmos selecionados incluíram Redes Bayesianas, que modelam a incerteza nas variáveis de entrada e suas interações; Modelos de Regressão Linear, que estabelecem relações lineares entre as features e a variável de saída; K-Means, que segmenta os dados em grupos com características semelhantes; e Redes Neurais Artificiais, que capturam interações não lineares complexas entre as features. Os modelos gerados foram integrados em um modelo de ensemble, combinando as previsões individuais para aprimorar a precisão geral. Essa abordagem não apenas mitigou os erros individuais dos modelos, mas também proporcionou previsões mais robustas e confiáveis sobre a ocorrência de vazamentos, evidenciando também a eficácia da combinação de uma engenharia de features bem estruturada com múltiplos algoritmos de machine learning na gestão de redes de distribuição de água e na minimização de perdas hídricas.

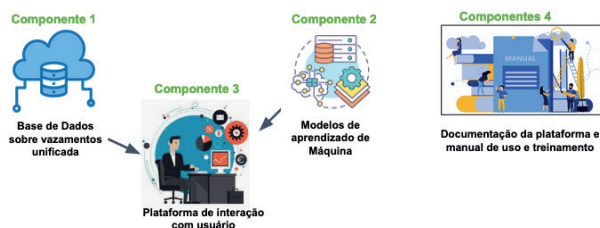
**Etapa 5 - Desenvolvimento da plataforma inteligente:** Com base nos requisitos funcionais e não funcionais definidos no início da Etapa 3, foi desenvolvida a arquitetura da plataforma, que envolveu a seleção de tecnologias adequadas para o seu desenvolvimento, além da integração da base de dados unificada, consolidada na Etapa 1, e do modelo de ensemble gerado na Etapa 4. Para otimizar a usabilidade da plataforma, foram implementadas ferramentas de geração de relatórios customizáveis. Esses relatórios incluem análises estatísticas detalhadas sobre a ocorrência de vazamentos e suas tendências temporais.

Adicionalmente, também foi incorporado à plataforma funcionalidades com uso de dados geoespaciais, permitindo que os usuários visualizassem a localização de vazamentos históricos, bem como previsões de locais com possíveis vazamentos, possibilitando a identificação de áreas críticas na rede de abastecimento. Tais funcionalidades não apenas aprimoram a capacidade de resposta a incidentes, mas também promovem a gestão proativa da infraestrutura hídrica, permitindo uma intervenção mais eficaz e preventiva.

Comitadamente, a plataforma foi submetida a vários processos de validação, no qual as suas funcionalidades foram testadas em colaboração com os stakeholders da Companhia de Água e Esgoto do Ceará conforme mencionado na Etapa 3. Esse processo assegurou que as funcionalidades atendessem plenamente às necessidades operacionais dos usuários. O feedback contínuo desses stakeholders foi essencial para a implementação de melhorias e ajustes, garantindo que a plataforma se configura como uma ferramenta eficaz para o gerenciamento de dados sobre vazamentos e para a tomada de decisões informadas, contribuindo de maneira substancial para a otimização da gestão de redes de distribuição de água.

## Resultados e discussão

A aplicação da metodologia definida nesta pesquisa resultou na criação da plataforma web inteligente para previsão e monitoramento de vazamento em redes e ligações domiciliares que consiste em 4 principais componentes conforme apresentado na Figura 1.



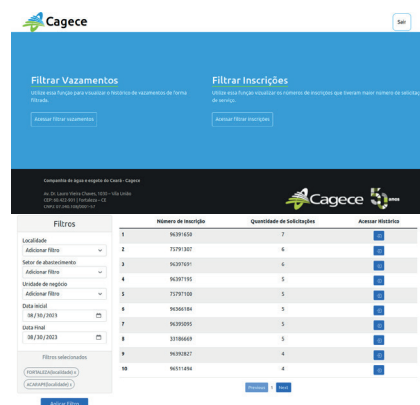
**Fig.1- Principais componentes da plataforma web inteligente para previsão e monitoramento de vazamento**

Conforme descrito na Etapa 1 da metodologia, a análise das tabelas resultou na construção de um banco de dados unificado (Componente 1), estruturado em três views inter-relacionadas que consolidam apenas os dados essenciais sobre vazamentos, necessários para o desenvolvimento da plataforma web inteligente. Cada view foi projetada para integrar informações provenientes de diversas fontes, proporcionando uma visão holística e coesa dos dados. A primeira view foca no histórico de atendimentos relacionados a vazamentos, oferecendo insights valiosos sobre a frequência e localização dos incidentes. A segunda view integra dados de hidrômetros e informações dos imóveis, permitindo uma análise granular do consumo de água em cada local. A terceira view abrange dados de consumo, facilitando a avaliação de padrões de uso. Essa nova estruturação não apenas otimiza a análise de dados pela plataforma, mas também serve como uma base robusta para análises adicionais e para a tomada de decisões estratégicas pela Companhia de Água e Esgoto do Ceará, podendo ser reutilizada no desenvolvimento de outras soluções relacionadas.

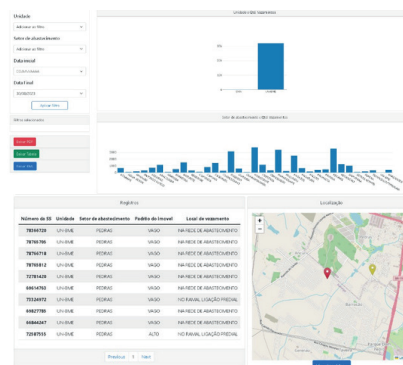
Os resultados obtidos pelo Componente 2, o modelo ensemble, que combina as seguintes técnicas de Aprendizado de Máquina: Redes Bayesianas, Modelos de Regressão Linear, K-Means e Redes Neurais Artificiais, não apenas fornecem previsões precisas sobre vazamentos futuros, mas também orientam ações práticas para o controle das perdas de água. Essa abordagem permite uma alocação mais eficaz das intervenções, seja na reabilitação da infraestrutura, por exemplo, por meio da substituição de hidrômetros e ligações, seja na realização de pesquisas de vazamento em ramais com maior suscetibilidade.

O Componente 3, a interface da plataforma de interação com o usuário, resultou em uma solução eficiente. Durante o desenvolvimento, foram realizadas

várias entregas iterativas, incluindo a criação de protótipos funcionais, demonstrações de usabilidade e a integração com o modelo ensemble. A plataforma também incorpora funcionalidades de filtragem de dados históricos de vazamentos (Figura 2), permitindo a seleção de informações específicas dentro de um intervalo de tempo definido. Além disso, oferece ferramentas para análises estatísticas e integração de dados geoespaciais, o que facilita a interpretação e visualização dos dados (Figura 3).



**Fig.2 - Funcionalidades de filtragem de dados históricos de vazamentos**



**Fig.3 - Ferramentas para análises estatísticas e visualização em mapas geoespaciais**

A plataforma também se destacou pela sua interface intuitiva e pela facilidade de navegação. A interface foi testada e validada em sessões de feedback, onde os stakeholders puderam visualizar como as informações seriam apresentadas e interagir com os recursos disponíveis. Por fim, a Componente 4, a documentação e os manuais de uso são fundamentais para garantir o sucesso da implantação da plataforma na Companhia de Água e Esgoto do Ceará. Eles fornecem orientações claras sobre funcionalidades e processos, permitindo que os usuários utilizem as ferramentas de forma eficiente e autônoma.

<sup>1</sup> Fonte: Elaborada pelos autores.

## Conclusão

A criação de uma plataforma web inteligente para previsão de vazamentos, fundamentada em técnicas avançadas de análise de dados e Aprendizado de Máquina, representa um avanço significativo na minimização de perdas para a Companhia de Água e Esgoto do Ceará. Os resultados obtidos ao longo deste estudo demonstraram que a implementação de algoritmos preditivos permitem uma identificação precoce de padrões e anomalias que podem indicar a ocorrência de vazamentos, proporcionando uma resposta proativa por parte dos operadores. Através da coleta e análise de dados históricos, foi possível desenvolver modelos preditivos que não apenas melhoram a precisão das previsões, mas também otimizam a alocação de recursos para a manutenção de infraestruturas. A integração de técnicas de Aprendizado de Máquina permite que a plataforma aprenda continuamente com novos dados, ajustando-se a variáveis que podem influenciar a ocorrência de vazamentos e padrões de uso de água. Além disso, a interface da plataforma foi projetada para ser intuitiva e acessível, facilitando a interação dos usuários e a interpretação dos resultados. Em suma, a plataforma desenvolvida não apenas oferece uma solução tecnológica inovadora para a previsão de vazamentos, mas também estabelece um modelo para futuras pesquisas e desenvolvimentos na área de gestão de recursos hídricos, demonstrando o potencial transformador da inteligência artificial em contextos práticos e de grande impacto social.

## Referências Bibliográficas

1. MISUINAS, D.; VICTORINO, D.; SHARP, G.; WATSON, M. Failure monitoring and asset management in water distribution networks. *Journal of Water Resources Planning and Management*, v. 132, n. 3, p. 195-203, 2006.
2. GIUSTOLISI, O.; SAVIC, D. A.; LAZAROVA, B.; SINERGI, F. Data-driven modeling for water distribution network leakage detection. *Journal of Hydroinformatics*, v. 10, n. 2, p. 107-121, 2008.
3. MUTIKANGA, H. E.; SHARMA, S. K.; VEENSTRA, S. Water loss management in developing countries: challenges and prospects. *Journal of Water Resources Planning and Management*, v. 139, n. 6, p. 644-651, 2013.



# PLANTA EM ESCALA PILOTO EM SETOR HIDRÁULICO: UM OLHAR NA SOLUÇÃO MANDACARU DE TELEMETRIA

Paulo Honório Filho<sup>(1)</sup> ; Bianca Araújo Braga Brasil<sup>(2)</sup> ; Vinicius Vasconcelos do Rego<sup>(3)</sup> ; Dalton de Araújo Honório<sup>(4)</sup> ; Luiz Henrique S. C. Barreto<sup>(5)</sup>

---

1. Aluno de Doutorado do Programa de pós Graduação em engenharia Elétrica da UFC (PPGEE).
2. Aluno(a) do curso de Engenharia Elétrica da UFC.
3. Aluno(a) do curso de Engenharia Elétrica da UFC.
4. Professor/pesquisador do Departamento de Engenharia Elétrica da UFC (DEE).
5. Professor do Departamento de Engenharia Elétrica da UFC (DEE) e do Programa de pós Graduação em engenharia Elétrica da UFC (PPGEE), coordenador do Projeto MANDACARU.

## Resumo

O projeto MANDACARU, desenvolvido na Universidade Federal do Ceará, visa monitorar o consumo de água usando um Dispositivo de Coleta e Comunicação (DCC) e um Servidor de Monitoramento e Análise de Leituras em Lote (SMALL). O DCC, instalado em hidrômetros, coleta dados que são analisados pelo SMALL via rede LPWAN para detectar anomalias e melhorar a eficiência operacional da CAGECE. Os testes simularam cenários de falhas em hidrômetros DN20 e DN40, utilizando uma bomba trifásica e registros de gaveta/esfera para controlar pressão e vazão, replicando condições anômalas idênticas em ambos os medidores. Os resultados mostraram que o módulo de Inteligência Artificial (IA) e o método ESWA (Exponential Smoothing Weighted Average) foram eficazes na identificação de anomalias. No hidrômetro DN20, as leituras mantiveram-se dentro dos limites de controle, com a média móvel destacando tendências de variações de volume. No hidrômetro DN40, o sistema capturou adequadamente uma queda abrupta após uma intervenção manual, evidenciando a capacidade do ESWA em suavizar flutuações e refletir tendências. A precisão na detecção de mudanças abruptas e na normalização do fluxo demonstra a robustez do sistema. O projeto também identificou oportunidades de otimização, como o uso de microcontroladores mais eficientes e carregamento solar para DCCs. Estes avanços, aliados ao apoio institucional, reforçam o impacto do MANDACARU na gestão inteligente de recursos hídricos e no uso de IoT e aprendizado de máquina para monitoramento eficiente.

**Palavras-chave:** Bancada de Medição, Telemetria e Rede Lora.

## Metodologia

A bancada de testes localiza-se no bloco 723, LAMOTRIZ – Laboratório de Sistemas Motrizes, no campus do Pici da Universidade Federal do Ceará em Fortaleza, Ceará. O projeto propõe o desenvolvimento do sistema MANDACARU, composto pelo Dispositivo de Coleta e Comunicação (DCC) e pelo Servidor de Monitoramento e Análise de Leituras em Lote (SMALL). O DCC será um dispositivo de baixo custo instalado em hidrômetros, coletando dados de consumo sem dependência de fabricantes. O SMALL processará esses dados via rede LPWAN[1-3], permitindo análises estratégicas como detecção de perdas e anomalias, integrando-se aos sistemas da CAGECE e melhorando a eficiência operacional.

Os testes foram realizados para simular cenários de falhas que pudessem ser identificados pelo módulo de IA do SMALL. Usaram-se múltiplas leituras de hidrômetros DN20 e DN40 [4], submetidos a condições anômalas idênticas para garantir consistência nos resultados. A pressão e a vazão foram ajustadas via controle de bomba trifásica (10–45 MHz) e registros de gaveta/esfera, permitindo a simulação de quatro cenários: degrau ascendente, degrau descendente, crescimento suave e redução suave. As leituras foram registradas a cada 20 segundos, garantindo a precisão e estabilidade das medições.

### Bancada de Teste

A bancada de medição do projeto MANDACARU foi projetada para simular cenários de falhas na distribuição de água, abrangendo tanto a micromedição quanto a macromedição, vide Fig. 1. Ela é composta por dois sistemas de tubulações: um interno e outro externo. A etapa interna, que se concentra nos testes, é equipada com uma bomba d'água trifásica, registros tipo esfera e gaveta, além de dois medidores inteligentes em série (DN20 e DN40), conectados para coletar dados de vazão e pressão, vide Fig. 2. A bomba direciona a água através de um desvio que permite ajustes na vazão, e os registros controlam a simulação de diferentes cenários de falhas, como aumentos e quedas abruptas ou graduais no fluxo. O sistema é projetado para garantir que a mesma condição anômala seja replicada nos dois medidores, assegurando a consistência dos testes.

A comunicação das leituras de cada hidrômetro é feita por Dispositivos de Coleta e Comunicação (DCCs) instalados ao lado de cada medidor. Esses dispositivos transmitem os dados via rede LoRaWAN, e, para garantir maior velocidade e frequência de amostragem, uma fonte chaveada foi adicionada ao

quadro de comando da bomba. Com isso, foi possível aumentar a taxa de transmissão dos DCCs, capturando leituras em intervalos de segundos, em vez de horas, o que acelerou significativamente a obtenção de dados para análise. A bancada também foi projetada com foco em segurança, prevenindo possíveis vazamentos durante as simulações.

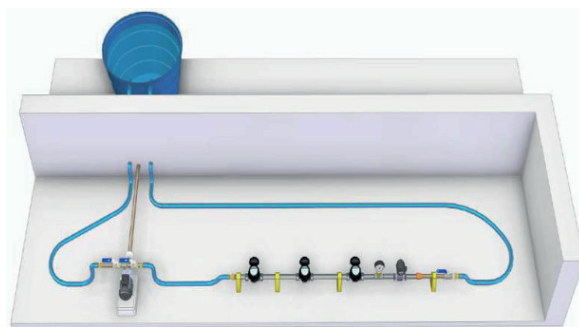


Fig.1- Arquitetura da bancada



Fig.1- Hidrometros DN20 e DN40

## Resultados e discussão

Os resultados obtidos nos testes com os hidrômetros DN20 e DN40, utilizando o módulo de Inteligência Artificial (IA) e o método ESWA (Exponential Smoothing Weighted Average)[5], mostraram-se eficazes na identificação de anomalias e controle das leituras de volume de água. No hidrômetro DN20, as leituras mantiveram-se majoritariamente dentro dos limites de controle estabelecidos, com a linha vermelha representando o volume real monitorado e as linhas amarela e azul definindo os limites superior e inferior de controle. A média móvel, calculada com uma janela de 30 minutos e suavizada com um fator  $\alpha = 0.1$ , destacou as tendências centrais das medições ao longo do tempo. Um ponto de interesse ocorreu às 14:00, quando o volume se aproximou do limite inferior, levando à intervenção com a interrupção do abastecimento, prontamente detectada pelo sistema.

No caso do hidrômetro DN40, os dados seguiram um padrão semelhante, com a linha vermelha representando o volume real. E as linhas de controle limitando as variações aceitáveis. O comportamento das leituras mostrou um aumento progressivo até às 14:00, seguindo de uma queda abrupta após a intervenção manual para simular uma anomalia. Esse comportamento foi bem capturado pela ESWA, que suavizou as flutuações e forneceu uma média móvel que refletiu as tendências gerais, minimizando os impactos de variações momentâneas. Após a intervenção, o sistema registrou a normalização do fluxo, indicando a capacidade do método em identificar e acompanhar rapidamente alterações no processo de medição.

A análise dos gráficos revelou que o uso da IA e do ESWA proporcionou um controle robusto das leituras e detecção de anomalias. O fator de suavização  $\alpha = 0.1$  mostrou-se adequado para ponderar as medições recentes sem desconsiderar as anteriores, garantindo maior precisão na detecção de mudanças abruptas no sistema. A capacidade de identificar anomalias e interrupções no fluxo, como a queda acentuada no volume no hidrômetro DN40 após a intervenção, destaca o potencial do sistema em monitorar e responder a eventos críticos. Essas conclusões demonstram a eficácia do sistema proposto em ambientes operacionais reais, oferecendo uma solução viável para a gestão de falhas e controle do consumo de água.

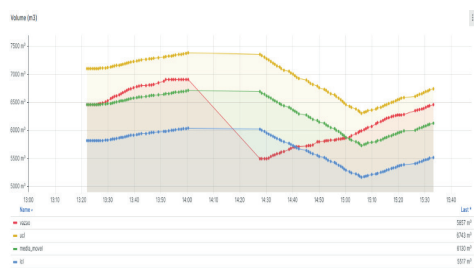


Fig.3 - Gráfico ESWA nos ensaios com o hidrômetro DN20

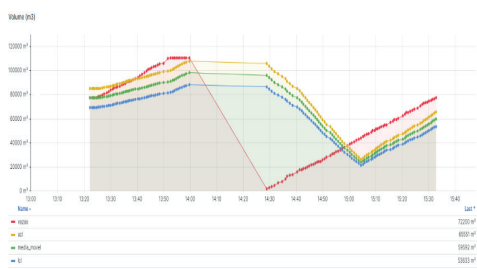


Fig.4 - Gráfico ESWA nos ensaios com o hidrômetro DN40

## Conclusão

Em conclusão, os testes realizados demonstraram que o sistema de controle aplicado no projeto MANDACARU foi eficaz na identificação de anomalias, como interrupções no fluxo de água, evidenciando a robustez do módulo de Inteligência Artificial (IA) e da metodologia ESWA no monitoramento e detecção de falhas. Apesar da introdução de cenários anômalos intencionais, os resultados indicaram que o processo se manteve sob controle, reforçando a confiabilidade do sistema para ambientes operacionais reais. A precisão na captura de eventos críticos, como quedas abruptas no volume de água, comprova o potencial do sistema em lidar com situações complexas de medição e gestão de consumo.

Além disso, os testes apontaram para oportunidades de otimização, como a utilização de microcontroladores mais eficientes nos DCCs, com menor consumo de energia, e a implementação de soluções como o carregamento solar e gateways móveis LoRaWAN para melhorar a conectividade em regiões remotas. Esses avanços tecnológicos, somados à dedicação da equipe e o apoio de instituições como a FUNCAP e a CAGECE, ressaltam o impacto do projeto MANDACARU no aprimoramento de redes inteligentes de água e no uso de IoT e aprendizado de máquina para o monitoramento eficiente de recursos.

## Referências Bibliográficas

- ALDHAHERI, Lameya; ALSHEHHI, Noor; MANZIL, Irfana Ilyas Jameela; KHALIL, Ruhul Amin; JAVAID, Shumaila; SAEED, Nasir; ALOUINI, Mohamed-Slim. LoRa Communication for Agriculture 4.0: Opportunities, Challenges, and Future Directions. arXiv, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2409.11200>. Acesso em: 17 set. 2024.
- Akshitha Deetil and B Venkateshulu LoRa Based Smart City (Long Range). ECS Transactions, Volume 107, Number 1.
- LR Prade, VA Uberty, AR Abaide, PRS Pereira, RM de Figueiredo, CB Both. LoRa mesh architecture for automation of rural electricity distribution. Electronics Letters, 2020•Wiley Online Library.
- Guerra, M., de Albuquerque, G., Lundgren, A. V., Fernandes, B. J., Maciel, A. M., & Bastos Filho, C. J. (2023). Sistema de Recomendação de Hidrômetro e Análise Preditiva de Perdas em Redes de Telemetria. Revista De Engenharia E Pesquisa Aplicada, 9(1), 86–96. <https://doi.org/10.25286/rep.v9i1.2784>
- FOMBY, Thomas B. Exponential smoothing models. Economics, v. 1, p. 1-23, 2008.



# ASPECTOS DA VIABILIDADE ECONÔMICA PARA O BIOCARVÃO PRODUZIDO A PARTIR DE LODO DE ESGOTO

Mirian Cristina Gomes Costa(1),\*; Francisca Gleiciane da Silva(2); Odair Pastor Ferreira(3); Helon Hébano de Freitas Sousa(4); Arthur Prudêncio de Araújo Pereira(5); Jaedson Cláudio Anunciato Mota(6)

---

1. Engenheira Agrônoma. Doutora em Solos e Nutrição de Plantas pela ESAL/USP. Professora Associada IV do Departamento de Ciências do Solo/UFC
2. Engenheira Agrônoma. Doutora em Ciência do Solo pela UFC. Pós-doutoranda do Departamento de Ciências do Solo/UFC
3. Engenheiro Químico. Doutor em Química pela UNICAMP. Professor Titular da Universidade Estadual de Londrina
4. Engenheiro Agrônomo. Doutor em Solos e Nutrição de Plantas pela ESALQ/USP. Professor Adjunto do Departamento de Ciências do Solo/UFC
5. Engenheiro Agrônomo. Doutor em Solos e Nutrição de Plantas pela ESAL/USP. Professor Associado III do Departamento de Ciências do Solo/UFC

## Resumo

A conversão do lodo de esgoto (LE) em biocarvão para uso em solos agrícolas é uma estratégia promissora para a economia circular. Contudo, para valorar o LE é importante analisar a viabilidade econômica de sua conversão em biocarvão para uso na agricultura. Neste estudo foram estimados aspectos da viabilidade econômica do biocarvão produzido por pirólise a partir da mistura de lodo de esgoto + resíduo de poda, considerando: custos de produção, respostas agronômicas de doses do biocarvão na cultura do milho (com base no diâmetro do colmo das plantas), teores de elementos químicos no biocarvão, quantidade de nutrientes aportados pelo biocarvão e seu equivalente em fertilizantes minerais e calcário e o valor financeiro correspondente aos fertilizantes minerais e calcário. O custo de produção foi de R\$327,78/kg, dos quais 76,8% foram provenientes da carbonização. Os teores de elementos químicos mais elevados no biocarvão (g/kg) foram de nitrogênio (24,45), fósforo (17,7) e cálcio (19,3). A dose de biocarvão de 20 Mg/ha foi a que resultou em maior diâmetro das plantas de milho. Essa dose levou ao aporte, em kg/ha, de N (490), P (354) e K (122), cujos valores são superiores ao recomendado para a cultura do milho, mas que não estão prontamente disponíveis às plantas. Para a viabilidade econômica do biocarvão de lodo de esgoto considera-se que o custo de produção pode ser reduzido e sua aplicação ao solo representa reserva de nutrientes que permite diminuir as quantidades de adubos minerais.

**Palavras-chave:** materiais carbonáceos, condicionador de solos, biofertilizante



## Metodologia

Uma estratégia para a gestão do lodo de esgoto (LE) que tem ganhado notoriedade mundial por ser considerada mais econômica e ambientalmente viável em relação aos métodos tradicionais – que envolvem incineração e disposição em aterros – é a conversão do LE em biocárvão por meio da pirólise ou copirólise (FAN et al., 2023). A transformação termoquímica do LE em biocárvão resulta em material com elevada capacidade de adsorção, com propriedades químicas mais estáveis e ausência de microrganismos patogênicos. Além disso, o biocárvão pode apresentar maior quantidade de elementos que são nutrientes para as plantas e formas menos solúveis de elementos potencialmente tóxicos (DEVI; SA-ROHA, 2014; MÉNDEZ et al., 2013; YIN; LIU; REN, 2019). Essas vantagens ampliam a perspectiva de mercado consumidor para biocárvão derivado de LE, de modo particular, visando sua utilização em sistemas agrícolas e florestais (PENIDO et al., 2019).

Contudo, é importante analisar a viabilidade econômica da transformação do LE em biocárvão para uso na agricultura. Um importante aspecto econômico está relacionado ao conteúdo de elementos químicos que o biocárvão apresenta e que são considerados nutrientes para as plantas. A presença desses elementos químicos pode trazer economia no consumo de fertilizantes minerais convencionalmente utilizados na agricultura.

Neste estudo foram estimados aspectos da viabilidade econômica do biocárvão produzido da mistura de lodo de esgoto + resíduo de poda. Para tal foram considerados:

- Custos de produção partindo de 50 kg de biomassa (coleta e preparo de biomassa, envio de biomassa para pirólise em prestador de serviço, custo da pirólise);
- Respostas de experimento agrônômico em que doses (0, 5, 10, 20 e 40 Mg/ha) de biocárvão produzido a partir de lodo de esgoto + resíduo de poda (LE+Poda) e de biocárvão produzido a partir de bagaço de caju (BC) foram avaliadas para o desenvolvimento inicial da cultura do milho (considerando crescimento das plantas em diâmetro do colmo);
- Teores de elementos químicos (nitrogênio – N, fósforo – P, potássio – K, cálcio – Ca e magnésio – Mg) no biocárvão, sua quantidade equivalente em fertilizantes minerais e calcário e seu valor correspondente aos fertilizantes minerais e calcário.

## Resultados e discussão

Dentre os itens de despesas relacionados à produção do biocárvão está o processo de produção que correspondeu a 76,8% do valor total (Tabela 1).

Itens de despesa	Valores gastos (R\$)
Preparo das biomassas	1.200,00
Envio das biomassas	1.000,00
Pirólise	4.300,00
Total	6.500,00
Custo/kg de biocárvão	321,78

**Tabela 1 – Estimativa dos custos para a produção de 20,2 kg de biocárvão a partir de 50 kg de biomassa de lodo de esgoto + resíduo de poda**

O custo de produção de biocárvão é variável, com valores encontrados na literatura entre R\$0,09/kg e R\$14,87/kg (CAMPION et al., 2023). Esses valores citados são consideravelmente menores em relação ao encontrado neste estudo (R\$321,78), mas cabe destacar que há potencial de redução deste custo de produção mediante construção de planta própria de pirólise. O valor apresentado neste estudo envolve o envio de biomassa para outro Estado por via aérea, bem como o pagamento da prestação de serviço para a pirólise. Como os custos dependem do processo de produção, da biomassa utilizada e da distância entre a fonte de biomassa e o local de produção e aplicação (BACH; WILSKÉ; BREUER, 2016), ter uma planta de pirólise próxima à fonte de produção de biomassa permite redução de despesas. Também é preciso considerar o custo da aplicação do biocárvão no campo (BACH; WILSKÉ; BREUER, 2016).

### Teor de nutrientes no biocárvão

Na Tabela 2 são apresentados resultados da caracterização química do biocárvão produzido a partir de LE e resíduo de poda. Os elementos químicos em maior quantidade são N (24,45 g/kg), Ca (19,3 g/kg) e fósforo (17,7 g/kg).

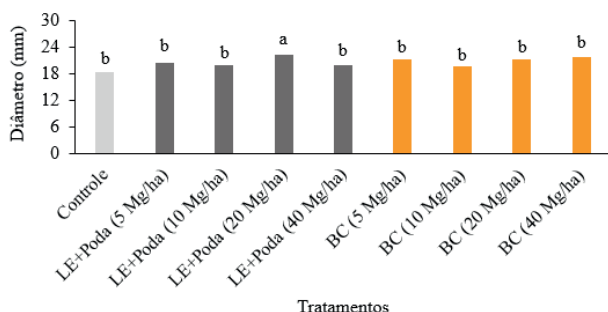
Esses teores são inferiores ao encontrado em fertilizantes minerais e corretivos agrícolas. Mas, a depender da dose de biocárvão aplicada, podem representar aporte considerável de nutrientes a ponto de viabilizar a redução na quantidade de fertilizantes e corretivos. Cabe destacar que a possibilidade de reduzir o aporte de outros insumos é um dos aspectos da viabilidade econômica do uso de biocárvões na agricultura (CAMPION et al., 2023), bem como o tempo em que a aplicação do biocárvão ao solo continua aumentando a produtividade das culturas (BACH; WILSKÉ; BREUER, 2016).

Elementos químicos	Teores no biocarvão (g/kg)
N	24,45 (±0,2)
P	17,7 (±2,5)
K	6,1 (±0,6)
Ca	19,3 (±2,8)
Mg	7,3 (±1,1)

**Tabela 2 - Teores de elementos químicos (macronutrientes) no biocarvão de lodo de esgoto + resíduo de poda produzido por carbonização pirolítica de forma escalonada**

### Resultados do estudo agrônômico

No estudo agrônômico foram comparadas quatro doses (5, 10, 20 e 40 Mg/ha) do biocarvão de lodo de esgoto + resíduo de poda e do biocarvão produzido a partir de bagaço de caju, havendo também o tratamento controle (dose zero). No solo tratado com biocarvão de lodo de esgoto + poda, na dose de 20 Mg ha<sup>-1</sup>, houve aumento significativo do diâmetro do colmo das plantas de milho (Figura 1). Isso indica que a dose de 20 Mg ha<sup>-1</sup> promoveu condição mais favorável para manter a alongação, expansão e crescimento celular, repercutindo no crescimento em diâmetro que, por sua vez, poderá estar associado à maior produção de grãos.



**Fig. 1 - Valores médios de diâmetro do colmo de plantas de milho tratadas com doses de biocarvão de lodo de esgoto e resíduo de poda (LE+Poda) e de biocarvão de bagaço de caju (BC). A comparação é para cada tratamento em relação ao controle, de modo que médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem pelo teste de Dunnett a 5% de significância**

### Valor financeiro das quantidades de insumos equivalentes aos nutrientes aportados pela melhor dose de biocarvão

Na Tabela 3 se constata que as quantidades de N, P e K aportadas ao solo com a aplicação de 20 Mg/ha de biocarvão são superiores em relação ao recomenda-

do para a cultura do milho, considerando as condições do solo em que a cultura foi plantada (RIBEIRO; GUIMARÃES; ALVAREZ V, 1999). As quantidades de Ca e Mg também são consideráveis e representam potencial de redução na quantidade de calcário, principalmente quando a recomendação é baseada no critério de aumento dos teores de Ca e Mg no solo (RIBEIRO; GUIMARÃES; ALVAREZ V, 1999). Contudo, vale destacar que a elevada estabilidade dos biocarvões representa maior resistência à sua decomposição e liberação de nutrientes. Desse modo, o biocarvão aplicado resulta em reserva de nutrientes no solo cuja liberação tende a ser gradual.

Nitrogênio - N		
Aporte via biocarvão (kg ha <sup>-1</sup> )	Equivalente em ureia (kg ha <sup>-1</sup> )	Valor financeiro do insumo (R\$ ha <sup>-1</sup> )
490,0	1088,9	6.533,30
Fósforo - P		
Aporte via biocarvão (kg ha <sup>-1</sup> )	Equivalente em superfosfato simples (kg ha <sup>-1</sup> )	
354,0	1763,4	15.517,50
Potássio - K		
Aporte via biocarvão (kg ha <sup>-1</sup> )	Equivalente em cloreto de potássio (kg ha <sup>-1</sup> )	
122,0	244,9	1.469,60
Cálcio - Ca		
Aporte via biocarvão (kg ha <sup>-1</sup> )	Equivalente em calcário dolomítico (kg ha <sup>-1</sup> )	
386,0	1.785,1	6.961,90
Magnésio - Mg		
Aporte via biocarvão (kg ha <sup>-1</sup> )	Equivalente em calcário dolomítico (kg ha <sup>-1</sup> )	
146,0	1.125,6	4.389,70

**Tabela 3 - Quantidades de nitrogênio, fósforo e potássio aportadas ao solo com a dose de 20 Mg/ha de biocarvão, sua conversão em quantidades de fertilizantes e corretivos comerciais e seu valor em reais**

## Conclusão

Nas condições do escalonamento realizado neste estudo, o custo de produção do biocarvão é elevado. Contudo, há meios de redução de custos de produção em busca da viabilidade econômica para o biocarvão produzido a partir de lodo de esgoto e resíduo de poda. O aporte de nutrientes que viabiliza o desenvolvimento vegetal e que representa reserva no solo é um importante aspecto da viabilidade econômica do biocarvão de lodo de esgoto, pois permite reduzir a aplicação de fertilizantes na agricultura.

## Referências Bibliográficas

1. BACH, M.; WILSKÉ, B.; BREUER, L. Current economic obstacles to biochar use in agriculture and climate change mitigation. *Carbon Management*, v. 7, n. 3-4, p. 183-190, 3 jul. 2016.
2. CAMPION, L. et al. The costs and benefits of biochar production and use: A systematic review. *Journal of Cleaner Production*, v. 408, p. 137138, jul. 2023.
3. DEVI, P.; SAROHA, A. K. Synthesis of the magnetic biochar composites for use as an adsorbent for the removal of pentachlorophenol from the effluent. *Bioresource Technology*, v. 169, p. 525-531, out. 2014.
4. ENDERS, A. et al. Characterization of biochars to evaluate recalcitrance and agronomic performance. *Bioresource Technology*, v. 114, p. 644-653, jun. 2012.
5. FAN, Z. et al. Co-pyrolysis technology for enhancing the functionality of sewage sludge biochar and immobilizing heavy metals. *Chemosphere*, v. 317, p. 137929, mar. 2023.
6. MAPA. Manual de métodos analíticos oficiais para fertilizantes e corretivos. Brasília: MAPA, 2017.
7. MÉNDEZ, A. et al. Influence of pyrolysis temperature on composted sewage sludge biochar priming effect in a loamy soil. *Chemosphere*, v. 93, n. 4, p. 668-676, out. 2013.
8. PENIDO, E. S. et al. Combining biochar and sewage sludge for immobilization of heavy metals in mining soils. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, v. 172, p. 326-333, maio 2019.
9. RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. G.; ALVAREZ V, V. H. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. 5a Aproximação ed. Viçosa: CFSEMG, 1999.
10. VAN RAIJ, B. et al. Análise Química para Avaliação da Fertilidade de Solos Tropicais. Campinas: Instituto Agronômico de Campinas, 2001.
11. YIN, Q.; LIU, M.; REN, H. Biochar produced from the co-pyrolysis of sewage sludge and walnut shell for ammonium and phosphate adsorption from water. *Journal of Environmental Management*, v. 249, p. 109410, nov. 2019.



# AVALIAÇÃO DOS DADOS DE ECONOMIA DO OPEX A PARTIR DE UMA ETE COMPOSTA POR UM UASB MODIFICADO SEGUIDO DE FILTRO SUBMERSO AERADO MODIFICADO

Francisco Vieira Paiva<sup>(1)</sup>; e Fábio Rocha Pereira<sup>(2)</sup>; Isabella Vieira Santos<sup>(3)</sup>; João Reinaldo Imbiriba da Rocha Junior<sup>(4)</sup>; Jorge Luiz Bezerra de Araújo<sup>(5)</sup>; Leila Lima da Silva<sup>(6)</sup>; Roberto Carlos Matias da Costa Viana<sup>(7)</sup>; Raphael Coelho Cavalcanti<sup>(8)</sup>; Ricardo Kassner Carubbi<sup>(9)</sup>; Rilder de Sousa Pires<sup>(10)</sup>; Ricardo Fialho Colares<sup>(11)</sup>; Tulio Rodrigues Ribeiro<sup>(12)</sup>

1. Engenheiro Civil pela Universidade de Fortaleza (UNIFOR). Mestre em Engenharia Civil (Saneamento Ambiental) pela Universidade Federal do Ceará (UFC). Doutor em Recursos Naturais pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG).
2. Analista de Sistemas pela Universidade FANOR (UNIFANOR).
3. Engenheira Sanitarista e Ambiental (UEPB), Mestre em Ciência e Tecnologia Ambiental pelo PPGCTA/UEPB.
4. Engenheiro Elétrico pela Universidade de Fortaleza (UNIFOR). Mestre em Automação e Computação pela Universidade Federal do Ceará (UFC).
5. Doutor em Física pela Universidade de Fortaleza (UNIFOR).
6. Tecnóloga em Saneamento Ambiental pelo Instituto Federal do Ceará (IFCE). Pós Graduada em Segurança do Trabalho e Gestão Ambiental pela Faculdade Líbano.
7. Graduando em Engenharia de Automação pela Universidade de Fortaleza (UNIFOR)
8. Engenheiro Eletrônico pela Universidade de Fortaleza (UNIFOR).
9. Mestre em Informática Aplicada pela Universidade de Fortaleza (UNIFOR).
10. Doutor em Física pela Universidade de Federal do Ceará (UFC).
11. Doutor em Engenharia Eletrônica e Telecomunicações pela Universidade de Fortaleza (UNIFOR).
12. Mestre em Engenharia de Transportes pela Universidade Federal do Ceará (UFC).

## Resumo

Os custos de operação e manutenção estão diretamente relacionados com a tecnologia definida. No setor de tratamento de esgoto, de 15% a 40% dos custos operacionais são gastos com energia elétrica, representando o segundo maior gasto da estação segundo METFALF et al, 2016. Diante dessa problemática, buscou-se desenvolver um sistema de tratamento capaz de reduzir o consumo de energia nas estações sem prejudicar a qualidade do efluente final, associando a modificação com a aplicação da automação para otimizar os processos operacionais, tornando o sistema mais eficiente e com monitoramento em tempo real dos parâmetros de controle. Com isso, foi desenvolvido um sistema modificado de um reator UASB seguido de um Filtro Submerso Aerado (FSA), o qual apresentou uma redução significativa de compostos nitrogenados e matéria orgânica, resultando em uma economia de 50% da energia elétrica da estação. Além disso, com a automação e a aplicação do IA, foi possível obter informações em tempo real de parâmetros como: pH, temperatura, oxigênio dissolvido, amônia, nitrato e nitrito, onde a partir disso foi possível realizar uma dinâmica de controle no oxigênio do FSA que possibilitou uma operação mais eficaz do sistema de tratamento e o controle energético dos sopradores. Em conclusão, o sistema modificado obteve uma boa eficiência no tratamento que resultou em economia no OPEX associado a automação aplicada. Destacando assim a viabilidade e potencial do sistema em ser aplicado em larga escala.

**Palavras-chave:** Tratamento, Automação, Economia.

## Metodologia

Para a avaliação da economia de custo do sistema modificado, considerou-se os resultados dos parâmetros de amônia, Demanda Bioquímica Oxigênio (DBO), Demanda Química de Oxigênio (DQO), obtidos durante o monitoramento em escala piloto. Além disso, utilizou-se como base de cálculo do dimensionamento a mesma população de um projeto de uma estação de tratamento de esgoto da Companhia de Água e Esgoto do Ceará (CAGECE), composta por dois módulos de reator UASB, Filtro Submerso Aerao (FSA), bem como um decantador lamelar, para ser o padrão. Após o cálculo de dimensionamento do sistema modificado, foi desenvolvido um orçamento comparativo entre o sistema convencional e o sistema modificado para avaliar a economia do OPEX.

Na etapa de desenvolvimento do projeto de automação da planta, foi realizada pesquisas e prospecções de tecnologias de sensores e atuadores necessários para instalar no sistema. A partir da necessidade do monitoramento do sistema utilizou-se como base a coleta dos dados dos seguintes parâmetros por sensores: pH, temperatura, oxigênio dissolvido, amônia, nitrato e nitrito foram instalados nas etapas de tratamento.

## Resultados e discussão

A partir dos cálculos de dimensionamento e considerando os parâmetros que avaliam a eficiência do tratamento, foi possível reduzir as dimensões do FSA da ETE Modificada. É possível observar na Tabela 1 que comparado ao sistema convencional, a ETE modificada reduziu aproximadamente 4 vezes o volume unitário. Tal economia irá influenciar diretamente na quantidade de sopradores que devem ser instalados na planta.

Dimensões do FSA da ETE Convencional		Dimensões do FSA da ETE Convencional	
Altura útil (H)	4,0 m	Altura útil (H)	3,0 m
Largura (L)	5,5 m	Largura (L)	3,25 m
Comprimento (C)	9,0 m	Comprimento (C)	4,5 m
Volume unitário resultante (Vu)	198,0 m <sup>3</sup>	Volume unitário resultante (Vu)	43,88 m <sup>3</sup>

Tabela 1 - Dimensões do filtro submerso aerado (FSA), sistema convencional e modificado

Como já mencionado, com a redução das dimensões, cargas de nutrientes e matéria orgânica o sistema modificado requer menos oxigênio e com isso foi reduzido a potência do soprador em 50% em relação ao um sistema convencional.

Outro fator importante, foi a aplicação da automação no sistema modificado, onde a partir dos sensores instalados foi possível realizar a medição dos parâmetros em tempo real e controlar a taxa de aeração no FSA de acordo com a demanda real de oxigênio no meio. Ou seja, foi possível atuar na dinâmica do soprador para manter a aeração de acordo com a necessidade real de oxigênio do FSA. Isso resultou também em uma economia energética na estação. Nas Figuras 1 e 2 é apresentado gráficos com as leituras de oxigênio dissolvido a partir do controle da aeração no FSA.



Fig. 1 - Gráfico de resposta do oxigênio dissolvido (OD) antes e depois do controle de aeração no FSA



Fig.2 - Gráfico de resposta do oxigênio dissolvido (OD) no controle de aeração no FSA

Com a diminuição do consumo de energia na ETE Modificada, foi possível uma redução de aproximadamente 50% do valor do consumo em comparação ao sistema convencional, impactando diretamente na redução do valor total dos gastos com OPEX do sistema. Conforme apresentado nas figuras 3 e figura 4 respectivamente.

<sup>1</sup> Fonte: Elaborada pelos autores.

## Referências Bibliográficas

1. METCALF, L.; EDDY, H. P, et.al. Tratamento de Efluentes e Recuperação de Recursos. 5 ed. Rio de Janeiro: McGraw Hill, 1984p. 2016
2. BRASIL. MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL. SECRETARIA NACIONAL DE SANEAMENTO – SNS. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS): 25º Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2019. Brasília: SNS/MDR, 2020. 183 p.: il.

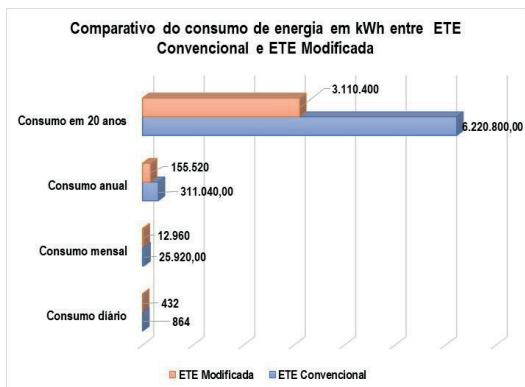


Fig. 3 - Comparativo do consumo de energia elétrica (kWh) entre a ETE Convencional e a ETE Modificada

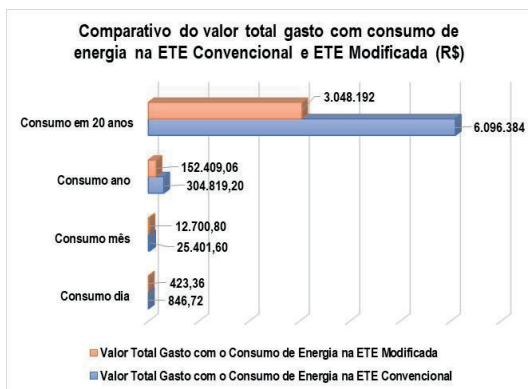


Fig. 4 - Comparativo do valor total (R\$) gasto com consumo de energia entre a ETE Convencional e ETE Modificada

## Conclusão

Portanto, os resultados da pesquisa trarão um ganho satisfatório para a companhia (CAGECE), principalmente em relação a economia gerada no OPEX da ETE Modificada. Essa economia de 50% do valor do consumo de energia elétrica, proporcionará uma redução dos custos de operação dos sistemas de tratamento de esgoto. Vale salientar que, além da redução do consumo de energia elétrica nas estações, o sistema mantém sua eficiência no tratamento de efluente final e em conformidade com os padrões estabelecidos pelas legislações ambientais. Por fim, os resultados de economia do OPEX, destaca a viabilidade e potencial do sistema a ser aplicada em larga escala, pois fornece base sólida para adoção de melhorias nos sistemas já existentes da companhia. Com isso, a implementação do sistema pode trazer impactos positivos, tanto no ponto de vista ambiental quanto econômico.

<sup>1</sup> Fonte: Elaborada pelos autores.



# MODELAGEM INTEGRADA DA REDE COLETORA DE ESGOTO E DA DRENAGEM URBANA DE FORTALEZA/CE

Iran Eduardo Lima Neto (1); Janine Brandão de Farias Mesquita (2); Gustavo Siebra Lopes (3); Thales Bruno Rodrigues Lima (4); João da Silva Cavalcante (5); Cailiny Darley de Menezes Medeiros (6); Silvano Porto Pereira (7)

---

1. Professor da Universidade Federal do Ceará – UFC
2. Professora da Universidade Federal do Ceará – UFC Cratéus
3. Mestrando em Engenharia Civil: Recursos Hídricos – UFC
4. Doutorando em Engenharia Agrícola – UFC
5. Engenheiro da CAGECE e Mestrando em Engenharia Civil: Recursos Hídricos – UFC
6. Gerente de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação Tecnológica da CAGECE
7. Analista de Saneamento da CAGECE

## Resumo

As águas de contribuição pluvial e de infiltração podem acarretar diversos problemas operacionais aos sistemas de esgotamento sanitário, culminando em extravasamentos por singularidades ou mesmo na ruptura de tubulações. Este projeto teve como objetivo geral propor uma metodologia para simulação e otimização de sistemas de esgotamento sanitário submetidos a contribuições pluviais e de lençol freático em ambientes urbanizados. O projeto iniciou-se com reuniões envolvendo as equipes da UFC e CAGECE, seguidas de trabalhos de campo, análises laboratoriais e modelagem computacional. O sistema de esgotamento sanitário selecionado foi o Interceptor Leste (IL) de Fortaleza/CE, que tem apresentado problemas recorrentes de extravasamentos durante o período chuvoso. Os resultados revelaram pontos críticos de extravasamentos no IL, bem como condições limites de precipitação pluviométrica para a ocorrência desses eventos indesejáveis. Além disso, a modelagem computacional reproduziu bem as observações de campo, o que permitiu a simulação de diferentes cenários de intervenção com o intuito de minimizar os extravasamentos no sistema. Este projeto colaborativo não apenas contribuiu para um melhor entendimento do fenômeno dos extravasamentos em tubulações, mas também forneceu para a CAGECE uma ferramenta computacional capaz de promover uma operação otimizada de sistemas de esgotamento sanitário submetidos a contribuições pluviais e de lençol freático.

**Palavras-chave:** extravasamento, interceptor, modelagem computacional

## Metodologia

Inicialmente, foram realizadas diversas reuniões remotas e presenciais envolvendo os membros da UFC e os técnicos da CAGECE, com o objetivo de planejar as atividades do projeto e definir a área de estudo, a qual é composta pelas bacias hidrográficas de contribuição do Interceptor Leste (IL), responsável por coletar os esgotos gerados nos bairros localizados na Vertente Marítima de Fortaleza/CE e no seu entorno. Posteriormente, foram coletados diversos dados secundários fornecidos pela CAGECE, pelo CEMADEN, entre outros órgãos e instituições, sendo realizada uma análise da relação entre intensidade de precipitação e ocorrência de extravasamentos na área. Em seguida, testou-se o modelo computacional hidrológico-hidráulico PCSWMM, que possui interface com sistema de informações geográficas (SIG), para diferentes percentuais de infiltração no IL e configurações de bacias hidrográficas contribuintes. Para o levantamento dos dados necessários à calibração do modelo, foram realizadas campanhas para medição de nível de água/sedimento, velocidade e qualidade da água usando régua, anemômetro e sonda multiparamétrica, respectivamente. Além disso, foram coletadas amostras de água nos poços de visita ao longo do IL e analisados em laboratório os seguintes parâmetros: fósforo total, nitrogênio total, coliformes totais e termotolerantes, demanda bioquímica de oxigênio e sólidos suspensos totais. Essa avaliação se fez necessária para a quantificação do nível de mistura das águas pluviais e do lençol freático no esgoto. Uma vez calibrado o modelo PCSWMM, foi possível prever eventos de extravasamentos no IL para diferentes condições de precipitação. Além disso, foram realizadas simulações computacionais visando identificar pontos críticos suscetíveis a extravasamentos, detetar anomalias hidráulicas no sistema e propor medidas corretivas. Por fim, foi realizada a transferência de tecnologia para a equipe da CAGECE. Maiores detalhes em relação à metodologia do trabalho são apresentados em Anchieta (2022), Araújo (2023) e Lopes (2024).



Fig. 1 - Reuniões envolvendo as equipes da UFC e CAGECE



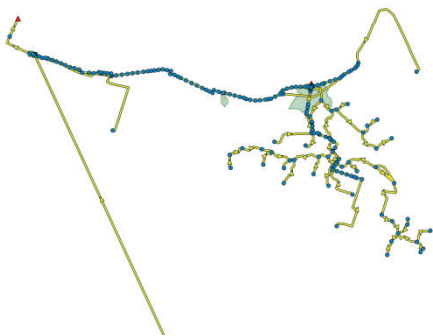
Fig. 2 - Medições de campo nas galerias de drenagem e no Interceptor Leste (IL) de Fortaleza/CE realizadas pelas equipes da UFC e CAGECE

## Resultados e discussão

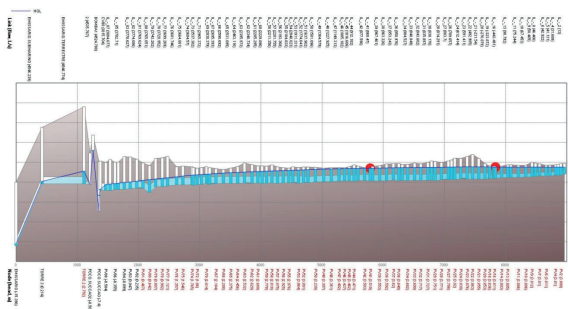
Após a realização de diversas simulações com o modelo PCSWMM e a comparação com os dados observados (ver LOPES, 2024), os resultados revelaram que a melhor acurácia na modelagem computacional foi alcançada considerando um percentual de infiltração de águas pluviais e de lençol freático no IL de 1% e uma configuração de duas bacias hidrográficas contribuintes, próximas aos pontos mais críticos com relação aos extravasamentos, conforme ilustrado na Figura 3. Resultados coerentes também foram obtidos para diferentes períodos de retorno das chuvas (2, 5 e 10 anos), indicando um aumento da intensidade, frequência e duração dos extravasamentos com o aumento das precipitações pluviométricas. Além disso, a modelagem computacional permitiu simular o impacto de diferentes medidas corretivas estruturais e não-estruturais no IL, como



mudanças no uso do solo das bacias hidrográficas contribuintes, alterações nos diâmetros das tubulações e mudanças na operação do sistema, buscando minimizar ou eliminar os eventos de extravasamentos. A Figura 4 mostra uma simulação computacional típica do escoamento ao longo do IL, com destaque para dois pontos de extravasamentos durante o período chuvoso

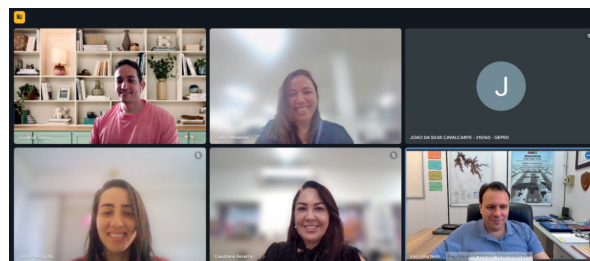


**Fig. 3 - Modelo computacional implementado no PCSWMM para simulação da infiltração de águas pluviais e de lençol freático no IL**



**Fig. 4 - Exemplo de simulação do escoamento ao longo do IL usando o PCSWMM, com destaque para dois pontos de extravasamentos durante o período chuvoso**

A Figura 5 mostra uma reunião remota na qual procedeu-se a transferência das tecnologias desenvolvidas para a equipe da Gerência de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação Tecnológica (GEPED) da CAGECE, sendo apresentados: (1) o modelo computacional implementado no PCSWMM, (2) os resultados da calibração do mesmo em relação aos dados observados e (3) exemplos de aplicação da ferramenta para prever extravasamentos e propor medidas de intervenção para otimizar a operação do IL.



**Fig. 5 - Reunião de transferência das tecnologias desenvolvidas para a equipe da Gerência de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação Tecnológica (GEPED) da CAGECE**

## Conclusão

Concluiu-se que o modelo computacional implementado no software PCSWMM se mostrou adequado à realidade da cidade de Fortaleza, podendo ser utilizado como ferramenta prática para a previsão de extravasamentos e otimização de sistemas de esgotamento sanitário submetidos a contribuições pluviais e de lençol freático, seja por meio de medidas estruturais e/ou não estruturais nas bacias hidrográficas e na rede de esgotos. Espera-se que a metodologia proposta possa ser incorporada na gestão dos sistemas de esgotamento sanitário operados pela CAGECE.

## Referências Bibliográficas

1. ANCHIETA, F. A. S. Modelagem da influência da drenagem das águas pluviais da bacia do Riacho Maceió no macrossistema de esgotamento sanitário de Fortaleza/CE. Trabalho de Conclusão de Curso - Engenharia Ambiental e Sanitária - Universidade Federal do Ceará (Campus Crateús), 2022.
2. ARAÚJO, J. W. O. Modelagem hidráulica do interceptor leste da rede de esgotamento sanitário de Fortaleza/CE através do software PCSWMM. Trabalho de Conclusão de Curso - Engenharia Ambiental e Sanitária - Universidade Federal do Ceará (Campus Crateús), 2023.
3. LOPES, G. S. Predição de extravasamentos devido à infiltração de águas pluviais em interceptor de esgotamento sanitário de Fortaleza/CE. Dissertação de Mestrado - Universidade Federal do Ceará, 2024.

INOVACÃO

COMPANHIA DE ÁGUA E ESGOTO DO CEARÁ

## Inovação em Foco II

Companhia de Água e Esgoto do Ceará - Cagece

# àgua

abastecimento, tratamento,  
distribuição e reuso

**A relevância dos parâmetros de fluxo crítico e intervalos de retrolavagem para o design do processo de ultrafiltração no tratamento de reservatórios eutróficos: Um estudo piloto para o desenvolvimento de um projeto em escala real**

*Herivanda Gomes de Almeida; João da Silva Cavalcante; Marisete Dantas de Aquino; Francisco Suetônio Bastos Mota; José Carlos Mierzwa*

**Avaliação da eficiência dos coagulantes PAC-12 e PAC-13 em uma estação de ciclo completo**

*Keyle Alves Freitas; Isabel Cristina Lima Freitas; Fabricia de Melo Bonfim; Francisca Naiane da Silva Rocha; Maria Verônica Lopes Rocha*

**Elaboração e implementação de uma instrução de trabalho (IT) para o processo de lavagem de filtro ascendente em uma estação de tratamento de água-ETA Riviera, no distrito de Tapera, município de Aquiraz/CE**

*Jeferson Pinheiro Lopes; Lidiane Bittencourt da Silva; Mariane Souza Porfírio Nazareth*

**Análise Comparativa Dos Efeitos Da Recirculação Da Água Dos Rejeitos Gerados Em Uma Eta De Ciclo Completo E Uma Eta De Filtração Direta Ascendente**

*Francisca Naiane da Silva Rocha; Isabel Cristina Lima Freitas; Daniel Carlos da Silva; Carolina de Souza Lopes; Thiago Alves de Carvalho*

**Reabilitação De Sistemas De Abastecimento De Água Em Comunidades Rurais Do Ceará**

*Cyntia Pereira Nunes de Araújo; Francisco Aragão Gomes de Morais Júnior; Antônio Negreiros Bastos; Camila Martins; Suzana Pinho Lima Machado*

**Avaliação Da Qualidade Físico-Química Da Água Em Um Trecho Do Rio Jaguaribe, Ceará**

*Neyla Cristina de Oliveira Lima; Francisco Carleudo Saraiva Rabelo; João Adriano da Silva; Malcon Rodrigo de Souza Oliveira; Maria Girleide Freitas da Silva;*



# A RELEVÂNCIA DOS PARÂMETROS DE FLUXO CRÍTICO E INTERVALOS DE RETROLAVAGEM PARA O DIMENSIONAMENTO DE ULTRAFILTRAÇÃO APLICADA AO TRATAMENTO DE RESERVATÓRIOS EUTROFIZADOS: UM ESTUDO PILOTO PARA O DESENVOLVIMENTO DE PROJETOS EM ESCALA REAL



Herivanda Gomes de Almeida (1); João da Silva Cavalcante (2); Marisete Dantas de Aquino (3); Francisco Suetônio Bastos Mota (4); José Carlos Mierzwa (5)

1. Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental da Universidade Federal do Ceará de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação da Companhia de Água e Esgoto do Ceará, Fortaleza, Ceará, Brasil.
2. Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental da Universidade Federal do Ceará. Gestão de Pesquisas, Desenvolvimento e Inovação da Companhia de Água e Esgoto do Ceará, Fortaleza, Ceará, Brasil.
3. Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental da Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, Ceará, Brasil.
4. Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental da Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, Ceará, Brasil.
5. Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, São Paulo, Brasil.

## Resumo

Membranas de Ultrafiltração (UF) têm sido amplamente difundidas no tratamento de água e os ensaios piloto têm se destacado como uma importante ferramenta para o desenvolvimento de projetos em escala real. A determinação do fluxo crítico e de intervalos de contralavagem desses sistemas, sobretudo em matriz eutrofiçada e com alto risco de incrustação, ainda permanecem válidos para a operação e para os projetos de novos sistemas a longo prazo. Neste estudo, a unidade piloto de ultrafiltração de Poliacrilonitrila (PAN), filtração do tipo Dead-end e capacidade de 10 m<sup>3</sup>/h foi aplicada ao tratamento da água do Açude de abastecimento humano (Gavião-CE), de agosto a dezembro de 2022 (período seco) e de fevereiro a junho de 2023 (período chuvoso). Os resultados revelaram que os pontos críticos de operação foram coordenados pelos pares (12psi, 29,2 L.m-2.h-1) e (9psi, 23 L.m-2.h-1) e intervalo entre as retrolavagens de 65 e 54,8 minutos para o período seco e chuvoso, respectivamente. Logo, houve um decréscimo de 21,23% da permeabilidade e de 15,7% do tempo de filtração no período chuvoso. De modo coerente, com percentual de rejeição médio de 98%, a maior quantidade de células retidas (9.5x10<sup>11</sup>) esteve associada com o menor fluxo (23 L.m-2.h-1). A dominância de *Planktothrix* sp., indicada pelo aumento da densidade celular de 24% da estação seca para a chuvosa, possivelmente, tenha ocasionado incrustação ligeiramente mais rápida. Entretanto, sob operação otimizada, em três pressões, duas subcríticas e a crítica, não ocorreu diminuição do fluxo em 15 min de operação, sob retenção dos gêneros *Planktothrix* sp e *Raphidiosis* sp., filamentosas mais abundantes. O estudo resultou em diretrizes para uma operação otimizada, fluxo linear e maximização do volume de permeado, além da obtenção de parâmetros críticos (Jc e ICL) para o dimensionamento de projetos de membranas de ultrafiltração.

**Palavras-chave:** Membrana PAN, Incrustação, Intervalo de contralavagem, Condições operacionais.

Este texto é um resumo do artigo 'A relevância dos parâmetros de fluxo crítico e intervalos de retrolavagem para o design do processo de ultrafiltração no tratamento de reservatórios eutróficos: um estudo piloto para o desenvolvimento de um projeto em escala real' de Almeida, H. G. et al, publicado em 2024, disponibilizado na Revistade Engenharia de Processos de Água – ELSEVIER

## Metodologia

### Área de Estudo e Planta Piloto de Ultrafiltração

O manancial em estudo, açude Gavião, localiza-se no município de Pacatuba a 20 km de Fortaleza, estado do Ceará, Brasil e abastece duas grandes ETAs da região, ETA-Gavião e ETA-Oeste. As duas ETAs captam em torno de  $9,6\text{m}^3\text{s}^{-1}$ . Atualmente, o açude Gavião é classificado quanto ao Índice de Estado Trófico (IET) como "Hipereutrófico" (COGERH, 2023).

A unidade piloto de ultrafiltração (UF) deste estudo é caracterizada por membrana hidrofílica do tipo fibra oca, material de Poliacrilonitrila (PAN), tamanho de poro de  $0,025\mu\text{m}$ , fluxo de alimentação de fora para dentro e operação em modo Dead-end (modelo AQUADIN UA1060).

Para os ensaios, a UF recebeu água bruta do reservatório Gavião por intermédio de sifão ou de bomba submersa. A composição do arranjo tecnológico foi de filtros de disco de  $200\mu\text{m}$  e  $100\mu\text{m}$  seguidos da UF. Além disso, a UF era composta de tanque de água bruta de  $5\text{m}^3$ , bomba de alimentação de  $14,4\text{m}^3/\text{h}$ , 4 módulos de UF de  $60\text{m}^2$ , tanque de permeado de  $5\text{m}^3$ , tanque de água de limpeza, bomba para retrolavagem de  $14,4\text{m}^3/\text{h}$ , além de bombas dosadoras de solução ácida, alcalina e de sanitização. O processo de retrolavagem da UF de 4 min resultava em uma vazão de rejeito de  $240\text{L}\cdot\text{min}^{-1}$ . A frequência ótima de retrolavagem ou intervalo de retrolavagem foi objeto de estudo deste trabalho. O rejeito foi direcionado à ETRG (Estação de Tratamento de Rejeitos Gerados) da Estação. Todo o sistema foi automatizado por CLP (Controlador Lógico Programável) do tipo Cybro-2, marca Cybrotech ajustado por válvulas solenóides, sensores de pressão, vazão, nível, pH e temperatura.

### Característica da Água Bruta

As características da água bruta durante o período amostral estão listadas na Tabela 1. Para a caracterização, todos os ensaios seguiram a metodologia proposta pelo Standard Methods For The Examination of Water and Wastewater (2017). Ensaios hidrobiológicos – Método 10200F, responsável pela quantificação, determinação e identificação de fitoplâncton e densidade de cianobactérias, por meio da câmara de Sedgwick-Rafter (ABNT, 2020). Turbidez – Método 2130-B – Nefelométrico. COT (Carbono Orgânico Total) e COD (Carbono Orgânico Dissolvido) – método 5310-B, utilizando-se de um analisador de carbono orgânico total da Shimadzu, modelo TOC-L.

O COD foi determinado após filtração em membrana de  $0,45\mu\text{m}$  de fibra de vidro e a Absorbância em  $254\text{nm}$  pelo Método 5910-B, absorção no ultravioleta, utilizando um espectrofotômetro, modelo Cary 60 da Agilent Technologies.

Parâmetros	Período Seco				Período Chuvoso			
	Mín	Máx	Média $\pm$ DP	Amplitude	Mín	Máx	Média $\pm$ DP	Amplitude
Cianobactéria (cél/mL)	35.296,07	404.987,56	202.747,83 $\pm$ 107.342,86	369.691,78	122.771,40	727.309,46	282.998,38 $\pm$ 138.122,15	604.538,06
Algas (cél/mL)	1.453,00	9.774,98	4.541,48 $\pm$ 2.586,67	8.321,98	903,60	11.891,93	3.941,66 $\pm$ 2.672,60	10.988,33
COT (mg/L)	8,52	10,52	9,31 $\pm$ 0,54	2,0	8,76	9,82	9,39 $\pm$ 0,34	1,07
COD (mg/L)	7,46	9,14	8,3 $\pm$ 0,51	1,68	7,32	8,51	7,87 $\pm$ 0,35	1,19
UV254 ( $\text{cm}^{-1}$ )	0,21	0,26	0,23 $\pm$ 0,02	0,05	0,19	0,26	0,22 $\pm$ 0,03	0,07
Turbidez (uT)	3,2	14	8,2 $\pm$ 2,5	10,8	5,8	17,8	10,9 $\pm$ 2,0	12,0

Tabela 1- Características da água bruta do reservatório Gavião nas estações seca e chuvosa

### Condições Experimentais e Cálculos de Parâmetros Condições Experimentais

O ponto crítico de operação foi analisado sob quatro condições de fluxos ( $2,5\text{m}^3/\text{h}$ ,  $5\text{m}^3/\text{h}$ ,  $7,5\text{m}^3/\text{h}$  e  $10\text{m}^3/\text{h}$ ). Cada condição foi submetida constante por, no mínimo, 160min. Para cada vazão manteve-se a lavagem constante em 40min e pressão variável em função da vazão aplicada com fluxo de lavagem de  $60\text{L}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}/\text{módulo}$ , considerando uma bomba de retrolavagem com capacidade de  $14,4\text{m}^3\cdot\text{h}^{-1}$  dividido pela área total de membranas ( $240\text{m}^2$ ). Ressalte-se que a cada condição experimental, a UF foi submetida à lavagem alcalina, conforme recomendações do fornecedor de membranas. Desse modo, uma solução alcalina de hidróxido de sódio (55%), foi diluída com água tratada no tanque de limpeza até atingir pH 12 e transferida aos módulos. Nessa solução, as membranas ficaram imersas por pelo menos 60 min, quando foi drenada. O período de enxágue foi baseado no tempo necessário para que o pH do efluente se igualasse ao pH da água de alimentação. O estudo foi submetido ao período seco e chuvoso, devido as variações sazonais e/ou mudanças da qualidade da água.

### Cálculo do Fluxo de Permeado e da Pressão Transmembrana

O Fluxo de permeado ( $J_p$ ) foi calculado dividindo-se a vazão informada pelo CLP por intermédio do medidor tipo turbina pela área das membranas, Equação 1.

$$J_p(L \cdot m^{-2} \cdot h^{-1}) = \frac{Q}{A}$$

A pressão transmembrana (PTM) foi obtida pela diferença entre as pressões na entrada ( $P_0$ ) e saída ( $P_1$ ) do sistema de UF, Equação 2.

$$TMP = P_0 - P_1$$

### Cálculo da pressão transmembrana e do fluxo crítico

Considerando que o ponto crítico de operação representa o limiar da perda da linearidade do fluxo de água com a pressão (LIU et al., 2023), a pressão transmembrana crítica (PTM<sub>c</sub>) foi calculada pela interseção com o eixo x (ponto de encontro) entre a função linear e a função polinomial do conjunto de dados (Equação 3). Para isso, adotou-se a segunda raiz ( $x''$ ) da equação resultante quando  $f(x) = 0$ , Equação 4. Método análogo foi encontrado no trabalho desenvolvido por (XU et al., 2018).

$$\beta_0 + \beta_1 x = \beta_0 + \beta_1 x + \beta_2 x^2$$

$$\beta_2 x^2 + \beta_1 x + \beta_0 = 0; x'' = PTM_c$$

O fluxo crítico -  $J_c$  ( $f(x)$ ) foi obtido pela substituição da variável preditora (PTM<sub>c</sub>) na função linear do conjunto de dados, Equação 5.

$$f(x) = \begin{cases} \beta_0 + \beta_1 x, & x \leq PTM_c \\ \beta_0 + \beta_1 x + \beta_2 x^2, & x > PTM_c \end{cases}$$

### Cálculo do intervalo de retrolavagem (ICL)

Após a obtenção do fluxo crítico, o intervalo ótimo de contralavagem (ICL) foi obtido variando diferentes intervalos de tempo (30 a 70 min), para o fluxo crítico específico à sazonalidade, por pelo menos 160 min para cada condição. Logo, de acordo com a Equação 6, o intervalo ótimo de contralavagem foi

obtido derivando a equação polinomial de ajuste dos dados e igualando a derivada primeira a 0 ( $f'(x)=0$ ) (MIERZWA, 2021).

$$f'(x) = \frac{dy}{dx} = 2\beta_2 x + \beta_1$$

### Análise estatística

Aplicou-se estatística inferencial, modelo de regressão não linear polinomial de grau 2, para o ajuste dos dados, considerando como variável preditora a pressão e variável resposta o fluxo de água, assim como o volume de permeado em função do intervalo de contralavagem. Para verificar a plausibilidade do modelo, considerou-se o nível de significância dos coeficientes ( $\alpha=0,05$ ) e o exame dos gráficos dos resíduos, ou seja, verificação da aleatoriedade (distribuição dos resíduos), testes de normalidade (Shapiro-Wilk), autocorrelação (Durbin-Watson) e o teste de homoscedasticidade (Breusch Pagan). As diferenças significativas entre os períodos (Seco e Chuvoso) foram verificadas pelo teste não paramétrico bicaudal da soma de postos e postos sinalizados de Wilcoxon ( $\alpha=0,05$ ). Para as regressões, testes e representações gráficas, utilizou-se o software R (R CORE TEAM, 2021), versão 4.1.2, e o ambiente de desenvolvimento Rstudio.

### Nomenclatura

COD (Carbono Orgânico Dissolvido)	JES (Fluxo da estação seca)
COT (Carbono Orgânico Total)	JEC (Fluxo da estação chuvosa)
PTM (Pressão Transmembrana)	ICL (Intervalo de contralavagem)
PO (Pressão de Entrada)	VPES (Volume de permeado da estação seca)
P1 (Pressão de Saída)	VPEC (Volume de permeado estação chuvosa)
Qa (Fluxo de Alimentação)	Célr (Células retidas)
$J_p$ (Fluxo de Permeado)	Célula/mL(a) (Células por mL na alimentação)
$J_c$ (Fluxo Crítico)	Célula/mL(p) (Células por mL no permeado)
ETRG (Estação de Tratamento de Rejeitos Gerados)	Ciano (Cianobactérias)
Fito (Fitoplâncton)	Plank. sp. (Planktothrix sp.)
PTM <sub>c</sub> (Pressão transmembrana crítica)	Raph. sp. (Raphidiopsis sp.)
	ETA (Estação de Tratamento de Água)

## Resultados e discussão

### Ponto crítico de operação

As pressões críticas derivadas da interseção das retas no eixo x (Figura 1), foram de 12 psi (período seco) e 9 psi (período chuvoso). Enquanto a criticidade nesse estudo foi baseada nessas pressões, o estudo desenvolvido por Daneluz et al. (2023), embora não para tratamento de água, sugeriu um declínio de fluxo acima de 1 bar, pressão que definiu o fluxo crítico. Para o estabelecimento da relação pressão e fluxo de permeado (ponto crítico), o modelo polinomial apresentou a melhor correlação para ajuste dos dados, representando uma relação quadrática do fluxo de permeado em função da pressão. Entretanto, considerando que o ponto crítico de operação representa o limiar da perda da linearidade do fluxo de água com a pressão (LIU et al., 2023), pode-se adotar as equações 7 e 8 para determinar o fluxo de permeado, pressupondo que para TMP's  $\leq 12$  (período seco) e  $\leq 9$  (período chuvoso), pela sobreposição das funções (Figura 1), existe uma relação linear (MARUF et al., 2014), embora sob filtração tangencial (cross-flow), também concluíram que na região inicial existe uma relação linear entre o fluxo e a PTM, resposta esperada na ausência de deposição de partículas, mas ao atingir o fluxo crítico, torna-se não linear e o ponto em que a relação PTM-fluxo se desvia da linearidade é considerado como o início da incrustação.

$$J_{ES}(PTM) = \begin{cases} 3,99PTM - 18,68, & PTM \leq 12 \\ -0,20PTM^2 + 7,87PTM - 37, & PTM > 12 \end{cases}$$

$$J_{EC}(PTM) = \begin{cases} 2,62PTM - 0,69, & PTM \leq 9 \\ -0,078PTM^2 + 3,74PTM - 4,33, & PTM > 9 \end{cases}$$

Representados pela Figura 1 (a) e 1 (b)), os pontos críticos de operação foram coordenados pelos pares (12 psi, 29,2 L.m<sup>-2</sup>.h<sup>-1</sup>) e (9 psi, 23 L.m<sup>-2</sup>.h<sup>-1</sup>) para o período seco e chuvoso, respectivamente. Nesse caso, percebe-se que em relação ao período seco, houve uma diminuição do fluxo em função da pressão de 21,23%. Os fluxos entre os períodos foram estatisticamente diferentes ( $p < 0.05$ ), comprovando que a sazonalidade interfere sim no fluxo de permeado. Aplicação direta de membrana para o tratamento de água traz desafios como incrustação, sobretudo quando a abundância de cianobactérias aumenta no inverno e tem tendência a diminuir no período de estiagem (AKYOL et al., 2021). Resultados de fluxos semelhantes foram encontrados nos ensaios de modelo de colóides de Wu et al. (1999), embora em baixíssimas pressões transmembranas

e em filtração do tipo tangencial. Muito próximo aos resultados desse estudo, o fluxo sustentável identificado, tanto em escala laboratorial como piloto foi de 30L.m<sup>-2</sup>.h<sup>-1</sup> para testes em tratamento de água nos estudos de Wang et al. (2014). Os resultados de Wang et al. (2014) foram usados com sucesso em obras de água potável em grande escala, optando por baixíssima frequência de retrolavagem para eliminar as limpezas químicas. Resultados aproximados podem ser encontrados também nos estudos de Guilbaud et al. (2018).

Entende-se, portanto, que em termos de projetos em larga escala para a ETA Gavião, os resultados, baseados no ponto crítico desse estudo, revelam que o dimensionamento deve ser norteado pelo período chuvoso, implicando em maior área de membranas para atender a vazão de projeto, ou seja, aumento do número de módulos, assim como um sistema de bombeamento mais robusto que atenda à demanda sazonal. Semelhante a isso, Bacchin; Aimar e Field (2006), afirma que com relação aos processos industriais, operações de UF baseadas em parâmetros subcríticos levam a uma redução no consumo de energia, mas há necessidade de maior área superficial da membrana. Para o projeto de um sistema de tratamento de membrana, o importante é a combinação de capital e custos operacionais, porque quanto menor a área da membrana, maior será o custo operacional. Isso ocorre porque a área reduzida da membrana tornará os problemas de incrustação mais pronunciados, resultando em pressões operacionais mais altas e operações de limpeza química mais frequentes, o que reduzirá a produtividade do sistema e a vida útil da membrana. Isso aumentará o custo da água e também contribuirá para a perda de credibilidade dos processos de separação da membrana, simplesmente porque o projeto do sistema não foi conduzido corretamente.

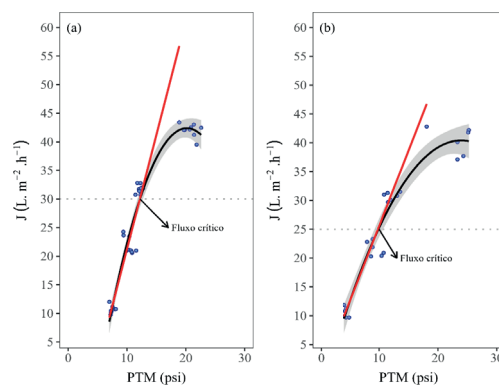


Fig. 1- Fluxo crítico da planta piloto de ultrafiltração em modo dead-end: (a) estação seca, (b) estação chuvosa. Intervalo de retrolavagem: 40 min. Tempo: 160 minutos/fluxo.

## Intervalo de Retrolavagem

Baseando-se na otimização da produção de permeado em função do intervalo de contralavagem, nota-se que o tempo entre retrolavagens que permite a obtenção de um volume de permeado máximo é de 65 minutos para o período seco e de 54,8 minutos para o período chuvoso. Os volumes produzidos são de 27,253.3L (período seco) e de 18,493.15L (período chuvoso) em 4h (Figura 2 (a) e 2 (b)) e isso representa um decréscimo de 32,14% do período chuvoso, em relação ao período seco, somado a maiores ciclos de lavagens físicas ou reversíveis. Para Lautenschlager et al. (2009), os sistemas de UF tendem a ser operados com intervalos de operação de 30 a 90 minutos, independente do volume de permeado produzido. Porém, pelos resultados percebe-se que cada sistema de UF deverá apresentar as suas próprias funções de decréscimo de permeabilidade com o tempo. Portanto, a maximização do volume de permeado com o tempo deverá ser conseguida apenas experimentalmente para a obtenção de uma frequência ótima de retrolavagem, sem que seja necessária adoção de intervalos pré-definidos. Os intervalos ótimos de retrolavagem dos estudos de Lautenschlager et al. (2009) de 17 a 18 min podem corroborar com os dados desse estudo quando se tem uma área nominal de membrana de 12 a 15% da capacidade nominal de apenas um módulo desse estudo (60m<sup>2</sup>).

Desse modo, pode-se adotar as equações 11 e 12 para a definição dos intervalos ótimos de contralavagem (ponto máximo), em que as funções VPES (ICL)' e VPEC (ICL)' são iguais a zero.

$$VP_{ES} (ICL) = - 1,2I CL^2 + 156,05 ICL + 22180$$

$$VP_{EC} (ICL) = - 2,9 ICL^2 + 317,91ICL + 9780,5$$

$$VP_{ES} (ICL)' = \frac{dVP_{ES}}{dICL} = -2,4ICL + 156,05$$

$$VP_{EC} (ICL)' = \frac{dVP_{EC}}{dICL} = -5,8ICL + 317,91$$

Para VROMAN et al. (2021), o consumo de energia e a produção líquida de água são, portanto, otimizados se a membrana for limpa no fluxo crítico de contralavagem. Os fabricantes poderiam otimizar o ciclo de filtração trabalhando no fluxo crítico de contralavagem, embora o autor o tenha determinado pela porcentagem de remoção da torta.

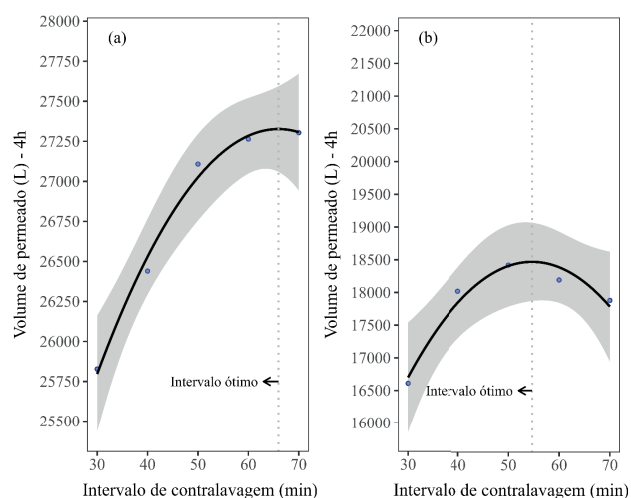


Fig. 2 - Retrolavagem crítica da planta piloto de ultrafiltração em modo de fluxo morto: (a) estação seca, (b) estação chuvosa. Intervalo de tempo: 30 - 70 min.

## Conclusão

A partir dos resultados apresentados acima, podem-se concluir que:

O fluxo crítico no período seco foi superior ao período chuvoso, logo, no primeiro semestre do ano, há maior potencial de incrustação. Essa análise, estatisticamente, foi significativa e, portanto, a sazonalidade interfere no fluxo de permeado. Assim, o dimensionamento de projetos, em larga escala, para a matriz estudada, deve ser norteado pelo fluxo crítico do período chuvoso, resultando em maiores quantidades de módulos para atendimento da vazão de projeto.

Em concordância com o fluxo, o intervalo de contralavagem foi superior no período de estiagem (65min) e, portanto, há menos perda de água de lavagem nessa condição. Além disso, com o ensaio, obteve-se a maximização do volume, em relação ao tempo, para ambos os períodos sem a necessidade de adoção de tempos de operação pré-definidos, geralmente apontados pela literatura como sendo entre 30 a 90 minutos.



## Referências Bibliográficas

1. AKYOL, Ç. et al. Monitoramento de florescimentos de cianobactérias e avaliação da microfiltração e ultrafiltração aprimoradas com polímeros para remoção de microcistinas em uma estação de tratamento de água potável na Itália. *Environmental Pollution*, v. 286, 1 out. 2021.
2. APHA-AWWA-WEF. Métodos Padrão para o Exame de Água e Esgoto. 23ª ed., Nova York: [s.n.].
3. BACCHIN, P.; AIMAR, P.; FIELD, R. W. Fluxos críticos e sustentáveis: Teoria, experimentos e aplicações. *Journal of Membrane Science*, 15 set. 2006.
4. COGERH. Companhia de Gestão de Recursos Hídricos. Ceará: COGERH.
5. DANELUZ, J. et al. Caracterização de membranas de microfiltração e ultrafiltração para aplicação na filtração de kombucha. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, v. 126, p. 264–269, 25 out. 2023.
6. LAUTENSCHLAGER, S. R. et al. Modelagem matemática e otimização operacional de processos de membrana de ultrafiltração. *Eng. Sanit. Ambient.*, v. 14, n. 2, p. 215–222, 2009.
7. LIU, J. et al. Relacionando fluxos críticos e limitantes a fluxos metastáveis e estáveis a longo prazo na filtração de membranas coloidais através da teoria de colisão-adesão. *Water Research*, v. 238, p. 1–11, 2023.
8. MIERZWA, J. C. Processo de separação por membranas. Em: MANCUSO, P. C. S. et al. (Eds.). Reúso de água potável como estratégia para a escassez. São Paulo/SP: Manole, 2021. v. 1, p. 177–203.
9. VROMAN, T. et al. Fluxo crítico de retrolavagem para alta eficiência de retrolavagem: Caso da ultrafiltração de suspensões de bentonita. *Journal of Membrane Science*, v. 620, 15 fev. 2021.
10. WANG, Z. et al. Uso do conceito de fluxo de limiar para auxiliar na seleção de fluxo operacional sustentável: Um estudo em várias escalas, do laboratório à escala completa. *Separation and Purification Technology*, v. 123, p. 69–78, 26 fev. 2014.
11. XU, L. et al. Uma descrição abrangente do fluxo de limiar durante a filtração de emulsão óleo/água para identificar regimes de fluxo sustentável para membranas de poli (fluoreto de vinilideno) (PVDF) revestidas com ácido tânico (TA). *Journal of Membrane Science*, v. 563, p. 43–53, 1 out. 2018.



# AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DOS COAGULANTES PAC-12 E PAC-23 EM UMA ESTAÇÃO DE CICLO COMPLETO

Keyle Alves Freitas<sup>(1)</sup>; Isabel Cristina Lima Freitas<sup>(2)</sup>; Fabrícia de Melo Bonfim<sup>(3)</sup>; Francisca Naiane da Silva Rocha<sup>(4)</sup>; Maria Verônica Lopes Rocha<sup>(5)</sup>

1. Engenheira Ambiental e Sanitarista pelo Centro Universitário Farias Brito (FB UNI). Especialista em Engenharia Ambiental e Saneamento Básico pela Faculdade Integrada do Ceará (FIC). Engenheira da Companhia de Água e Esgoto do Ceará (CAGECE).
2. Tecnóloga em Processos Químicos pelo Instituto Federal de Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE). Mestre em Tecnologia e Gestão Ambiental pelo Instituto Federal de Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE). Técnica Administrativa Operacional da Companhia de Água e Esgoto do Ceará (CAGECE).
3. Bióloga pela Universidade Estadual do Ceará (UECE). Doutora em Desenvolvimento e Meio Ambiente pela Universidade Federal do Ceará (UFC). Supervisora na Companhia de Água e Esgoto do Ceará (CAGECE).
4. Bióloga pela Universidade Estadual do Ceará (UECE). Especialista em Gestão de Recursos Hídricos, Ambientais e Energéticos pela Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB). Técnica em Saneamento da Companhia de Água e Esgoto do Ceará (CAGECE).
5. Tecnóloga em Saneamento Ambiental e Recursos Hídricos pelo Centro de Ensino Tecnológico (CENTEC). Especialista em Projeto de Gestão dos Recursos Hídricos pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE) e Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA). Tecnóloga da Companhia de Água e Esgoto do Ceará (CAGECE).

## Resumo

O custo com produtos químicos representa cerca de um terço nos custos totais de uma estação de tratamento de água e tendo em vista a variabilidade da qualidade dos mananciais e tecnologias de tratamento de uma companhia de saneamento, faz-se necessário a prospecção constante de novos produtos que possam servir de alternativa ao tratamento, avaliando-se tanto aspectos qualitativos quanto econômicos. Dessa forma, o presente trabalho apresenta um estudo realizado na estação de tratamento de água de ciclo completo, localizada no município de Lavras da Mangabeira, Ceará. O estudo traçou um comparativo entre dois coagulantes distintos visando ampliar as opções de coagulantes utilizados no processo de tratamento da ETA avaliada. Os coagulantes avaliados foram o PAC-23, que já é utilizado largamente na CAGECE, e o PAC-12, que está em fase de prospecção. Os estudos realizados apresentaram resultados satisfatórios para os parâmetros de turbidez filtrada, turbidez tratada e cor aparente da água tratada, mantendo a qualidade da água conforme os padrões exigidos pela portaria GM/MS 888 de 2021 em ambos os coagulantes avaliados. Contudo, o PAC-12 apresentou uma redução de custo de aproximadamente 52% em relação ao tratamento utilizado atualmente na ETA, obtendo também bons resultados do ponto de vista da qualidade da água tratada.

**Palavras-chave:** PAC-12, PAC-23, Tratamento de Água.

## Metodologia

A pesquisa descrita nesse trabalho foi realizada na cidade de Lavras da Mangabeira, na ETA do distrito de Quitaiús, Ceará (Figura 1). Essa localidade possui cerca de 5.400 ligações ativas.

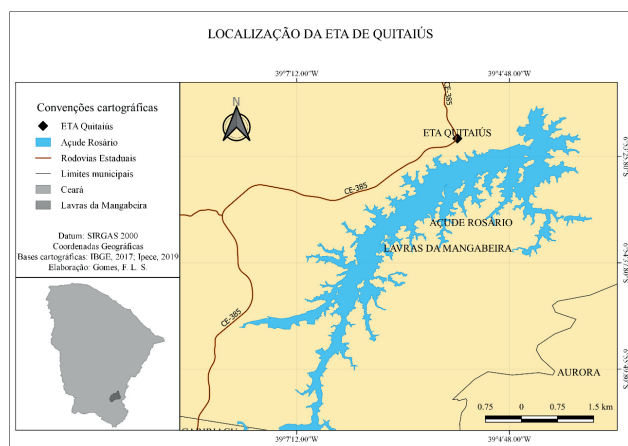


Fig.1 - Localização da ETA

A ETA tem capacidade de tratar até 150 m<sup>3</sup>/h de água bruta e opera em regime de 24 horas por dia. A tecnologia de tratamento utilizada na ETA Quitaiús é ciclo completo. A ETA é composta de 4 floculadores, 2 decantadores e 5 filtros, conforme apresentado na Figura 2.

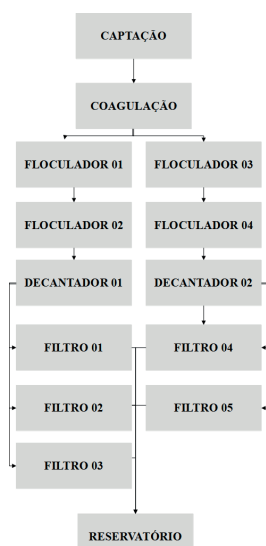


Fig.2 - Fluxograma do processo de tratamento da ETA Quitaiús

Os coagulantes utilizados no tratamento de água podem ser de origem orgânica ou inorgânica. Dentre os inorgânicos, os mais utilizados são: sulfato de alumínio, policloreto de alumínio (PAC) e cloreto férrico. Entre os orgânicos estão os a base de taninos e po-

liamidas. Sob o ponto de vista econômico, geralmente, são mais utilizados os inorgânicos, por apresentarem alta eficiência e baixo custo (ROSA, 2019).

Atualmente, o coagulante utilizado no tratamento de água pela CAGECE é o PAC-23, mas tendo em vista a variabilidade da qualidade dos mananciais e tecnologias de tratamento da companhia, faz-se necessário a prospecção constante de novos produtos que possam servir de alternativa ao tratamento, avaliando-se tanto aspectos qualitativos quanto econômicos.

Dessa forma, seguindo o fluxo de prospecção de novos produtos, foram realizados ensaios em escala real na ETA Quitaiús, onde foram avaliadas 3 dosagens distintas de PAC-12 nas mesmas condições operacionais utilizando o PAC 23, conforme Tabela 1.

Aspectos Operacionais		Aplicação dos produtos químicos		
Dados da ETA	Valor	Produto químico utilizado	Identificação do produto	Dosagem (ppm)
Vazão (m <sup>3</sup> /h)	140	Coagulante	PAC 12 e PAC 23	-
Filtros: Diâmetro (m)/Área (m <sup>2</sup> )	2	Auxiliar de coagulação	Polímero Catiônico	0,2
Taxas de filtração (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> dia)	214,01	Pré-oxidante	NA	-
Vazão Máxima (m <sup>2</sup> /h)	150	Desinfetante	Cloro gasoso	4,3
Carreira de Filtração	8	Outros		
Vazão(m <sup>3</sup> /dia)	3360			

Tabela 1 - Aspectos Operacionais do Teste

A análise dos dados foi feita com base no teste de hipóteses (teste t). O teste t é uma ferramenta útil na estatística quando é necessário comparar médias.

O teste foi aplicado para verificar se havia alguma diferença significativa entre as médias dos seguintes parâmetros: turbidez da água filtrada, turbidez da água tratada e cor aparente da água tratada. O nível de confiança utilizado para a análise estatística foi de 95%.

O resultado do teste t não foi o único dado levado em consideração para avaliação da viabilidade técnica, por isso, além da análise estatística foram analisados os dados brutos para fins de atingimento dos padrões exigidos pela Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021.

## Resultados e discussão

### TURBIDEZ ÁGUA FILTRADA

Esses resultados foram obtidos por meio de análises da turbidez em cada filtro, conforme exigido pela Portaria GM/MS nº 888, em horários diferentes o que permitiu observar o comportamento dessas unidades sob as diversas condições operacionais.

Avaliou-se a eficiência do coagulante PAC-12 em 3 dosagens (Tabela 2) em comparativo ao coagulante de referência utilizado na Companhia PAC-23. Nesses ensaios foi aplicada uma dosagem do polímero catiônico a base de poliácridamida de 0,20 ppm. Os resultados seguem nas Figuras 3 a 7 abaixo.

Ensaio	Referência	Coagulante
Referência	31 ppm	PAC-23
1	34 ppm	PAC-12
2	29 ppm	PAC-12
3	26 ppm	PAC-12

Tabela 2 - Dosagens utilizadas

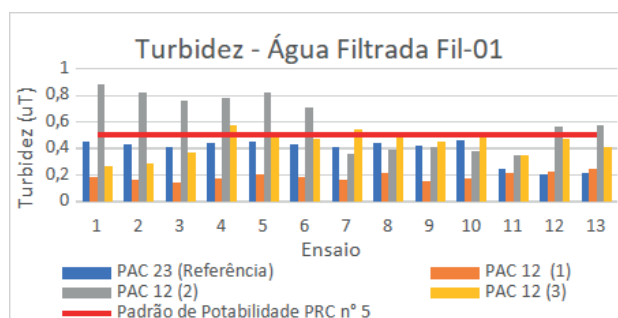


Fig.3 - Resultados de turbidez do filtro 1

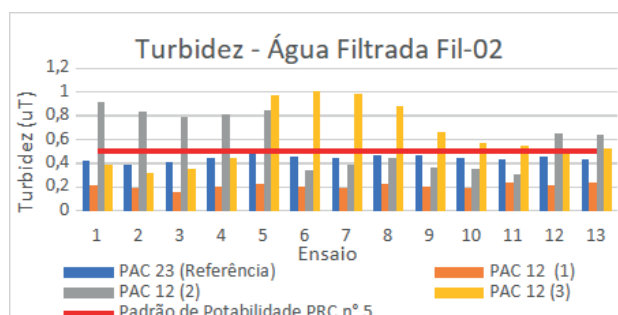


Fig.4 - Resultados de turbidez do filtro 2

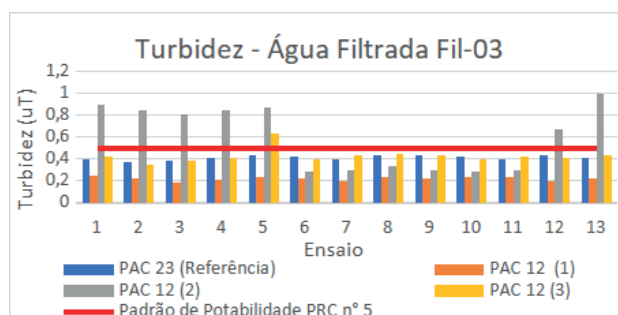


Fig.5 - Resultados de turbidez do filtro 3

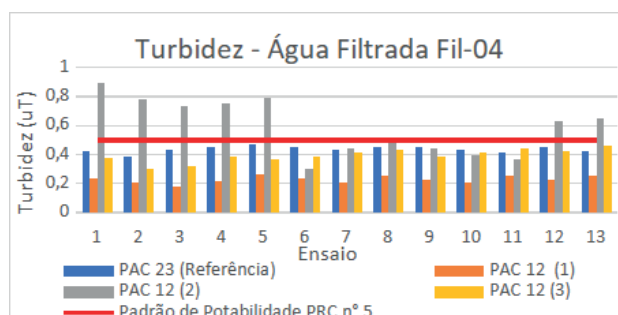


Fig.6 - Resultados de turbidez do filtro 4

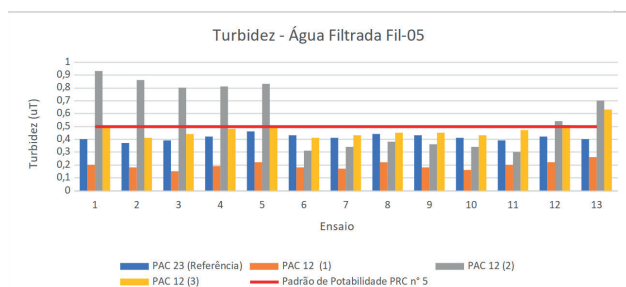


Fig.7 - Resultados de turbidez do filtro 5

Comparando as análises de todos os filtros, baseado nos resultados estatísticos do teste t de Student, o uso do coagulante PAC-12 (dosagem de 29 ppm) não foi satisfatória, apresentando valores acima da Portaria GM/MS nº 888. O uso do PAC-12 na dosagem de 34 ppm apresentou melhor eficiência para todos os filtros. Já os resultados apresentados pelo uso do PAC-12 e PAC-23 nas dosagens de 26 ppm e 31 ppm respectivamente apresentaram a mesma eficiência.

### TURBIDEZ ÁGUA TRATADA

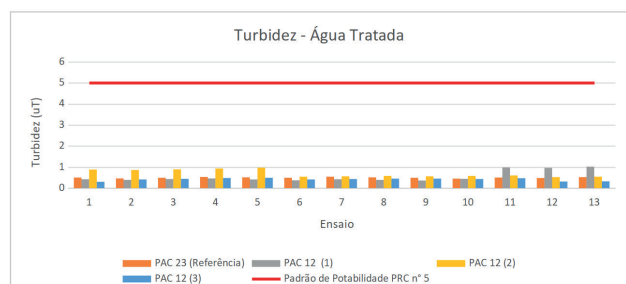


Fig.8 - Resultados de turbidez água tratada

Conforme Figura 8, para todos os ensaios o resultado se manteve entre 0 e 1 uT, valores abaixo do padrão da Portaria GM/MS nº 888. Verifica-se que para os ensaios realizados a maior remoção ocorreu na dosagem de PAC-12 de 26 ppm. Contudo, todas as dosagens apresentaram eficiência satisfatória.

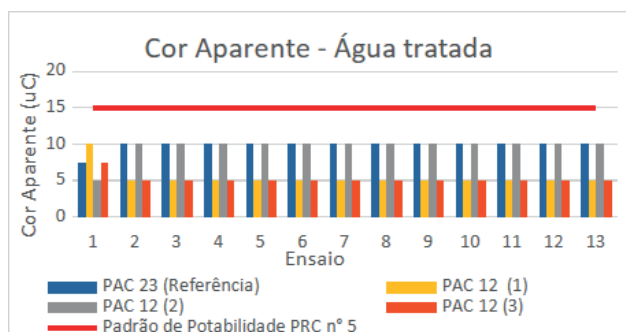


Fig.9 - Resultados de cor aparente água tratada

De acordo com a Figura 9, para todos os ensaios o resultado se manteve entre 0 e 10 uC, valores abaixo do padrão da Portaria GM/MS nº 888. Analisando os resultados dos ensaios verifica-se que a maior remoção ocorreu na dosagem de PAC-12 de 34 e 26 ppm. A eficiência nas dosagens de 31 ppm de PAC-23 e 29 ppm de PAC-12 foram similares.

### CUSTOS

Também foram avaliados custos do uso do coagulante PAC-12 nas três dosagens comparado ao uso do PAC-23 no processo de tratamento. O cálculo foi realizado com base nos valores do ano de 2020. Abaixo, na Tabela 3, é apresentado o custo de cada produto e a diferença de custo do uso do PAC-12 em relação ao PAC-23:

		Teste				
Pro- duto quí- mico	Valor Kg (R\$)	Refe- rên- cia	1	2	3	4
PAC 23	2,78	8686,944	-	-	-	-
PAC 12	1,2	-	4112,64	3507,84	3144,96	-
Polí- mero	10,94	66,16512	66,16512	66,16512	66,16512	-
<b>Custo men- sual R\$)</b>		8753,10912	4178,80512	3574,00512	3211,12512	-
<b>Diferença (R\$)</b>			-4574,304	-5179,104	-5541,984	-
<b>Diferença (%)</b>			-52%	-59%	-63%	-

Tabela 3 -Custo mensal (R\$)

Os dados apresentam uma redução de 63% nos custos pelo uso do coagulante PAC-12, dosagem de 26 ppm, quando comparado ao uso do PAC-23, dosagem de 31 ppm.

Quando analisamos o custo-benefício levando em consideração a qualidade da água após a saída dos filtros, a dosagem de 29 ppm PAC-12 não foi satisfatória por apresentar valores acima da Portaria GM/MS nº 888.

A melhor eficiência no tratamento se daria com o

uso do PAC-12 na dosagem de 34 ppm, o que geraria uma redução de 52% ao custo.

## Conclusão

Os resultados obtidos nos ensaios em escala real permitem concluir que ambos os coagulantes testados podem ser utilizados na estação de ciclo completo estudada. Na maioria dos casos, o PAC-12 apresentou melhores resultados que o PAC-23, conforme apontado pelo teste estatístico de hipótese (teste t). Mesmo havendo uma diferença significativa entre os coagulantes testados, essa diferença não interferiu na qualidade final do tratamento como pode-se observar nos resultados apresentados, onde ambos coagulantes testados atingiram o padrão de potabilidade exigido pela Portaria GM/MS nº 888.

Tanto o PAC-12, quanto o PAC-23 mostram-se eficientes para a remoção dos parâmetros de Cor Aparente e Turbidez da água tratada, mantendo os resultados sempre abaixo do valor máximo permitido pela legislação. Contudo, a dosagem de 29 ppm de PAC-12 não se mostrou eficiente na remoção de turbidez na saída dos filtros, havendo momentos durante o tratamento que a água filtrada apresentou resultados acima do valor máximo permitido pela legislação. Porém, ao ser testado respectivamente nas dosagens de 26 ppm e 34 ppm verificou-se a eficiência do PAC-12 na remoção de turbidez.

Levando em consideração os aspectos de qualidade e de economia, o PAC-12 mostrou-se uma alternativa viável para o tratamento da ETA Quitaiús, apresentando inclusive uma economia considerável, em todas as dosagens avaliadas. Porém, é necessária a realização de outros estudos de tratabilidade avaliando também outros fatores que influenciam a coagulação e floculação para se encontrar a melhor condição de operação e dosagens de produtos que deverão ser utilizados no tratamento de água da ETA Quitaiús.

## Referências Bibliográficas

- BRASIL. Lei nº 8.433 de 08 de janeiro de 1997 – Política Nacional de Recursos Hídricos. Brasília (DF): 1997.
- BRASIL. Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021.
- CAMPOS, J.N.; STUDART, T. M. C. Gestão de Águas: princípios e práticas. Porto Alegre. ABRH, 2001.
- METCALF & EDDY. Waster Engineering: Treatment, Reuse and Disposal. McGraw-Hill Book Co, Singapura, 2003. 1819p.
- ROSA, M. S. Avaliação do Emprego de Coagulantes Orgânico e Inorgânico no Tratamento Primário de Efluente de Abate e Industrialização de Aves. 2019. ABNT. NBR ISO 9000: Sistemas de Gestão da Qualidade – Fundamentos e Vocabulário. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.
- CARPINETTI, Luiz Cesar Ribeiro. Gestão da qualidade ISO 9001:2015: requisitos e integração com a ISO 14001:2015 / Luiz Cesar Ribeiro Carpinetti; Mateus Cecilio Gerolamo – 1. Ed. – São Paulo: Atlas, 2016.
- SILVA, C. K. O; GASPAR, L. A. B; MELO, M. S. Manual Gerenciamento da Rotina do Trabalho do Dia a Dia. GDEMP – Gerencia de Desenvolvimento Empresarial. CAGECE. Fortaleza/CE, 2020.
- SILVA, J. N. Os Benefícios do Sistema de Gestão da Qualidade em Uma Estação de Tratamento de Água. Artigo (Especialização em engenharia de qualidade) – Curso de Especialização em Engenharia de Qualidade, Instituto Executivo de Formação. Sobral/CE, 2018.



# ELABORAÇÃO E IMPLEMENTAÇÃO DE UMA INSTRUÇÃO DE TRABALHO (IT) PARA O PROCESSO DE LAVAGEM DE FILTRO ASCENDENTE EM UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA – ETA RIVIERA, NO DISTRITO DE TAPERA, MUNICÍPIO DE AQUIRAZ/CE



Jeferson Pinheiro Lopes(1); Lidiane Bittencourt da Silva(2); Mariane Souza Porfírio Nazareth(3)

1. Gestor Ambiental pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE) – Especialista em Energia e Sustentabilidade pelo Instituto Federal Fluminense (IFF). Técnico em Saneamento da Companhia de Água e Esgoto do Ceará – Cagece.
2. Química pela Universidade Federal do Ceará (UFC) – Especialista em Engenharia Ambiental e Saneamento Básico pela Estácio. Técnica em Química da Companhia de Água e Esgoto do Ceará – Cagece.
3. A Química pela Universidade Federal do Ceará (UFC) – Especialista em Engenharia Ambiental e Saneamento Básico pela Estácio. Técnica em Química da Companhia de Água e Esgoto do Ceará – Cagece

## Resumo

O processo de tratamento de água requer alguns cuidados no que diz respeito à aplicação de produtos químicos, bem como a realização correta dos procedimentos de lavagem das unidades filtrantes. O presente relatório, tem por objetivo, fazer um diagnóstico da situação atual do processo de lavagem, descrever de forma objetiva, a elaboração de um documento (Instrução de trabalho – IT), bem como a implementação com os operadores que trabalham em uma Estação de Tratamento de Água, da Companhia de Água e Esgoto do Ceará – CAGECE, localizada no distrito de Tapera, município de Aquiraz/CE. O trabalho foi dividido em quatro passos, diagnóstico, elaboração do modelo de IT, apresentação da proposta e implementação prática.

**Palavras-chave:** Instrução de trabalho, lavagem de filtro, ETA Riviera.

Este texto é um resumo do trabalho de conclusão de curso 'Elaboração e Implementação de Uma Instrução de Trabalho (IT) Para o Processo de Lavagem de Filtro Ascendente em uma Estação de Tratamento de Água – ETA Riviera, no Distrito de Tapera Município de Aquiraz/CE' de Lopes, J. P. et al, publicado em 2023, disponibilizado no Instituto Federal Fluminense – Campus Itaboraí Programa de Pós-Graduação Especialização em energia e sustentabilidade

## Metodologia

Os aspectos metodológicos utilizados no presente trabalho são de caráter qualitativos e quantitativos. Foi realizada uma pesquisa exploratória, abordando a situação de um processo inerente à operação de uma estação de tratamento de água. Além disso, durante a elaboração dos trabalhos, foram obtidos dados primários relacionados a turbidez na hora da lavagem e drenagem dos filtros da estação de tratamento de água Riviera, que serviram como base para encaminhamentos da pesquisa.

## Resultados e discussão

O trabalho foi dividido em quatro etapas, visando otimizar o desenvolvimento das atividades. Dessa forma, a Figura 01 mostra um fluxograma de como foi pensado/ estruturado a elaboração e implementação da rotina operacional com os operadores da Estação de Tratamento de Água – ETA Riviera. Além disso é apresentado uma análise da situação operacional do processo de lavagem de filtro, bem como as discussões dos resultados obtidos.

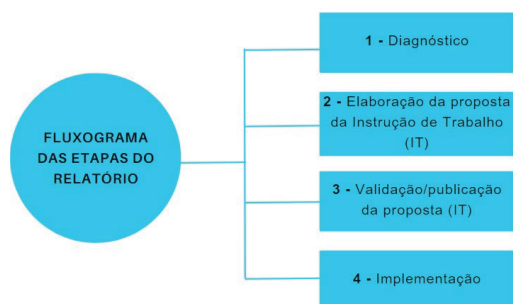


Fig. 1 - Fluxograma das etapas do relatório técnico

### ETAPA 1

A primeira etapa foi de realizar o diagnóstico da atual situação operacional, relacionada ao processo de lavagem das unidades filtrantes. Foi observado que a carreira de filtração (tempo entre as lavagens) ocorria a cada 72 horas. Considerando que a estação tem um tempo de operação de 12 horas, as lavagens ocorriam a cada seis dias. (CEARÁ. Companhia de Água e Esgoto do Ceará).

Esse tempo longo para realizar as lavagens pode gerar problemas de colmatagem do leito filtrante, uma vez que são aplicados produtos químicos na água bruta como coagulante, Policloreto de Alumínio (PAC -23) e Polímero Líquido como auxiliar de coagulação,

além das próprias partículas de sujeira que se aglutinam, podendo não ser retiradas durante o processo de lavagem. Desse modo, foi orientado aos operadores que as lavagens passassem a ocorrer todos os dias antes do início da operação da ETA.

Foi observado também que durante o procedimento de lavagem ocorria extravasamento nos demais filtros, assim foi possível inferir a existência de problemas com vedação das válvulas de lavagem das unidades filtrantes, além disso, na hora da lavagem, como o sistema ainda continuava em funcionamento, existia também o aumento de vazão de água bruta para os demais filtros, esses fatores acabavam gerando desperdício de água filtrada durante a realização das lavagens.

### ETAPA 2

Após realizar o diagnóstico sobre o processo de lavagem da ETA Riviera, foi elaborado uma proposta sobre a criação de uma instrução de trabalho (IT). As IT's são feitas para facilitar o desenvolvimento de determinada atividade ou rotina operacional. Esse documento traz, de forma simples e objetiva, como deve-se realizar determinado procedimento, visando minimizar possíveis falhas na operação da ETA.

Na etapa de elaboração da instrução de trabalho, foi levado em consideração 5 (cinco) aspectos, 1) tempo das lavagens, 2) tempo das descargas de fundo, 3) tempo das drenagens, 4) carreira de filtração e 5) tempo de operação. O tempo de lavagem era de 7 minutos, as descargas de fundo 2 minutos e as drenagens eram realizadas com um tempo de 10 minutos.

Foi definido que o tempo para realizar as descargas de fundo dos filtros, deveria ser realizado de forma a deixar o aspecto da água mais clarificada. No dia 17/10/2023, após verificação in-loco, foi mantido o tempo de 2 minutos para a execução das descargas, esse tempo é comumente utilizado nesse procedimento considerando o diâmetro do filtro, podendo ser maior ou menor a depender do aspecto visual da água.

Para estabelecer o tempo ideal das lavagens, no dia 17/10/2023 foi realizado o procedimento de coleta da água de lavagem a cada minuto, durante um tempo de lavagem de 10 minutos, em seguida foi realizado análises de turbidez para cada amostra. Conforme



pode-se observar que entre o segundo e o décimo minuto de lavagem, houve uma diferença de turbidez de 96,12uT ou seja, uma redução de turbidez na ordem de 92,42%. Assim foi visto que o tempo de lavagem ideal para os filtros ascendentes seria de 10 minutos.

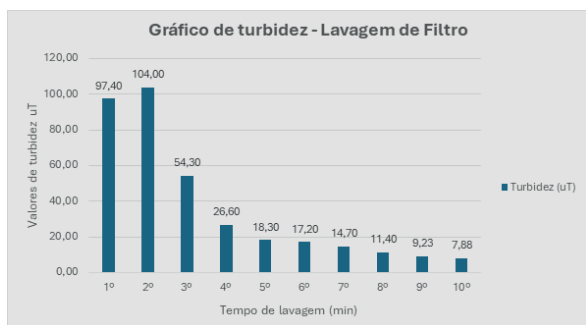


Fig. 2 – Gráfico do tempo de lavagem do filtro x turbidez

Após o processo de lavagem, foi iniciado a realização da drenagem do filtro, essa etapa do processo visa remover eventuais partículas que possam estar em suspensão na água que não foi possível a sua retirada na hora da lavagem. O tempo de drenagem realizado foi de 10 minutos, sendo coletadas amostras de água minuto a minuto, visando verificar, também, o tempo ideal para essa etapa. Desse modo, a Figura 03, mostra o comportamento do parâmetro de turbidez, ao longo do tempo de drenagem.

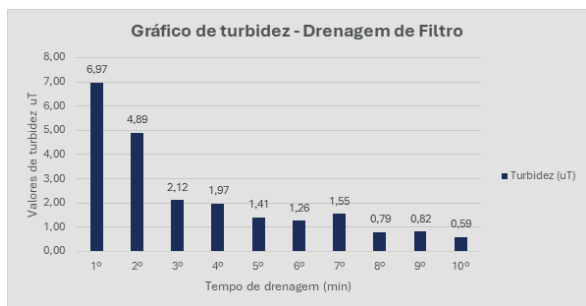


Fig. 3 – Gráfico do tempo de drenagem do filtro x turbidez

Percebe-se que entre o primeiro e o décimo minuto, houve uma redução de turbidez de 6,38uT, representando um percentual de redução na turbidez de 91,54%. Desse modo, foi estabelecido na instrução de trabalho que o tempo ideal de drenagem também seria de 10 (dez) minutos. Após a drenagem a água é encaminhada para o reservatório. Percebe-se que entre o 8º e o 10º minuto a turbidez ficou abaixo de 1uT, tendo como referência a portaria GM/MS N° 888, DE 4 DE MAIO DE 2021, para filtração direta, 5% das amostras de turbidez podem ter o valor máximo

permitido de até 1,0 uT.

### ETAPA 3

Nessa etapa, foi realizado a apresentação de um esboço da proposta para a coordenação de operação industrial da CAGECE, responsável pela ETA Riviera. Foi um momento de analisar possíveis erros e ajustá-los. Dessa forma, chegou-se ao modelo conforme descrito na Figura 04. A Instrução de trabalho, foi validada em conjunto com a coordenação de operação industrial e supervisão de produção de água no dia 19/10/2023. Ficando pronta para a fase seguinte, de publicação interna dentro da companhia.

Todo documento desse tipo é submetido para o setor responsável analisar e fazer eventuais correções. O documento foi enviado através de e-mail institucional para a Gerência de Desenvolvimento Operacional – GDOPE, para análise e posterior publicação. No dia 23/10/2023 foi publicada, internamente, na companhia, a Instrução de Trabalho IT 258/2023 – Lavagem de Filtro ETA Riviera.

As Instruções de Trabalho são comumente utilizadas na CAGECE, visando otimizar diversos processos. Dentre os tipos de IT's podemos elencar algumas áreas: controle de qualidade, medição, controle operacional de água, controle operacional de esgoto, manutenção eletromecânica e comercial. Para cada tipo de área existem diversas Instruções de Trabalho para utilização em seus respectivos processos.

Dessa forma, esse tipo de documento se mostra importante para o desenvolvimento operacional da companhia. Desse modo, dentro do controle de qualidade, são utilizadas para os processos laboratoriais, no controle operacional de água, existem IT's para os processos de tratamento de água, estações elevatórias e dosagens de produtos químicos por exemplo.

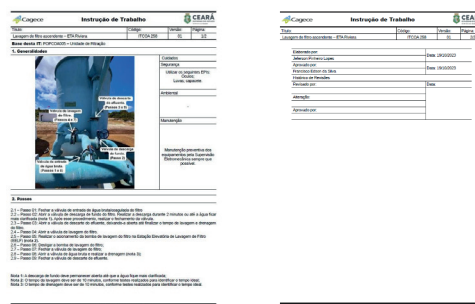


Fig. 4 – Instrução de trabalho validada/publicada

² Fonte: Elaborada pelos autores.

## ETAPA 4

Esta foi a última etapa, onde foi repassada para os operadores as orientações constantes na IT. Foi realizado uma visita técnica à ETA Riviera, onde todos os itens/ procedimentos foram repassados para os dois operadores. As Figuras 05 e 06 mostram a reunião de alinhamento que foi realizada em 08/11/2023, implementando na prática a Instrução de Trabalho.



Fig. 5 - Implementação prática



Fig. 6 - Implementação prática

Após os repasses com os dois operadores, foi realizado, na prática o procedimento de lavagem do filtro, seguindo as orientações da instrução de trabalho. Com isso, foi possível atingir o objetivo final do trabalho. Os colaboradores que participaram dos repasses foram, Idval Monteiro da Silva e Jonas Talys Alves Souza Costa. Cabe ressaltar que a instrução de trabalho traz alguns pontos positivos para a companhia, quais sejam: Facilidade no entendimento dos operadores; contribui para a realização dos procedimentos de forma correta; visa otimizar determinado processo; além disso, é uma forma de capacitar/reciclar os colaboradores.

## Conclusão

O processo de tratamento de água, dependendo de sua tecnologia, pode ser complexo e em alguns momentos pode gerar certas para os operadores que

estão à frente da operação. Assim do ponto de vista operacional o referido trabalho atendeu as expectativas esperadas no que diz respeito a elaboração e implementação de uma rotina operacional, através da instrução de trabalho, mais especificamente, relacionada à lavagem das unidades filtrantes.

No que diz respeito a Instrução de Trabalho, espera-se que os operadores à utilizem, sempre que tiverem alguma dúvida relacionada ao processo. Outro ponto que pode ser destacado é que foi possível perceber um engajamento dos colaboradores em executar os procedimentos em conformidade com a instrução de trabalho, fator esse que pode levar a uma melhor operação da estação de tratamento de água.

Com relação às unidades filtrantes, após a implementação da instrução de trabalho, espera-se um ganho na vida útil do leito filtrante, visto que houve alteração na carreira de filtração, além disso, outro fator que pode ser evitado é a colmatação do leito filtrante. Antes os filtros eram lavados a cada 72 horas, com um tempo de 7 minutos e após a implantação da IT essa carreira de filtração passou a ser de 12 horas com um tempo de lavagem de 10 minutos, ou seja, todos os dias, antes da operação da ETA, são realizadas lavagens dos filtros. Espera-se que esse modelo de rotina operacional seja replicado para as demais estações de tratamento de água que faz parte do escopo da unidade de Negócio da Bacia Metropolitana Leste – UNBML. Além disso, pode-se pensar, também, na elaboração de outras instruções para os demais processos de operação das ETA's.

## Referências Bibliográficas

- BRASIL. Portaria GM/MS n.º 888, de 4 de maio de 2021. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, na forma do Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS n.º 5, de 28 de setembro de 2017.
- FERREIRA FILHO, S.S. Tratamento de Água: concepção, projeto e operação de estações de tratamento – 1ª ed. Rio de Janeiro: GEN | Grupo Editorial Nacional. Publicado pelo selo LTC | Livros Técnicos e Científicos Editora Ltda., 2020.
- FREITAS HASSEGAWA, B.K. Gerenciamento Ambiental Em Estações de Tratamento de Água de Médio Porte: Elaboração de um Instrumento de Análise Ambiental e Operacional Com Base Na NBR ISO 14001:2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Programa de Pós Graduação em Recursos Hídricos, Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto, p. 417. 2007.
- CEARÁ. Controladoria e Ouvidoria Geral do Estado – Ceará Transparente – disponível em: <https://ceartransparente.ce.gov.br/>. Acesso em 23 de out. 2023.



# ANÁLISE COMPARATIVA DOS EFEITOS DA RECIRCULAÇÃO DA ÁGUA DOS REJEITOS GERADOS EM UMA ETA DE CICLO COMPLETO E UMA ETA DE FILTRAÇÃO DIRETA ASCENDENTE



Francisca Naiane da Silva Rocha<sup>(1)</sup>; Isabel Cristina Lima Freitas<sup>(2)</sup>; Daniel Carlos da Silva<sup>(3)</sup>; Carolina de Souza Lopes<sup>(4)</sup>; Thiago Alves de Carvalho<sup>(5)</sup>

1. Bióloga (UECE), Especialista em Gestão de Recursos Hídricos, Ambientais e Energéticos (UNILAB).
2. Mestre em Tecnologia e Gestão Ambiental (IFCE). Tecnóloga em Processos Químicos (IFCE).
3. Engenheira Ambiental (FBUNI). Especialista em Engenharia Ambiental e Saneamento Básico (FIC).
4. Graduando em Engenharia Civil (UNIFANOR).
5. Graduanda em Engenharia Civil (UFC).
6. Graduando em Engenharia Ambiental e Sanitária (IFCE).

## Resumo

A água de lavagem dos filtros (ALF) representa a maior parcela de perda de água de uma estação de tratamento de água. Uma alternativa para a destinação desses resíduos é a recirculação na própria estação. Dessa forma, além de representar uma redução nas perdas da estação, também diminui o consumo de água captada. Contudo, para que o reaproveitamento dos resíduos não prejudique a qualidade da água tratada, é essencial a avaliação dos impactos causados por esse procedimento. O presente estudo avaliou o impacto da recirculação na ETA Marruás dos Rosas e ETA Triângulo, e em ambas, a recirculação da ALF não influenciou na qualidade da água tratada, não apresentando diferença significativa entre os tipos de resíduos nem entre as taxas de recirculação adotadas. As perdas autorizadas dos dois sistemas ficaram em torno de 1%, havendo uma redução de 4% para ETA Marruás dos Rosas e de 8% para ETA Triângulo.

**Palavras-chave:** Recirculação, Água de lavagem de filtro, Abastecimento de água

Este texto é um resumo do artigo 'Análise Comparativa dos Efeitos da Recirculação da água dos Rejeitos Gerados em uma ETA de Ciclo Completo e uma ETA de Filtração Direta Ascendente' de Rocha, F. N. S. et al, publicado em 2022, disponibilizado no 33º Congresso Nacional de Saneamento e Meio Ambiente - AESABESP

## Metodologia

O estudo avaliou duas estações de tratamento de água (ETA): Marruás dos Rosas e Triângulo, escolhidas por suas similaridades no volume de água tratado e diferenças nos processos de tratamento. A ETA Marruás dos Rosas utiliza floculadores, decantador, filtros descendentes e leitos drenantes (Figura 1), enquanto a ETA Triângulo utiliza filtros ascendentes e tanque de sedimentação (Figura 2). Ambas as ETAs utilizam cloreto de polialumínio, polímero catiônico e cloro gasoso.

Para a caracterização da área de estudo, foram coletados dados operacionais e estruturais das ETAs, incluindo a capacidade de tratamento, os produtos químicos utilizados e os métodos de recirculação da água. A ETA Marruás dos Rosas, localizada em Pires Ferreira, Ceará, capta água do Açude Paulo Sarasate, enquanto a ETA Triângulo, localizada em Chorozinho, Ceará, capta água do Rio Choró e do Canal da Integração. Essas informações foram essenciais para entender as particularidades de cada sistema e suas respectivas eficiências.

As análises qualitativas incluíram a medição de alumínio, demanda química de oxigênio (DQO), sólidos sedimentáveis e sólidos suspensos totais. As amostras foram coletadas mensalmente entre janeiro e dezembro de 2021. Além disso, foi utilizado o Índice de Qualidade de Água (IQA) – Turbidez para avaliar o impacto da recirculação da água de lavagem dos filtros. O IQA Turbidez foi monitorado ao longo dos meses em que ocorreram as recirculações, permitindo uma avaliação contínua da qualidade da água tratada.

Para medir a eficiência da recirculação, foi utilizado o Índice de Perda na Produção de Água (IPPA). Este indicador mede a relação entre o volume de consumo autorizado à produção (VCAP) e o volume bruto de cada ETA. O IPPA ajuda a identificar a quantidade de água perdida durante o processo de tratamento e a eficácia da recirculação em reduzir essas perdas. Na ETA Marruás dos Rosas, o monitoramento da qualidade da água recirculada é realizado diariamente, com análises de Cor Aparente, Turbidez e pH. Na ETA Triângulo, embora não haja monitoramento diário, o impacto da recirculação é avaliado através de indicadores de qualidade e eficiência.

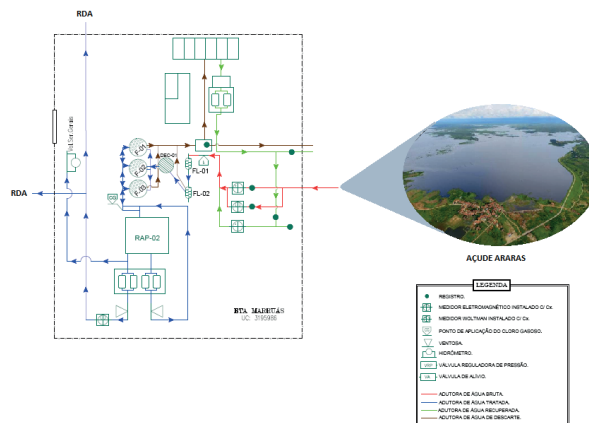


Fig. 1 – Representação gráfica das unidades operacionais da ETA Marruás dos Rosas

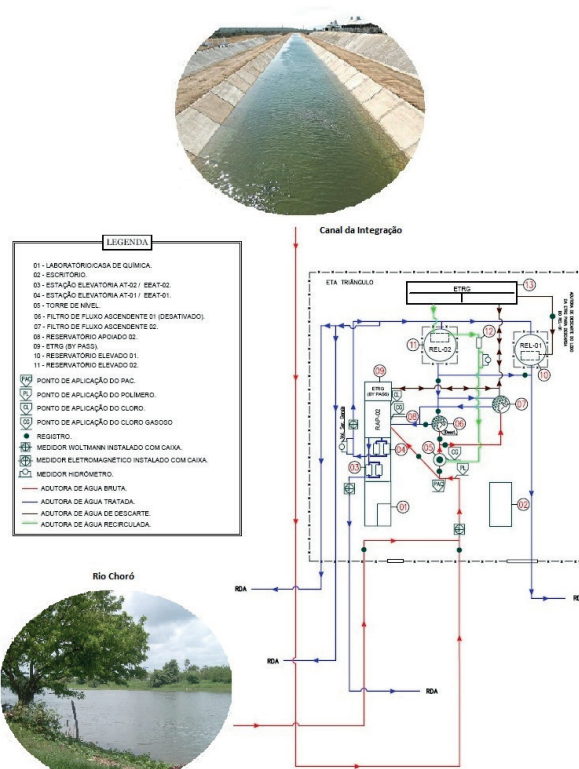


Fig. 2 – Representação gráfica das unidades operacionais da ETA Triângulo

## Resultados e discussão

### Quantificação do VCAP

Na ETA Marruás dos Rosas, as lavagens ocorrem nos três filtros descendentes, dois floculadores e decan-

tador. Em 2021, a ETA captou um volume bruto médio de 19.954,08 m<sup>3</sup>, produziu 18.766,48 m<sup>3</sup>, utilizou 877,19 m<sup>3</sup> de VCAP e recirculou 699,67 m<sup>3</sup>. O VCAP e o VOL.REC. corresponderam a aproximadamente 4,5% e 3,5% do volume bruto, respectivamente. Na ETA Triângulo, a lavagem é realizada apenas no Filtro O2. Em 2021, a ETA captou 27.820 m<sup>3</sup>, utilizou 2.583 m<sup>3</sup> de VCAP e recirculou 2.150 m<sup>3</sup>. O VCAP e o VOL.REC. corresponderam a aproximadamente 9,3% e 7,7% do volume bruto, respectivamente.

### **Análise Qualitativa da Água de Lavagem dos Filtros**

As análises de alumínio, DQO, sólidos sedimentáveis e sólidos suspensos totais mostraram que os resultados estão dentro dos padrões estabelecidos pela Resolução Estadual COEMA N° 02/17.

#### **Caracterização Qualitativa do Recirculado**

A ETA Marruás dos Rosas monitora a qualidade da água recirculada diariamente. Em 2021, a água de recirculação apresentou valores médios de Cor Aparente e Turbidez inferiores aos da água bruta, indicando condições favoráveis para o uso da água de recirculação. O pH da água clarificada também foi satisfatório, conforme os parâmetros estabelecidos na Portaria de Consolidação número 5, Anexo XX de 2017. A ETA Triângulo não realiza monitoramento diário, mas isso não prejudicou o tratamento do sistema.

### **Índice de Qualidade de Água – Turbidez**

A recirculação da ALF clarificada com incrementos de vazão de até 13% não alterou a qualidade da água tratada em nenhuma das ETAs. A turbidez média da água filtrada foi de 0,39 uT na ETA Marruás dos Rosas e 0,37 uT na ETA Triângulo, com o IQA Turbidez mantendo-se acima de 95%.

### **Impacto da Recirculação no IPPA**

Em 2021, a ETA Marruás dos Rosas obteve um IPPA médio de 5,90% sem recirculação e 1,18% com recirculação. A ETA Triângulo obteve um IPPA médio de 9,97% sem recirculação e 2,27% com recirculação, representando uma redução de aproximadamente 7,70% nas perdas autorizadas.

## **Conclusão**

A recirculação da ALF, em diferentes vazões, com ou sem tratamento, não influenciou significativamente no processo de tratamento. Os resultados mostraram que não houve diferença significativa entre os tipos de resíduos nem entre as taxas de recirculação adotadas em nenhuma das ETA analisadas.

O estudo demonstrou que a recirculação não acarretou prejuízos ao tratamento da água, podendo ser realizada em ETA de filtração direta ascendente ou numa ETA de ciclo completo. Constitui, portanto, alternativa para minimizar o uso dos recursos hídricos, evitar o lançamento de resíduos de ETA nos corpos de água e reduzir as perdas no processo de tratamento.

Recomenda-se a continuidade do monitoramento da qualidade da água recirculada e seus impactos no processo de tratamento, no sentido de se verificarem também os impactos do aumento da carga de cistos de *Giardia spp.* e oocistos de *Cryptosporidium spp.* com a recirculação da ALF e a capacidade dos processos unitários de tratamento (decantação e filtração) em absorvê-los.

## **Referências Bibliográficas**

1. ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 10004: Resíduos Sólidos – Classificação. Rio de Janeiro, 2004.
2. APHA/AWWA/WEF. Standard methods for the examination of water and wastewater. 23. ed. Washington DC: APHA, 2017.
3. ARORA, M.L., BARTH, E., UMPHRES, M.B. Technology evaluation of sequencing batch reactors. *Journal Water Pollution Control Federation*, v.57, n.8, p. 867-875, ago. 1985.
4. BRASIL. Lei n. 9.605, de 12 de fevereiro de 1998. Lei de Crimes Ambientais. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L9605.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9605.htm). Acesso em: 10/05/2022.
5. BRASIL. Lei n° 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1° da Lei n° 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei n° 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Brasília, DF: Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L9433.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9433.htm). Acesso em: 10/09/2012.
6. BARROSO, M.M.; CORDEIRO, J.S. Estudo de caso da ETA São Carlos (São Paulo/Brasil) produção de sólidos em ETAs. Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental 2002. p. 1-9. 2002.
7. CAGECE, Companhia de Água e Esgoto do Estado do Ceará. Módulo de Controle Operacional. Relatório de Volumes Operacionais, 2022.
8. CEARÁ, Resolução COEMA n° 02, de 02 de fevereiro de 2017. Dispõe sobre padrões e condições para lançamento de efluentes líquidos gerados por fontes

poluidoras, revoga as Portarias SEMACE n° 154, de 22 de julho de 2002 e n° 111, de 05 de abril de 2011, e altera a Portaria SEMACE n° 151, de 25 de novembro de 2002. Fortaleza, CE. Disponível em: <https://www.semace.ce.gov.br/resolucoes-estaduais-2022/>. Acesso em: 16/05/2022.

9. COGERH, Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará. Portal Hidrológico, 2022.
10. CORDEIRO, J.S. Processamento de Lodos de Estações de tratamento de água (ETA). In: FINEP, CNPq, CEF. (Org.). Resíduos Sólidos do Saneamento: Processamento, Reciclagem e Disposição Final. Rio de Janeiro: RIMA-ABES, v. 1, 2001.
11. DATAR, M.T., BHARGAVA, D.S. Effects of environmental factors on nitrification during aerobic digestion of activated sludge. *Journal of the Institution of Engineering (India)*, Part EN: Environmental Engineering Division, v.68, n.2, p.29-35, Feb. 1988.
12. DI BERNARDO, L. Tratamento de águas de abastecimento por filtração em múltiplas etapas. PROSAB. Rio de Janeiro: RiMa, 1999.
13. DI BERNARDO, L.; DANTAS, A. Métodos e técnicas de tratamento de água. 2ª ed. v.1. São Carlos: RiMa, 2005.
14. FADINI, P.S. Quantificação de carbono dissolvido em sistemas aquáticos, através da análise por injeção em fluxo. Campinas, 1995. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Engenharia Civil. Universidade Estadual de Campinas, 1995.
15. FUNCEME, Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos. Disponível em: [http://www.funceme.br/produtos/script/acudes\\_e\\_rios/Boletim\\_diario\\_nivel\\_acudes/](http://www.funceme.br/produtos/script/acudes_e_rios/Boletim_diario_nivel_acudes/). Acesso em: 19/05/2022.



# REABILITAÇÃO DE SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA EM COMUNIDADES RURAIS DO CEARÁ



Cyntia Pereira Nunes de Araújo <sup>(1)</sup>; Francisco Aragão Gomes de Morais Júnior <sup>(2)</sup>; Antônio Negreiros Bastos <sup>(3)</sup>; Camila Martins <sup>(4)</sup>; Suzana Pinho Lima Machado <sup>(5)</sup>

1. Cyntia Pereira Nunes de Araújo(1) Tecnóloga da Construção Civil – Edificações (URCA). Pós Graduada em Gestão Ambiental (URCA). Funcionária da Companhia de Água e Esgoto do Ceará – CAGECE.
2. Francisco Aragão Gomes de Morais Júnior(2) Tecnólogo da Construção Civil – Edificações (URCA). Graduado em Engenharia Civil – ATENEU.
3. Antônio Negreiros Bastos(3) Graduada em Ciências Biológicas (UPE). Pós Graduada em Saúde Pública (UPE). Coordenador do Programa Águas do Sertão – UGP PAS
4. Camila Martins(4) Graduada em Ciências Biológicas (UPE). Pós Graduada em Saúde Pública (UPE). Engenheira do Programa Águas do Sertão – UGP PAS
5. Suzana Pinho Lima Machado(5) Graduada em Serviço Social (UECE) e Mestre em Avaliação de Políticas Públicas (UFC). Servidora da Secretaria das Cidades – SCidades, Gerente GEMON, do Programa Águas do Sertão – UGP PAS

## Resumo

A população rural possui características e necessidades que diferem da população urbana, que levam a uma diferente configuração de sistemas de abastecimento de água, atualmente existem muitos SAA's implantados mas não atendem as necessidades mínimas de distribuição de água tratada, as instalações foram implementadas mas necessitam de readequações e melhorias para atendimento do padrão de obras rurais. No passado já receberam investimentos vultuosos, que foram implementados e não tiveram sua gestão e operação pelo SISAR. Para evitar duplicidade de recursos, minimizar valores orçados para esses investimentos, está sendo executado pelo Programa Águas do Sertão – PAS a reabilitação de sistemas de abastecimento de água em comunidades rurais, que aproveita as instalações existentes, desde que estejam em condições técnicas e de operação preservada ou apta a recuperação, para não desconsiderar toda infraestrutura local já existente. A reabilitação é uma maneira muito exitosa de implementar sistemas de abastecimento de água rural, pois essa metodologia faz com que seja possível implantar melhorias necessárias para padronização da maior quantidade de SAA's, duplicando o recurso na busca de atender universalização de acesso à água potável, ocorrendo economia em escala, que podem ser revertidos em novos investimentos visando universalização de acesso ao abastecimento de água tratada.

**Palavras-chave:** Rural, Abastecimento, Reabilitação.

Este texto é um resumo do artigo 'Reabilitação de Sistemas de Abastecimento de Água em Comunidades Rurais do Ceará' de Araújo, C. P. N. et al, publicado em 2024, disponibilizado no 35° Congresso Nacional de Saneamento e Meio Ambiente – Encontro Técnico AESABESP

## Metodologia

De acordo com os dados do Sistema Nacional de Informações em saneamento – SNIS (2022), 84,9% dos brasileiros são atendidos com abastecimento de água tratada, e em média no Ceará apenas 70,30% da população encontra-se atendida. Se formos para a população rural, esse dado é ainda mais preocupante, sendo apenas 49,1% coberta com sistema de abastecimento de água, segundo dados da reportagem do Diário do Nordeste de 18 de junho de 2023. Segundo essa mesma reportagem cerca de 50,9% dos domicílios rurais recorrem a poços, cacimbas, nascentes, rios, açudes ou carrospica como formas de abastecimento de água. A fim de minimizar esses índices, desde 1990 o Estado do Ceará em parceria com o banco alemão KfW e a Companhia de Água e Esgoto do Ceará – CAGECE, vêm implantando sistemas de abastecimento de água em comunidades rurais e para garantir a sustentabilidade técnica e social destes investimentos, criou um modelo de gestão do saneamento rural, o SISAR (Sistema Integrado de Saneamento Rural), que é fundamentado na participação dos usuários na gestão do sistema através de suas associações comunitárias para fazer a operação e gestão destes SAA's. Atualmente, o Estado do Ceará conta com 08 (oito) SISARs regionais, beneficiando cerca de 1.045.582 pessoas, 1.378 sistemas de abastecimento de água, com 272.673 ligações prediais, totalizando 49,65% de população atendida. A operação e manutenção sustentável dos sistemas, mediante a parceria SISAR- associação de moradores, deve estar, portanto, orientado à população, e considerar o entorno cultural, assim como a possibilidade e disposição pelo pagamento dos serviços. Dando continuidade ao sucesso do modelo de gestão do saneamento rural, foi criado o Programa Águas do Sertão (PAS), um empréstimo do estado do Ceará junto ao banco Alemão KfW, que visa implantar, ampliar e reabilitar sistemas de abastecimento de água (SAA) e esgotamento sanitário em comunidades rurais do interior do Ceará. Tendo em vista as particularidades rurais, que se diferenciam bastante da realidade das intervenções urbanas, foi elaborado um Padrão de Projetos e Obras Rurais para Sistemas de Abastecimento de Água, denominado como "Padrão Rural de Água – PRA" que estabelece as diretrizes básicas para a elaboração de projetos e execução de obras de implantação de Sistemas de Abastecimento de Água Rurais. Em virtude da grande necessidade da população rural em sistemas de abastecimento adequados a sua realidade, através do atendimento a esse padrão ajudará a equalizar a forma de gestão e execução de obras, de forma a

atender de forma condizente a essa população, de acordo com o caráter técnico e operacional do sistema. Com essa padronização, conseguimos otimizar recursos, executar obras de baixa complexidade e o principal diferencial, que a Reabilitação de Sistemas de Água, onde são executadas as intervenções em SAA's já existentes, aproveitando equipamentos e as estruturas já implantadas, seguindo as diretrizes da padronização dos sistemas rurais.



Fig. 1 - Tubulação desgastada

Logo, em sua maioria, os sistemas que estão sucateados não tiveram a gestão do SISAR, por isso foram se degradando com o tempo. Um dos critérios do Programa Águas do Sertão é que os sistemas que forem beneficiados com os seus recursos têm que está filiado ao SISAR, para garantia e sustentabilidade do projeto. Evitando a duplicidade de investimentos, pensando na otimização dos recursos, a tipologia de reabilitação é uma maneira muito exitosa de implementar sistemas de abastecimento de água rural, logo, ocorre uma grande economia em escala, que podem ser revertidos em novos investimentos visando a universalização de acesso ao abastecimento de água tratada. A universalização ao acesso das comunidades rurais do Estado do Ceará a serviços adequados de abastecimento de água terá um impacto direto e positivo na diminuição da proliferação de diversas doenças, garantindo, uma melhor saúde e qualidade de vida da população. Adicionalmente, a implantação de serviços adequados de abastecimento de água ajuda a proteção do meio ambiente, evitando a poluição dos corpos hídricos, entre outros. Segundo SNIS(2022), no Ceará apenas 70,30% da população total atendida com abastecimento de água, e se considerarmos a zona rural, esse índice de atendimento cai para apenas 49,1%. Sob tal panorama, o Estado do Ceará verificou a necessidade de reduzir a vulnerabilidade e fortalecer



a resiliência da população rural do Estado do Ceará às secas e escassez de água, melhorando as condições de saúde através da implantação, ampliação, melhoria e reabilitação de sistemas de abastecimento de água e esgotamento sanitário em comunidades rurais do interior do Ceará através do Programa Águas do Sertão – PAS. Dentro desse contexto, o PAS sentiu a necessidade de elaboração de projetos de abastecimento de água que contemplassem essas características e necessidades específicas. Muitas dessas localidades rurais, já possuem alguns sistemas de abastecimento de água, mas de forma precária, necessitam da elaboração de projetos que proporcionem apenas uma reabilitação do referido sistema, ou seja, um conjunto de intervenções físicas para melhoria do sistema existente requeridas para atender o padrão técnico de obras rurais, podendo envolver ampliação e/ou restauração, que afetem positivamente o desempenho hidráulico, estrutural ou funcional das partes do sistema, de modo a proporcionar melhores condições operacionais de forma integrada e sustentável. Como forma de reforçar a estratégia no planejamento estadual, no âmbito do Plano Plurianual (2024) do Governo do Estado do Ceará tem-se como meta no âmbito do saneamento rural a entrega de obras de reabilitação/estruturação de sistemas de abastecimento de água já existentes. Desta forma, verificou-se a necessidade de conceber um projeto adequado a reabilitar sistemas que se encontram muitas vezes sucateados, mas que não podem ser descartados, pois são capazes de atender técnica e operacionalmente as necessidades dessas áreas, desde que sejam submetidos ao processo de reabilitação executado pelos projetos atendidos pelo PAS, e em seguida tornam-se padronizados para posterior operação e filiação ao modelo de gestão SISAR e suas associações de moradores. Fazendo um panorama dos sistemas de abastecimento de água que já foram implantados por diversos recursos nas comunidades rurais do Ceará, foram identificados várias tipologias de infraestruturas, vários cenários, onde pode-se pontuar sistemas bem simplificados, tais como:

- Sistemas apenas com chafariz;
- Sistemas sem macro e micromedição;
- Sistemas sem a rede de abastecimento, mas com o algum tipo de tratamento;
- Sistemas com rede de distribuição sem ciclo de tratamento completo;
- Sistemas apenas com simples desinfecção;
- Sistemas robustos com grandes estações de tra-

tamento de água, ETA's compactas.

Foram vários os cenários encontrados, e dentro desse contexto, o PAS construiu sua carteira de investimentos, baseada no cenário atual das intervenções executadas no rural, para sistemas de tratamento de água, foi levando em conta a necessidade de elaboração de projetos de abastecimento de água que contemplassem todas essas características e necessidades específicas do panorama atual do rural. Muitas dessas localidades já receberam investimentos para implementação de sistemas, mas atualmente necessitam de investimentos em projetos que proporcionem apenas uma reabilitação da infraestrutura local, ou seja, um conjunto de intervenções físicas para melhoria do sistema existente, atendendo as diretrizes que estão descritas no padrão de obras e projetos rurais. Desta forma, verificou-se a necessidade de conceber um projeto adequado a reabilitar esses sistemas que se encontram com sua estrutura e/ou equipamentos sucateados, e com o projeto de reabilitação, atendem de forma técnica e operacional as necessidades das áreas atendidas pelo PAS e posterior operação pelo SISAR e associação de moradores. A fim de atender essa necessidade, os projetos elaborados para reabilitar esses sistemas de abastecimento de água atenderam as diretrizes estabelecidas pelo Padrão de Projetos e Obras Rurais: Sistemas de Abastecimento de Água – “Padrão Rural de Água”, conforme tabela abaixo:

ITEM	VALOR
Consumo per capita	100 L/hab/dia
Horas de funcionamento	16 h/dia
Horizonte do projeto	20 anos
Taxa geométrica de crescimento rural	2,0% a.a
Habitantes por residência	4 hab/casa
Projeção da população caso não tenha dados demográficos	Método Geométrico

Tabela 1 – Sugestão de dados básicos para adoção de projetos.

A elaboração dos projetos de reabilitação dos sistemas de abastecimento de água das localidades rurais foi realizada a fim de atender os requisitos ambientais e procedimentos necessários dos projetos e obras desses sistemas, de acordo com a legislação brasileira, no que se refere à legislação ambiental e outorga dos recurso hídricos. Foram realizados pro-

cessos licitatórios, de acordo com a Lei nº 8666/1993, para contratação de empresas com expertise na área, utilizando como fonte de recursos empréstimo do Banco ANCO KfW Entwicklungsbank, através do Contrato nº 28320, com a Secretaria das Cidades do Estado do Ceará, tendo como interveniente técnica a Companhia de Água e Esgoto do Ceará – CAGECE. Para contratação dos serviços de projetos e obras de reabilitação dos Sistemas de Abastecimento de Água, foram considerados os termos e expressões relacionadas a seguir, com os seguintes significados e interpretações:

1. Sistema de Abastecimento de Água – SAA: constituído pelas atividades, infraestruturas e instalações necessárias ao abastecimento público de água potável;

2. Área Rural: área situada no espaço rural ou localidade de pequeno porte, predominantemente ocupada por população de baixa renda, onde outras formas de prestação dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário apresentem custos de operação e manutenção incompatíveis com a capacidade de pagamento dos usuários, ou por anuência do município;

3. Estudo Preliminar: Trabalho que envolve a caracterização da situação atual da localidade em estudo e do sistema de abastecimento de água existente, incluindo estrutura física e condições operacionais, abrangendo também o estudo quantitativo e qualitativo dos mananciais para abastecimento da comunidade rural;

4. Estudo de Concepção – EC: Entende-se por concepção o conjunto de estudos e conclusões referentes ao estabelecimento de todas as diretrizes, parâmetros e definições necessárias e suficientes, para a caracterização completa do sistema de abastecimento de água que se pretende projetar. Estudo de arranjos e alternativas, sob os pontos de vista qualitativo e quantitativo, das diferentes partes de um sistema, organizadas de modo a formarem um todo integrado, para a escolha da concepção básica. Visa demonstrar a viabilidade técnico-econômica, social e ambiental da alternativa escolhida de um sistema de abastecimento de água e seus impactos sobre os meios físico, biótico e antrópico;

O grande diferencial deste tipo de contratação, foram as divisões de etapas dos processos, onde a ordem da execução das atividades contratadas foram numeradas e seguindo um fluxo sequencial e com pagamentos ajustados a finalização e entrega de cada produto. Esse é um fato de suma importância que deve ser utilizado na tipologia de SAA's rea-

bilitados, pois no decorrer das análises e avaliações dos sistemas, pode ser identificado que o reaproveitamento das instalações é realmente inviável e sendo assim a contratada só receberá o pagamento até onde foi viável executar os serviços, a entrega do produto fica realmente condicionada até a sua execução. Esse foi mais um ganho de escala para otimização dos recursos que são dos investidos para obras nas comunidades rurais e que podem ser alocados para executar uma maior quantidade de SAA's buscando a universalização da oferta de água tratada. Para tal, foram elaborados Termos de Referência e toda documentação necessária ao processo licitatório contemplando a entrega dos seguintes "Produtos":

- Produto 1A – Estudo Preliminar;
- Produto 1B – Estudo Preliminar – Levantamento de Campo;
- Produto 2 – Estudo de Concepção;
- Produto 3 – Serviços de Campo;
- Produto 4 – Projeto Técnico Executivo

## Resultados e discussões

A elaboração de projetos de reabilitação de sistemas de abastecimento de água através do Programa Águas do Sertão para comunidades rurais no estado do Ceará busca uma uniformidade na implementação, execução e entrega desses sistemas. Contudo, a reabilitação de SAA's deverá contemplar o reaproveitamento das estruturas já existentes nas comunidades rurais, garantindo um sistema de abastecimento de água atendendo os normativos do Padrão Rural de água e permitindo a operação produtiva e sustentável. Assim, pontuam-se como resultados esperados:

- Otimização dos recursos públicos;
- Reaproveitamento de estruturas existentes;
- Adequação dos sistemas de tratamento;
- Cumprimento das legislações ambientais;
- Metodologia apropriada para localidades rurais
- Eficiência do sistema de tratamento;
- Garantia da qualidade de água distribuída;
- Envolvimento da população local;
- Entrega de SAA adequado à realidade local.



Fig. 2 - SAA sucateado



Fig. 2 - SAA Reabilitado

Com a elaboração e implementação de projetos de Reabilitação de SAA's para comunidades rurais, é possível implementar sistemas adequados à realidade local, permitindo encontrar as melhores oportunidades para otimização dos recursos públicos, tendo em vista que muitas vezes esses recursos são limitados. Os resultados obtidos com a elaboração e implementação de projetos de SAA, estão diretamente ligados à entrega de produtos com qualidade e operacionalidade, visando um nível de excelência do início ao fim da execução.

## Conclusão

Um dos pontos mais relevantes em relação a implantação da Reabilitação de SAA's é a otimização de recursos comparando ao alcance das populações que podem ser atendidas com essa tipologia de implementação, logo, com um recurso que é alocado para reabilitar um sistema é economizado para implantação de um outro. A elaboração de projetos de SAA de acordo com o preconizado pelo Padrão

de Projetos e Obras Rurais: Sistemas de Abastecimento de Água – “Padrão Rural de Água”, significa o aumento da garantia e eficiência da operação, além de um serviço a ser executado levando em consideração a melhor relação custo/benefício. Reabilitação pode ser tratada como uma restauração, logo, restaurar significa de maneira geral, recuperar ou reparar algo que sofreu desgaste ao longo do tempo. Quando estamos falando de um sistema de abastecimento de água, restaurar pressupõe que o resultado deva reaproveitar ao máximo as estruturas existentes, respeitando as características originais do local ou do empreendimento como um todo com a originalidade do projeto inicial, desde que estejam em condições de preservação e operação confiáveis. A reabilitação nada mais é do que um processo de revitalização. Você só vai consertar e reparar aquilo que o tempo desgastou, e implantar novas infraestruturas que adéquem o sistema como um todo.

## Referências Bibliográficas

1. CAGECE. Caderno de Normas Técnicas para Projetos de Sistemas de Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário da Companhia de Água e Esgoto do Ceará. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <http://www.cagece.com.br/documentos-publicacoes/documentos/>
2. DI BERNARDO (COORDENADOR), L. Tratamento de água para abastecimento por filtração direta. Rio de Janeiro: ABES, RIMA, 2003.
3. DI BERNARDO L. & DANTAS, A. D. Métodos e técnicas de tratamento de água. São Carlos: RIMA, 2005.
4. VON SPERLING, M. Introdução à Qualidade das águas e ao Tratamento de Esgotos. Belo Horizonte: UFMG, 2014.



# AVALIAÇÃO DA QUALIDADE FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA EM UM TRECHO DO RIO JAGUARIBE, CEARÁ



Neyla Cristina de Oliveira Lima<sup>(1)</sup>; Francisco Carleudo Saraiva Rabelo<sup>(2)</sup>; João Adriano da Silva<sup>(3)</sup>; Malcon Rodrigo de Souza Oliveira<sup>(4)</sup>; Maria Girleide Freitas da Silva<sup>(5)</sup>;

1. Tecnóloga em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental (CENTEC), Licenciada em Ciências Biológicas (UECE) e Bacharel em Psicologia (UNP). Especialista em Sistemas de Águas de Abastecimento e Residuais (CEFET), Especialista em Gestão Pública (UECE) e Especialista em Neuropsicologia (Católica do RN). Mestranda em Saúde Coletiva (UNIFOR). Coordenadora de Gestão Administrativa da UNBBJ – CAGECE.
2. Tecnólogo em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental (CENTEC). Especialista em Gestão de Recursos Hídricos (FATEC) e Especialista em Gestão Ambiental (IFCE). Mestre em Climatologia (UECE). Doutorando em Engenharia Civil (UFC). Supervisor de Produção de Água da UNBBJ – CAGECE.
3. Tecnólogo em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental (CENTEC) e Licenciado em Pedagogia (UVA). Especialista em Gestão Ambiental (FAS-MS). Especialização em Auditoria Ambiental – Cursando (FAVENI). Técnico em Gestão da Qualidade da UNBBJ – CAGECE.
4. Tecnólogo em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental (CENTEC). MBA em Liderança, Inovação e Gestão – Cursando (FAVENI). Coordenador Comercial da UNBBJ – CAGECE.
5. Técnica em Meio Ambiente (CENTEC). Bacharel em Serviço Social (UNOPAR). Especialização em Gestão em Serviço Social e Projetos Sociais – Cursando (FAVENI). Supervisora Comercial da UNBBJ – CAGECE.

## Resumo

O padrão de qualidade de vida de uma população está relacionado à qualidade e disponibilidade da água, sendo este o recurso natural mais crítico à saúde humana e mais susceptível a impor limites ao desenvolvimento. A pesquisa visa avaliar a qualidade físico-química da água num trecho do Rio Jaguaribe/Ceará. Foram realizadas coletas mensais para análise de pH e turbidez e coletas semestrais para análises de OD, DBO, Nitrito, Nitrato, Fósforo Total e Sólidos Dissolvidos Totais no período de janeiro de 2022 a maio de 2024, em 04 pontos de captação de água, operados pela Companhia de Água e Esgoto do Ceará – CAGECE, nas cidades de Jaguaribara, Tabuleiro do Norte, Russas e Jaguaruana. Os resultados foram balizados pelas diretrizes da Resolução CONAMA n° 357/2005, relativo aos parâmetros de qualidade para águas doces de Classe 2, destinados ao abastecimento humano, após tratamento convencional. Os parâmetros pH, Turbidez, Nitrito, Nitrato e Sólidos Dissolvidos Totais apresentaram valores em conformidades com os limites estabelecidos. Os parâmetros que não atenderam a legislação, tais como OD, DBO e Fósforo Total são indicativos de contaminação dos corpos hídricos por lançamento de carga orgânica, que podem ser provenientes de atividades agropastoris e carnicultura em crescente expansão na região.

**Palavras-chave:** Qualidade Físico-Química; Rio Jaguaribe; Bacia do Jaguaribe;

Este texto é um resumo do artigo 'Avaliação da Qualidade Físico-Química da Água em um Trecho do Rio Jaguaribe, Ceará' de Lima, N. C. O. et al, publicado em 2024, disponibilizado no 35° Congresso Nacional de Saneamento e Meio Ambiente – Encontro Técnico AESABESP

## Introdução

A água constitui-se um recurso natural essencial aos seres vivos presente em todos os processos bioquímicos e fisiológicos, o que torna seu acesso indispensável às comunidades em geral. Além disso, é o componente mais abundante do planeta, e nos organismos vivos, atua como solvente universal para diversas substâncias orgânicas (Garcia, Moreno e Fernandes, 2015).

Kuss e Castro (2016), destacam que a contaminação dos recursos hídricos é uma realidade que tem preocupado os governos em todo o mundo, de maneira adicional a baixa qualidade da água ofertada traz consigo consequências para a vida do homem. Por esse motivo, a estreita relação dos seres humanos com a água, explica a importância de se garantir as características físico-químicas e microbiológicas deste recurso dentro de parâmetros aceitáveis.

Von Sperling (2016), menciona que o uso e ocupação do solo de modo indiscriminado, bem como o processo de industrialização ocorrido tem provocado uma série de impactos ambientais em muitos municípios brasileiros causando uma grande degradação da disponibilidade dos recursos hídricos. Em função desse cenário, a ocupação com a disponibilidade da água, bem como sua qualidade vem se tornando uma realidade.

Diante disso, o presente estudo tem objetivo fazer uma avaliação da qualidade da água físico-química de um trecho no Rio Jaguaribe entre as sub-bacias hidrográficas do Baixo e Médio Jaguaribe, compreendido os municípios de Jaguaribara, Tabuleiro do Norte, Russas e Jaguaruana, no estado do Ceará, de modo que esse estudo poderá ser utilizado como um instrumento para monitorar e acompanhar as condições ambientais da água do Rio Jaguaribe, inserido na sub-bacia hidrográfica, diante das atividades antrópicas e da falta de políticas públicas concernentes ao descarte de resíduos sólidos e despejos de esgotos domésticos e industriais na área delimitada, objeto desse estudo.

## Objetivo

A pesquisa visa avaliar a qualidade físico-química da água num trecho do Rio Jaguaribe/Ceará.

## Metodologia

**Área de Estudo** – A área de estudo deste projeto, fica situada entre os municípios de Jaguaribara, Tabuleiro do Norte, Russas e Jaguaruana no Estado do Ceará, situada na Região do Baixo e Médio Jaguaribe, compreendendo à extensão de 118km entre os pontos extremos. O trecho especificado compartilham das mesmas características climáticas, tipo de solo e disponibilidade hídrica, com fortes restrições naturais, pluviometria irregular, tendo um clima semiárido, com pluviosidade média de 675mm/ano.

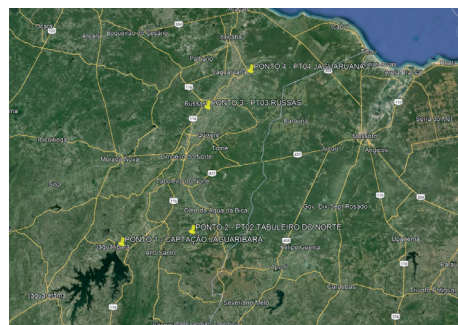


Fig. 1 - Localização dos pontos de coletas.

**Pontos de Coletas** – As amostras de água foram coletadas nos pontos de captação de água para abastecimento, operados pela Companhia de Água e Esgoto do Ceará – CAGECE, conforme se observa na Figura acima, podendo assim ser descritos:

**Ponto 1** – (Captação de Jaguaribara) – Localizado na captação do sistema de abastecimento de água do município de Jaguaribara. Coordenadas geográficas: Latitude – 9394765.19 e Longitude – 562801.50;

**Ponto 2** – (Captação de Tabuleiro do Norte) – Localizado na captação do sistema de abastecimento de água do município de Tabuleiro do Norte. Coordenadas geográficas: Latitude – 595667 e Longitude – 9423541;

**Ponto 3** – (Captação de Russas) – Localizado na captação do sistema de abastecimento de água do município de Russas. Coordenadas geográficas: Latitude – 612872 e Longitude – 9449789;

**Ponto 4** – (Captação de Jaguaruana) – Localizado na captação do sistema de abastecimento de água do município de Jaguaruana. Coordenadas geográficas: Latitude – 635749 e Longitude – 9463126.

**Período de Coleta** – Foram realizadas coletas mensais para análise de pH e turbidez e coletas semestrais para análise de OD, DBO, Nitrito, Nitrato, Fósforo Total e Sólidos Dissolvidos no período de janeiro de 2022 a maio de 2024, em 04 pontos de captações de água das sub-bacias do Baixo e Médio Jaguaribe, operado pela Companhia de Água e Esgoto do Ceará – CAGECE.

**Materiais e Métodos** – O estudo utilizou como fonte de dados, os laudos de qualidade da água de 04 pontos de captação, sendo estes explorados como fonte hídrica dos Sistema de Abastecimento de Água de: Jaguaribara, Tabuleiro do Norte, Russas e Jaguaruana. As análises seguiram as metodologias estabelecidas pelo Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 2017).

## Resultados e discussão

Os rios do Estado do Ceará não possuem enquadramento de acordo com a Resolução CONAMA (CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE) N° 357, DE 17 DE MARÇO DE 2005, alterada pelas resoluções CONAMA N° 393/2007, N° 397/2008, N° 410/2009 e N° 430/2011, para tanto, adotou-se, conforme recomendação da mesma, os parâmetros de qualidade da água para rios de águas doces de Classe 2, destinados ao abastecimento humano, após tratamento convencional, à proteção das comunidades aquáticas, à recreação de contato primário, à irrigação de plantas de um modo geral, à aquicultura e à atividade de pesca (BRASIL, 2005).

Desta forma, os limites preconizados para cada parâmetro estão descritos na tabela 5, abaixo:

Parâmetro	Limite
pH	6,0 – 9,5
OD (mg/L)	>5,0
DBO (mg/L)	<5,0
Turbidez NTU	100
Nitrato (mg/L)	10
Nitrito (mg/L)	1
Fósforo Total (mg/L)	0,05
Sólidos Dissolvidos totais (mg/L)	500

Tabela 1 – Limites para avaliação da qualidade físico-química da água do Rio Jaguaribe

As tabelas a seguir trazem os resultados das análises para averiguação da qualidade físico-química da água do Rio Jaguaribe, em quatro pontos de captação de água para abastecimento humano:

Parâmetro / Ano	2022	2023	2024*
pH	7,92	7,82	7,47
OD (mg/L)	4,65	5,1	3,4
DBO (mg/L)	2,11	2,00	2,00
Turbidez NTU	1,66	2,97	2,40
Nitrato (mg/L)	0,57	0,42	0,78
Nitrito (mg/L)	0,02	0,03	0,04
Fósforo Total (mg/L)	0,00	0,13	0,12
Sólidos Dissolvidos Totais (mg/L)	178,95	148	182,77

Tabela 2 – Parâmetros da qualidade físico-química da água do Rio Jaguaribe no Ponto-1. Período 2022 – 2024

\*Dados de janeiro a maio de 2024.

Parâmetro / Ano	2022	2023	2024*
pH	7,67	7,79	7,74
OD (mg/L)	3,90	4,80	4,60
DBO (mg/L)	2,00	2,00	53,34
Turbidez NTU	1,31	1,51	4,87
Nitrato (mg/L)	0,02	0,09	0,20
Nitrito (mg/L)	0,01	0,01	0,01
Fósforo total (mg/L)	0,00	0,05	0,16
Sólidos Dissolvidos Totais (mg/L)	238,54	173,12	250,91

Tabela 3 – Parâmetros da qualidade físico-química da água do Rio Jaguaribe no Ponto-2. Período 2022 – 2024

\*Dados de janeiro a maio de 2024.

Parâmetro / Ano	2022	2023	2024*
pH	7,76	7,68	7,92
OD (mg/L)	3,45	6,55	6,60
DBO (mg/L)	2,00	2,00	2,00
Turbidez NTU	2,19	1,15	6,62
Nitrato (mg/L)	0,06	0,05	0,65
Nitrito (mg/L)	0,01	0,01	0,00
Fósforo Total (mg/L)	0,00	0,02	0,04
Sólidos Dissolvidos totais (mg/L)	261,59	188,88	199,60

Tabela 4 – Parâmetros da qualidade físico-química da água do Rio Jaguaribe no Ponto-3. Período 2022 – 2024

\*Dados de janeiro a maio de 2024.

\*Fonte: Dados da pesquisa elaborados pelo autor (2017).

Parâmetro / Ano	2022	2023	2024*
pH	8,13	7,95	7,65
OD (mg/L)	6,40	4,70	4,80
DBO (mg/L)	3,00	2,16	2,00
Turbidez NTU	17,13	20,45	15,18
Nitrato (mg/L)	0,04	0,13	0,52
Nitrito (mg/L)	0,01	0,01	0,01
Fósforo Total (mg/L)	0,20	0,07	0,23
Sólidos Dissolvidos totais (mg/L)	260,48	280,04	203,89

Tabela 5 - Parâmetros da qualidade físico-química da água do Rio Jaguaribe no Ponto-4. Período 2022 – 2024

\*Dados de janeiro a maio de 2024.

A seguir apresentaremos os resultados dos parâmetros encontrados nos quatro pontos de coletas:

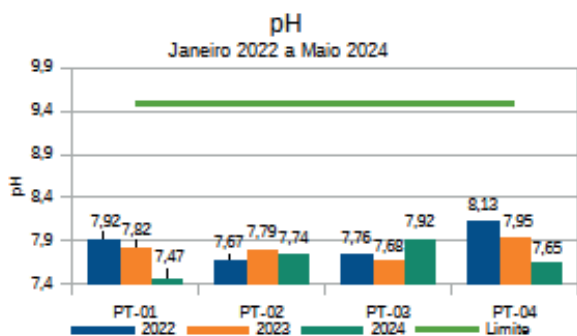


Gráfico 1 - pH da água em um trecho do Rio Jaguaribe

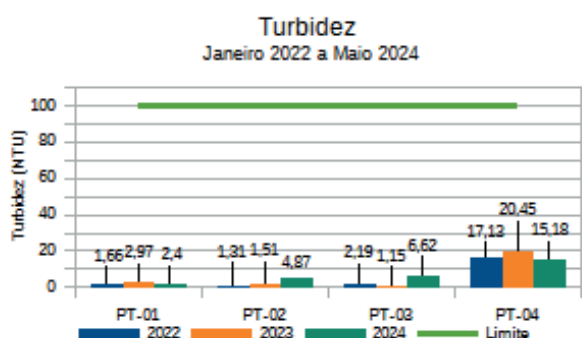


Gráfico 2 - Turbidez da água em um trecho do Rio Jaguaribe

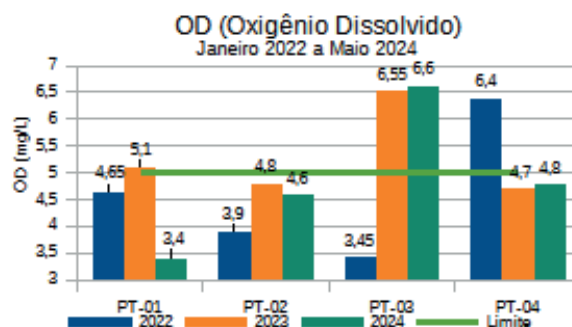


Gráfico 3 - Oxigênio Dissolvido da água em um trecho do Rio Jaguaribe

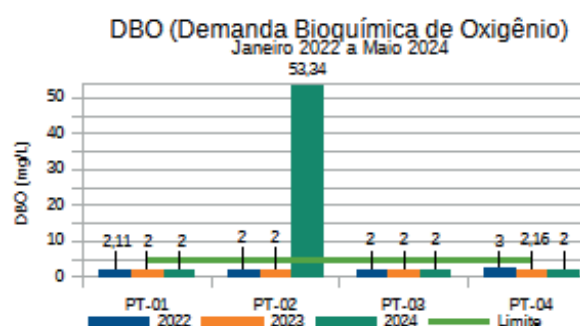


Gráfico 4 - DBO da água em um trecho do Rio Jaguaribe

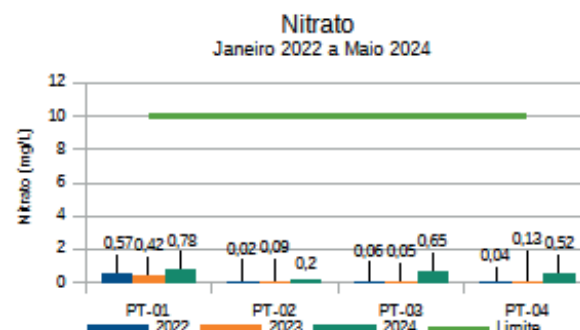


Gráfico 5 - Nitrato da água em um trecho do Rio Jaguaribe

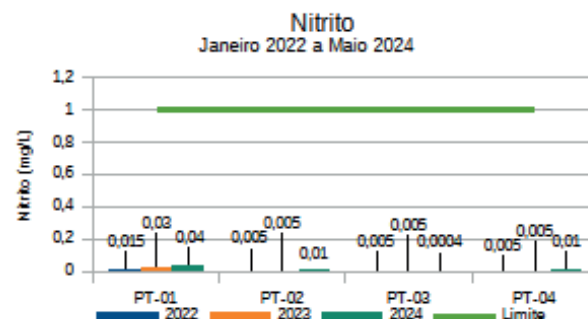


Gráfico 6 - Nitrito da água em um trecho do Rio Jaguaribe

Fonte: Dados da pesquisa elaborados pelo autor (2017).

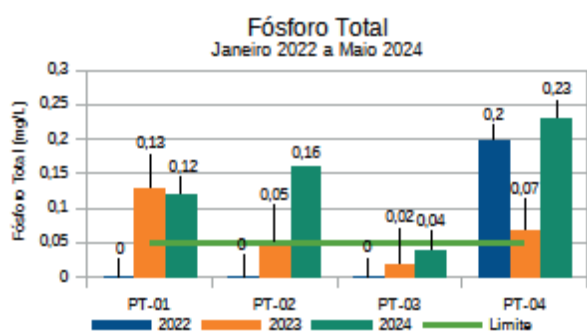


Gráfico 7 – Fósforo Total da água em um trecho do Rio Jaguaribe

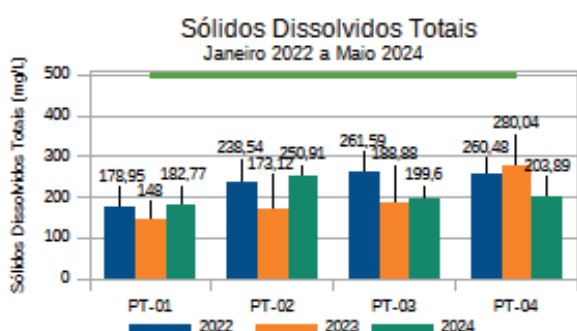


Gráfico 8 – SDT da água em um trecho do Rio Jaguaribe

## Análise e discussões

Conforme resultados das análises físico-químicas da água, observou-se que os parâmetros pH, Turbidez, Nitrito, Nitrato e Sólidos Dissolvidos Totais estão conformes as diretrizes estabelecidas pela Resolução CONAMA N° 357, DE 17 DE MARÇO DE 2005, alterada pelas resoluções CONAMA N° 393/2007, N° 397/2008, N° 410/2009 e N° 430/2011.

No que diz respeito ao parâmetro Oxigênio Dissolvido, os valores variaram entre 3,40 e 6,60mg/L de OD. O menor valor foi encontrado no PT-01 (Jaguaribara) e o maior valor no PT-03 (Russas). Convém destacar, que no PT-02 (Tabuleiro do Norte) todos as análises ficaram abaixo do valor recomendado de 5,0mg/L, conforme legislação vigente. Verifica-se que o PT-03 (Russas), apresentou melhor qualidade do parâmetro em questão nos anos de 2023 e 2024.

A Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), atendeu ao estabelecido pela resolução CONAMA N°357, em todos os anos e pontos, exceto no ano de 2024 no PT-2 (Tabuleiro do Norte), que pode ser indicativo

de contaminação por lançamento pontual de esgoto doméstico. O município apresenta baixa cobertura de rede de esgotamento sanitário, correspondendo a 13,31%.

O parâmetro Fósforo Total foi atendido apenas no PT-03 (Russas). Os demais pontos não atingiram o recomendado pela legislação. Infere-se que o descumprimento dos valores permitidos pode ser decorrente da atividade agrícola e carnicultura presentes na região estudada.

## Considerações finais

A análise periódica da qualidade físico-química da água configura-se como um importante instrumento para gestão dos recursos hídricos de uma bacia hidrográfica e deve ser fator sine qua non para a tomada de decisões no que se refere as políticas públicas.

Destaca-se que os parâmetros que não atenderam a legislação, tais como OD, DBO e Fósforo Total são indicativos de contaminação dos corpos hídricos por lançamento de carga orgânica, que podem ser provenientes de atividades agropastoris e carnicultura. Ressalta-se também, que a baixa cobertura de esgotamento sanitário pode ter contribuído para o não atendimento da legislação. O excesso de fósforo na água pode aumentar a proliferação de algas e vegetação, que conseqüentemente, podem reduzir o oxigênio dissolvido e afetar diretamente a vida aquática.

Este estudo pode fundamentar a tomada decisões dos Comitês de Bacias, que tem funções consultivas e deliberativas nas alocações dos recursos hídricos, conferindo embasamento ao Plano de Segurança Hídrica do Estado do Ceará.

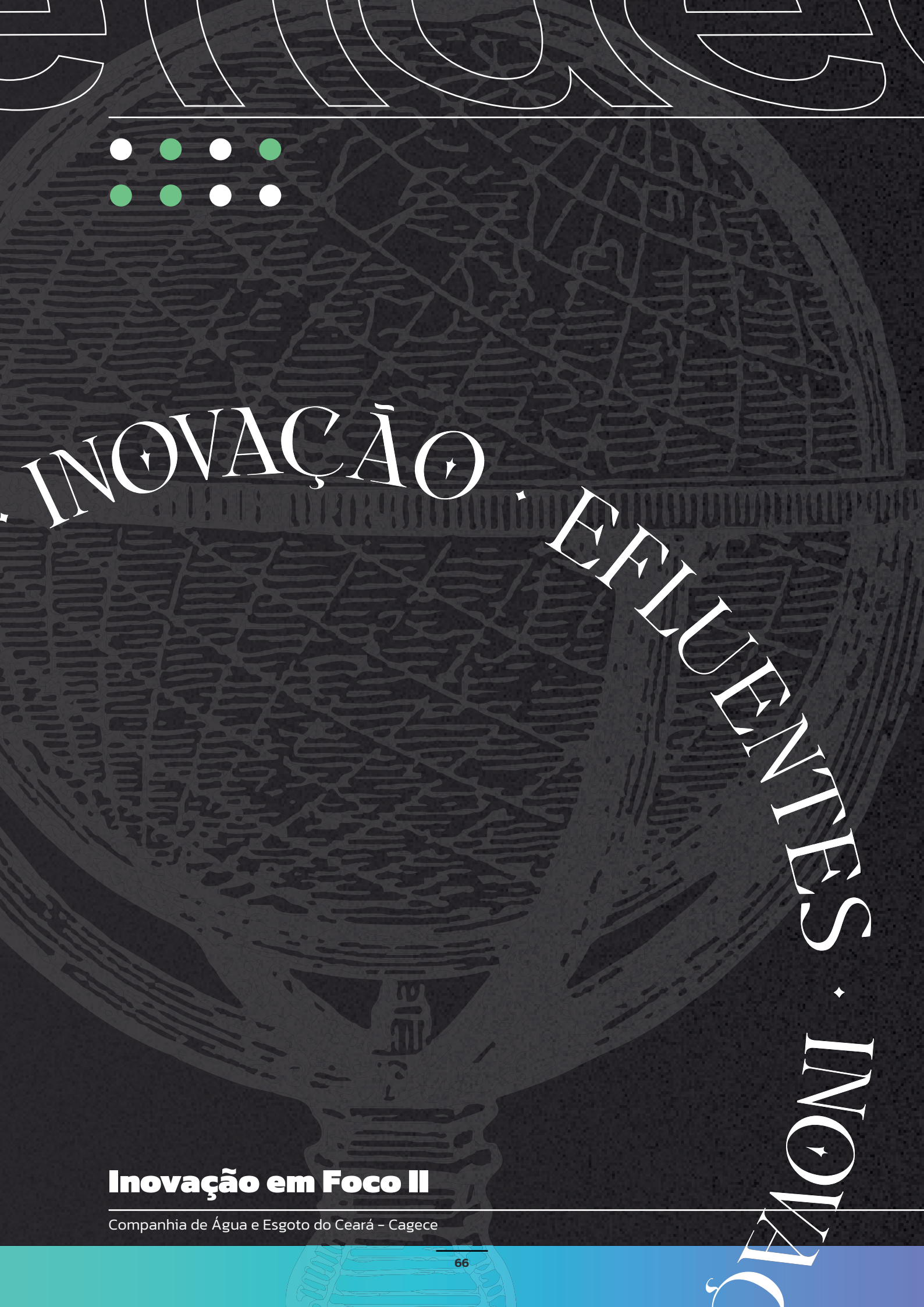
Torna-se fundamental a implementação de medidas mitigadores pelos órgãos competentes, tais como: fiscalização dos mananciais, proteção das matas ciliares, afastamento das fontes poluidoras, aplicação de sanções pelos órgãos reguladores, uso de tecnologias avançadas de georreferenciamento e universalização do esgotamento sanitário, conforme preconiza o Marco Legal do Saneamento.

<sup>1</sup> Fonte: Dados da pesquisa elaborados pelo autor (2017).



## Referências Bibliográficas

1. APHA– Standard Methods for Examination of Water and Wastewater, 21th edition. American Public Health Association. Washington, D.C., 2017.
2. BRASIL, CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução n.357 de 17 de março de 2005. – Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.
3. Garcia ENA, Moreno DAAC, Fernandes ALV. A importância da preservação das águas superficiais e subterrâneas: um panorama sobre a escassez de água no Brasil. Fórum Amb Alta Paul. 2015;1(6): 235–49. doi: 10.17271/19800827.
4. Kuss CP, Castro FB. Avaliação da qualidade físico-química e microbiológica das águas do rio palmital em Colombo - PR. Cad Esc Saúde [Internet]. 2016 [citado 2019 jun. 5];1(15): 32–41. Disponível em: <http://portaldeperiodicos.unibrasil.com.br/index.php/cadernossaude/article/view/2452>.
5. Von Sperling, M. 2006. Noções da Qualidade da Água, Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos, 5ª ed. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Minas Gerais, p. 11-50.



INOVACÃO

EFICIENTES • INOVAÇÃO

## Inovação em Foco II

Companhia de Água e Esgoto do Ceará - Cagece

# efluentes

Sanitários e Industriais e  
subprodutos

## **Monitoramento De H<sub>2</sub>s E Ch<sub>4</sub> Em Sistemas De Tratamento De Esgoto Localizados Numa Cidade Do Interior Do Ceará**

*Cristiano Dantas Araújo; Rafael Santiago da Costa; João da Silva Cavalcante; Celiano Rocha da Silva; Claudiane Quaresma Pinto Bezerra*

## **Reaproveitamento Do Lodo De Esgoto Como Fertilizante Orgânico No Desenvolvimento Do Feijão-Caupi**

*Rafael Santiago da Costa; Marilena de Melo Braga; Claudiane Quaresma Pinto Bezerra; Cailiny Darley de Menezes Medeiros; Rosilene Oliveira Mesquita*



# MONITORAMENTO DE H<sub>2</sub>S E CH<sub>4</sub> EM SISTEMAS DE TRATAMENTO DE ESGOTO LOCALIZADOS NUMA CIDADE DO INTERIOR DO CEARÁ



Cristiano Dantas Araújo <sup>(1)</sup>; Rafael Santiago da Costa <sup>(2)</sup>; João da Silva Cavalcante <sup>(3)</sup>; Celiano Rocha da Silva <sup>(4)</sup>; Claudiane Quaresma Pinto Bezerra <sup>(5)</sup>

1. Doutorando em Engenharia Civil (Saneamento Ambiental) do Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental (DEHA) da Universidade Federal do Ceará – UFC. Mestre em Energia e Ambiente pela Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira – UNILAB. Engenheiro Ambiental e Sanitarista pelo Centro Universitário Farias Brito – FBUNI. Engenheiro II da Companhia de Água e Esgoto do Ceará.
2. Doutor e Mestre em Agronomia/Fitotecnia da Universidade Federal do Ceará (UFC). Engenheiro Agrônomo pela Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira – UNILAB. Engenheiro Agrônomo da Companhia de Água e Esgoto do Ceará.
3. Mestrando em Engenharia Civil (Recursos Hídricos) do Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental (DEHA) da Universidade Federal do Ceará – UFC. Engenheiro Ambiental pela Universidade Federal do Ceará – UFC. Engenheiro da Companhia de Água e Esgoto do Ceará.
4. Mestre em Climatologia pela Universidade Estadual do Ceará – UECE. Engenheiro de Produção pela Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA. Supervisor de Esgoto e Meio Ambiente da Companhia de Água e Esgoto do Ceará.
5. Mestra em Engenharia Civil (Saneamento Ambiental) do Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental (DEHA) da Universidade Federal do Ceará – UFC. Engenheira Civil pela Universidade Federal do Ceará – UFC. Coordenadora de Projetos da Companhia de Água e Esgoto do Ceará.

## Resumo

O monitoramento de compostos de sulfeto de hidrogênio (H<sub>2</sub>S) e metano (CH<sub>4</sub>) em sistemas de tratamento de esgoto é crucial para garantir a segurança dos operadores e a eficácia dos processos, especialmente em áreas urbanas onde esses sistemas são essenciais para a saúde pública e preservação dos recursos hídricos. No interior do Ceará, onde os sistemas de tratamento de esgoto enfrentam desafios únicos, como condições climáticas extremas e infraestrutura limitada, o monitoramento contínuo desses gases torna-se ainda mais crítico para mitigar riscos à saúde pública e ao meio ambiente. Os resultados do monitoramento destacam a presença significativa de H<sub>2</sub>S em todos os pontos monitorados, com concentrações excedendo os limites regulatórios em Estações Elevatórias de Esgoto específicas. Isso ressalta a importância de medidas efetivas de controle para reduzir a exposição dos trabalhadores a esse gás tóxico e corrosivo. Além disso, embora o CH<sub>4</sub> tenha sido detectado em todos os pontos monitorados em concentrações insignificantes, o monitoramento contínuo é crucial para prevenir potenciais riscos à saúde e ao meio ambiente. O controle efetivo desses gases requer uma abordagem multidisciplinar e colaborativa envolvendo engenheiros sanitaristas, profissionais de saúde ocupacional, reguladores e trabalhadores para desenvolver e implementar estratégias que garantam a segurança do trabalhador e o cumprimento das normas regulatórias.

**Palavras-chave:** Sulfeto de hidrogênio, metano, monitoramento atmosférico

Este texto é um resumo do artigo 'Monitoramento de H<sub>2</sub>S e CH<sub>4</sub> em Sistemas de Tratamento de Esgoto Localizados Numa Cidade do Interior do Ceará' de Araújo, C. D. et al, que será apresentado no XXXIX Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental em Lima - Peru em 2024

## Metodologia

Foi levantado junto a companhia de saneamento do estado que opera alguns sistemas em todo o estado do Ceará e escolhido um sistema de tratamento de esgoto que fosse mais próximo da capital para facilitar as medições em campo. Com o sistema definido, foi solicitado um croqui dele para que se pudesse conhecê-lo. Tal sistema que tem como tecnologia de tratamento lagoas de estabilização e consiste em três lagoas em paralelo, sendo uma facultativa, seguida de duas de maturação e para o bombeamento do esgoto, o sistema possui 06 (seis) estações elevatórias de esgoto (EEE), com uma vazão de aproximadamente 16 L/s. Os pontos de monitoramento estão demonstrados na figura 01 abaixo:



Fig. 1 - Pontos de monitoramento

De posse da localização das Estações Elevatórias de Esgoto foi realizado um monitoramento de gases gerados, durante todo o ano de 2023, trimestralmente e com duração mínima de 4 horas em cada ponto monitorado e intervalo entre medições de 30 minutos. O objetivo deste trabalho é identificar e quantificar a presença do H<sub>2</sub>S e CH<sub>4</sub>, gás sulfídrico e metano, respectivamente, verificando a adequação deste sistema a NR-15, para tanto foi utilizado o aparelho da Dräger, modelo X-AM 5600.

## Resultados e discussão

Com os dados organizados numa planilha no excel (figura 02) foi realizado um gráfico para melhor entendimento do comportamento dos gases nos pontos monitorados durante todo o ano de 2023.

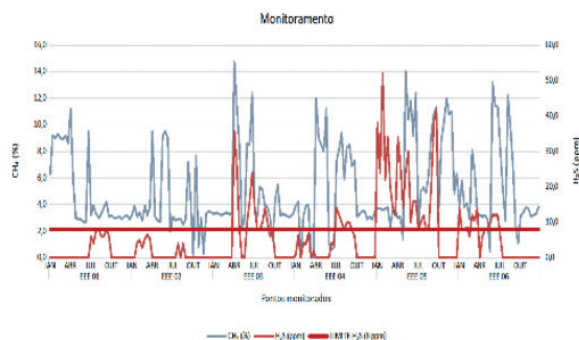


Fig. 2 - Comportamento dos gases

A detecção de gás sulfídrico (H<sub>2</sub>S) em todos os pontos monitorados nos sistemas de tratamento de esgoto destaca a ubiquidade desse composto ao longo do processo. No entanto, em algumas Estações Elevatórias de Esgoto (EEEs) específicas, como as de números 03, 04, 05 e 06, foram observadas concentrações acima dos limites estabelecidos pela Norma Regulamentadora NR-15. Conforme Ferreira et al., (2019), essa constatação ressalta a variabilidade das concentrações de H<sub>2</sub>S em diferentes pontos do sistema e a importância de medidas de controle para garantir a segurança dos trabalhadores e a conformidade com os padrões regulatórios.

Segundo Lobato (2011), é comum encontrar concentrações de H<sub>2</sub>S acima de 500 ppm em sistemas de tratamento de esgoto, dependendo do tipo de tratamento e da origem do esgoto. Esse dado destaca a complexidade da gestão do H<sub>2</sub>S em instalações de tratamento de esgoto e a necessidade de estratégias eficazes de monitoramento e controle para mitigar os riscos à saúde e ao meio ambiente associados a esse gás.

A presença de concentrações acima dos limites regulatórios de H<sub>2</sub>S em algumas EEEs levanta preocupações quanto à segurança dos trabalhadores e à integridade das estruturas do sistema. Conforme estabelecido pela NR-15, a exposição prolongada a concentrações elevadas de H<sub>2</sub>S pode causar danos à saúde, tornando essencial a implementação de medidas de controle adequadas (Almeida et al., 2018).

Por outro lado, os dados indicam que o metano (CH<sub>4</sub>) foi detectado em todos os pontos monitorados, porém em concentrações abaixo de 15%. Essa constatação sugere que, apesar da presença generalizada de CH<sub>4</sub> no sistema de tratamento de esgoto, as concentrações são insignificantes.

Em resumo, o monitoramento contínuo dos gases sulfídrico e metano em sistemas de tratamento de esgoto é fundamental para garantir a segurança dos trabalhadores e a conformidade com os padrões regulatórios. A compreensão da variabilidade das concentrações de H2S e a implementação de medidas de controle apropriadas são cruciais para minimizar os riscos associados a esses compostos tóxicos (Pereira et al., 2017).

## Conclusão

Após analisar os resultados encontrados no monitoramento dos gases sulfídrico (H2S) e metano (CH4) em sistemas de tratamento de esgoto, é possível concluir que a presença desses compostos é uma preocupação significativa para a saúde ocupacional dos trabalhadores e a integridade das instalações. Os dados revelaram que o H2S foi detectado em todos os pontos monitorados, com concentrações excedendo os limites regulatórios em algumas Estações Elevatórias de Esgoto (EEEs) específicas. Essas descobertas ressaltam a importância de implementar medidas de controle eficazes para reduzir a exposição dos trabalhadores a esse gás tóxico e corrosivo.

Além disso, a constatação de que o H2S foi encontrado em concentrações acima dos limites estabelecidos pela Norma Regulamentadora NR-15 reforça a necessidade de uma abordagem abrangente para garantir a conformidade com os padrões de segurança ocupacional. É essencial adotar estratégias de monitoramento contínuo, treinamento adequado dos trabalhadores e medidas de controle de engenharia para minimizar os riscos associados à exposição ao H2S em ambientes de tratamento de esgoto. No que diz respeito ao metano (CH4), os resultados indicaram sua presença em todos os pontos monitorados, porém em concentrações bem baixas sendo considerados insignificantes. Apesar disso, a detecção do CH4 destaca a importância de continuar monitorando e avaliando os níveis desse gás ao longo do tempo, a fim de garantir a eficácia das medidas de controle implementadas e prevenir potenciais riscos à saúde e ao meio ambiente.

É fundamental reconhecer que o controle eficaz dos gases em sistemas de tratamento de esgoto requer uma abordagem multidisciplinar, envolvendo en-

genheiros sanitários, profissionais de saúde ocupacional, reguladores e trabalhadores. A colaboração entre essas partes interessadas é essencial para desenvolver e implementar estratégias de monitoramento e controle que garantam a segurança dos trabalhadores e a conformidade com os padrões regulatórios.

Em suma, os resultados do monitoramento dos gases H2S e CH4 em sistemas de tratamento de esgoto destacam a importância de priorizar a segurança ocupacional e a saúde dos trabalhadores, bem como a necessidade contínua de avaliar e melhorar as práticas de controle de gases nessas instalações críticas para a saúde pública e o meio ambiente. Sendo assim, recomenda-se uma frequência maior de limpeza nas elevatórias, como também um menor tempo de detenção hidráulica nelas, para evitar a dispersão desse gás. O monitoramento de gases em estações elevatórias se torna uma importante ferramenta para se antecipar a possíveis problemas com a geração do mesmo e a responder questionamentos sobre a presença de gases que possam afetar a saúde humana em sistemas que fiquem em áreas residenciais.

## Referências Bibliográficas

1. ALMEIDA, José et al. Segurança e saúde ocupacional em ambientes com exposição a gases tóxicos: diretrizes práticas. São Paulo: Editora Segurança do Trabalho, 2018.
2. FERREIRA, João et al. Monitoramento de gases em estações de tratamento de esgoto: um estudo de caso. Revista Brasileira de Engenharia Ambiental, v. 16, n. 6, p. 367-375, 2019.
3. LOBATO, Carla. Gases em sistemas de tratamento de esgoto: desafios e soluções. 2ª ed. Rio de Janeiro: Editora Ambiental, 2011.
4. PEREIRA, Maria et al. Controle de gases em sistemas de tratamento de esgoto: uma revisão abrangente. Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 22, n. 4, p. 789-797, 2017.
5. SILVA, Ana et al. Avaliação da exposição ocupacional a gases em estações de tratamento de esgoto: estudo de caso no interior do Ceará. Revista Brasileira de Saúde Ocupacional, v. 45, n. 3, p. 215-223, 2020.

<sup>2</sup> Fonte: Elaborada pelos autores.

<sup>3</sup> Fonte: Elaborada pelos autores.



# REAPROVEITAMENTO DO LODO DE ESGOTO COMO FERTILIZANTE ORGÂNICO NO DESENVOLVIMENTO DO FEIJÃO-CAUPI



Rafael Santiago da Costa(1) ; Marilena de Melo Braga(2); Claudiane Quaresma Pinto Bezerra(3) ; Cailiny Darley de Menezes Medeiros(4); Rosilene Oliveira Mesquita(5)

1. Engenheiro Agrônomo pela Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira - UNILAB. Mestre e Doutor em Agronomia/Fitotecnia pela Universidade Federal do Ceará - UFC. Engenheiro da Companhia de Água e Esgoto do Ceará - Cagece(1).
2. Engenheira agrônoma pela UFC. Professora doutora do Instituto Federal do Maranhão - IFMA(2).
3. Engenheira Civil pela UFC. Mestra em Engenharia Civil (Saneamento Ambiental) pela UFC. Coordenadora de Projetos da Cagece(3)
4. Engenheira Civil pela UFC. Mestra em Engenharia Civil (Saneamento Ambiental) pela UFC. Gerente de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação da Cagece(4)
5. Engenheira agrônoma pela UFC. Professora doutora da UFC(5).

## Resumo

O lodo de esgoto apresenta quantidades significativas de nutrientes, porém, pode conter metais pesados, sendo necessário ser estabilizado para ser utilizado na agricultura. A compostagem e a pirólise são processos que podem estabilizar o lodo e produzir fertilizantes orgânicos. O trabalho teve como objetivo avaliar diferentes doses do composto orgânico e do biocarvão produzidos com lodo de esgoto na adubação do feijão-caupi. O experimento foi conduzido em casa de vegetação, utilizando o delineamento em blocos casualizados, em um arranjo fatorial  $2 \times 5 + 2$ , sendo dois adubos orgânicos, cinco doses e 2 tratamentos adicionais. Aos 35 dias após a semeadura (DAS) foram mensurados a altura e o diâmetro do caule, utilizando uma trena graduada em cm e um paquímetro digital, respectivamente, enquanto a área foliar foi obtida aos 70 DAS por meio de um medidor de área foliar. A altura e a área foliar do feijão-caupi foram incrementadas em função do aumento das doses do composto de lodo, alcançando os pontos máximos de 111,9 cm e 1489,5 cm<sup>2</sup>, respectivamente, enquanto a aplicação de doses crescentes do biocarvão provocou efeito contrário, inibindo o desenvolvimento da cultura. A adubação com composto de lodo promoveu os melhores resultados de diâmetro do caule, em relação ao biocarvão. Recomenda-se a adubação do feijão-caupi com composto de lodo na dose de 500 g vaso<sup>-1</sup>.

**Palavras-chave:** Biochar, Compostagem, Reúso agrícola.

Este texto é um resumo do artigo 'Reaproveitamento do Lodo de Esgoto Como Fertilizante Orgânico no Desenvolvimento do Feijão-Caupi' de Costa, R. S. et al, publicado em 2023, disponibilizado no XIV Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental Natal/RN - Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais - IBEAS

## Metodologia

O experimento foi conduzido em casa de vegetação coberta com plástico de 200 micras UV do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal do Ceará (UFC), Fortaleza - CE. Foram utilizadas sementes de feijão-caupi, acesso CE-767, semeadas em vasos plásticos contendo 13 kg de solo arenoso, permanecendo uma planta vaso<sup>-1</sup>.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, em um arranjo fatorial 2 x 5 + 2, sendo dois adubos orgânicos (composto e biochar de lodo de esgoto), cinco doses (100, 200, 300, 400 e 500 g vaso<sup>-1</sup>), correspondendo a 20, 40, 60, 80 e 100 t ha<sup>-1</sup>, 2 tratamentos adicionais (sem adubação e com adubação química) e 5 repetições, totalizando 60 unidades experimentais. A adubação química utilizada no tratamento adicional foi aplicada, segundo Faquin et al. (2008).

Em relação ao composto, o mesmo foi obtido através do lodo de esgoto misturado com esterco de galinhas poedeiras, na proporção de 70 e 30% + gesso, dispostos sob camadas em leiras com 7 m de comprimento, 1 m de largura e 1 m de altura, através de um processo aeróbico. Após um período de três meses, os compostos foram peneirados, colocados para secar por 48 horas em estufa com circulação de ar forçado a 45° C; posteriormente, foram pesados de acordo com os tratamentos: 100 g (20 t ha<sup>-1</sup>), 200 g (40 t ha<sup>-1</sup>), 300 g (60 t ha<sup>-1</sup>), 400 g (80 t ha<sup>-1</sup>) e 500 g (100 t ha<sup>-1</sup>) e misturados ao solo (13 kg vaso<sup>-1</sup>) + 1,25 g de calcário por vaso com auxílio de uma betoneira, por um período de 10 minutos.

Ressalta-se que a compostagem consiste em uma técnica de reaproveitamento e estabilização dos resíduos (sejam eles de origem agrícola, industrial ou urbana), por meio de um processo aeróbico ou anaeróbico, desenvolvido por uma população diversificada de microrganismos (Beltrão Júnior et al., 2012).

A irrigação foi determinada pelo método gravimétrico, que consiste no uso da fórmula proposta por Klar et al. (1966), mantendo a cultura a 80% da capacidade de retenção de água (CRA), sendo obtida pela diferença entre: peso do solo na capacidade de campo - peso do solo seco naturalmente.

O biochar de lodo de esgoto foi obtido através do processo de pirólise conduzido em forno caseiro com uma taxa de aquecimento de 10 °C min<sup>-1</sup>, a uma temperatura final de carbonização entre 400 e 500

°C e ausência de oxigênio. Em seguida, o biochar foi peneirado e pesado de acordo com os tratamentos: 100 g (20 t ha<sup>-1</sup>), 200 g (40 t ha<sup>-1</sup>), 300 g (60 t ha<sup>-1</sup>), 400 g (80 t ha<sup>-1</sup>) e 500 g (100 t ha<sup>-1</sup>) e misturados ao solo (13 kg vaso<sup>-1</sup>) + 1,25 g de calcário por vaso com auxílio de uma betoneira, por um período de 10 minutos.

A matéria prima biossólido utilizada no experimento, tanto para a produção do composto orgânico quanto para o biochar, foi proveniente de uma das estações de tratamento de esgoto da cidade de Fortaleza-CE, fornecido na forma seca pela Companhia de Água e Esgoto do Ceará (Cagece).

Após a mistura do composto de lodo e do biochar de lodo, nas doses citadas, ao solo, coletou-se amostras compostas para análise química e os resultados podem ser observados na Tabela 1.

Trat	Dose	MO	P	Zn	Mn	Fe	Cu	K	Mg	Ca	Na	H+Al	PH	SB	CTC	V	CE
	g/vaso <sup>1</sup>	g/kg	mg/kg					mmolc/kg					-	mmolc/kg	%	mS/cm	
S + L	100	5,7	64	15,9	5,4	27	4,65	0,6	4	19,1	0,6	6,1	6,3	24,3	30,4	80	2,21
	200	6,4	151	27	7,4	42	9,25	0,7	4,2	29,1	0,9	5,3	6,3	35	40,3	83	2,69
	300	6,6	193	38,8	9,5	46	12,7	1	4,9	35	1,7	8,7	6,2	42,6	51,4	86	3,06
	400	7,5	243	50,8	12	59	17,5	1,2	4,8	36,9	2	6,4	6,3	44,9	51,6	87	3,14
	500	10,3	303	59,8	15,5	70	21,7	1,5	6	47,6	2,5	9,1	6,4	56,5	65,6	87	3,5
S + B	100	6	57	21,6	4,5	49	3,95	0,6	5,6	12,3	1,4	0	7	19,8	19,8	100	2,61
	200	6,5	104	41	8	88	8,05	0,7	7,8	18,2	1,8	5	6,9	28,5	33,4	85	3,26
	300	9,5	160	58	11,3	129	12,55	0,9	10,2	24,5	2,1	5,6	6,8	37,6	43,3	87	4,13
	400	10,7	208	71,1	14,4	154	15,25	1	11,6	30	2,3	3,3	6,8	45	48,3	93	4,56
	500	10,9	245	77,5	15,6	157	16,5	1,1	12,1	30,7	2,4	4,8	6,9	44,4	49,2	95	4,69
Q	-	6,5	154	1,9	6,5	21	0,85	1,9	5,6	13,4	0,4	15	5,5	21,4	36,4	59	3,31
SA	-	4,4	5	0,5	2,6	5	1	0,3	3,3	6,4	0	9,8	6,4	9,9	19,8	50	1,12

Trat: S + L (solo + composto de lodo de esgoto), S + B (solo + biocarbão de lodo), Q (químico) e SA (sem adubação).

Ressalta-se que a utilização do lodo na agricultura deve seguir a Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) n° 375/2006.

Aos 35 dias após a semeadura (DAS) foram mensurados a altura da planta (ALT), utilizando uma trena graduada em cm e medindo-se a partir do colo até a última inserção foliar, e o diâmetro do caule (DC) medido a 3 cm do colo da planta por meio de um paquímetro digital. A partir dos dados de altura e diâmetro do caule, calculou-se a razão ALT/DC. Além

<sup>1</sup> Fonte: Elaborada pelos autores.



disso, aos 70 DAS (final do experimento), foi realizada a coleta dos órgãos vegetativos, para obtenção da área foliar (AF), determinada por meio de um medidor de superfície (LI – 3100, Área Meter, Li-Cor., Inc., Lincoln, 87 Nebraska, USA).

Após a obtenção dos dados, realizou-se o teste F e o de Tukey (5%). Para as análises estatísticas utilizou-se o programa computacional Assistat 7.6 Beta.

## Resultados e discussão

Observou-se que as variáveis altura de plantas (ALT), razão altura/diâmetro do caule (ALT/DC) e área foliar (AF) não foram influenciadas pelos fatores isolados Fontes e Doses, mas a interação entre os fatores resultou em respostas significativas para ambas as variáveis (Tabela 2). No que refere-se a variável DC aconteceu o oposto, em que apenas o fator isolado Fontes foi significativo ao nível de 1% de probabilidade, enquanto a interação entre os fatores não mostrou-se significativa (Tabela 2).

		Quadrado Médio			
FV	GL	ALT	DC	ALT/DC	AF
Fontes (F)	1	925,36 ns	7,26**	0,24 ns	274500,49 ns
Doses (D)	4	967,05 ns	2,79ns	23,54 ns	29907,26 ns
Int. F x D	3	3907,60*	0,48 ns	62,13**	455193,08**
Fat. x Adic.	1	1438,83 ns	0,04**	48,36 ns	415203,34*
Adic. x Test.	1	20638,85**	116,01**	66,28*	3063998,89**
Resíduo	44	48770,73	0,44	15,00	89788,41
Total	59	-	-	-	-
Média Geral		78,88	8,73	9,00	1067,66
CV (%)		22,21	7,64	23,04	28,07

\*, \*\* = Significativo a 5% e a 1% pelo teste F, respectivamente e ns = não significativo.

Tabela 2 – Análise de variância para altura de plantas (ALT), diâmetro do caule (DC), razão ALT/DC e área foliar (AF) em plantas de feijão-de-corda cultivadas sob diferentes fontes e doses de adubos orgânicos.

Para altura de plantas foi verificado que o aumento de doses do composto orgânico de lodo promoveu incremento linear significativo, alcançando um valor de 111,9 cm na dose máxima (500 g vaso<sup>-1</sup>), enquanto na dose mínima as plantas apresentaram o valor de 74,83 cm (Figura 1A). Já a aplicação do biochar provocou efeito contrário, em que o aumento das doses causou redução na altura das plantas e ao

comparar a dose máxima com a mínima, verificou-se uma redução de 71,1% (Figura 1A). Em relação ao diâmetro do caule, observou-se que as plantas de feijão-caupi apresentaram maior diâmetro do caule quando foram adubadas com o composto de lodo, em relação ao biochar de lodo com uma diferença de 8,3%, no entanto, a adubação química apresentou a maior média absoluta para esta variável (Figura 1B).

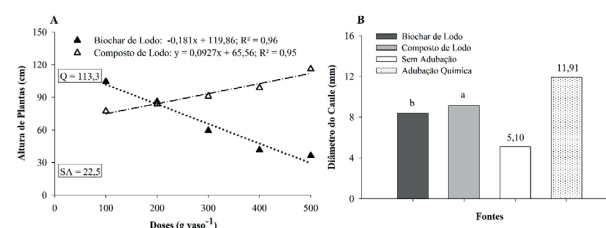
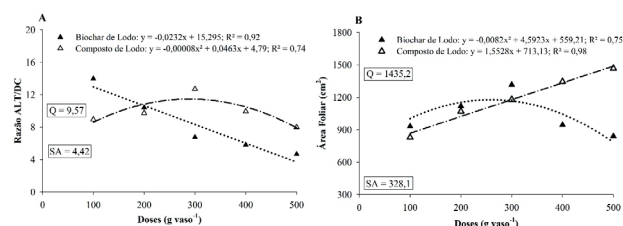


Fig. 1 – Altura (A) e diâmetro do caule (B) do feijão-caupi adubado com diferentes fontes e doses. Fonte: Autores do Trabalho

A altura e o diâmetro do caule do feijão-caupi são variáveis que são diretamente influenciadas pelo fornecimento de nutrientes (MALTA et al., 2017), pois são cruciais para o devido desenvolvimento e funcionamento fisiológico da cultura, uma vez que os nutrientes participam de processos de divisão celular, fotossíntese, produção de carboidratos e outros (TAIZ et al., 2017). Nesse sentido, podemos associar os melhores resultados obtidos com composto orgânico de lodo às características químicas do mesmo, que ao ser aplicado ao solo, proporcionou quantidade de nutrientes adequadas à cultura, em função do aumento das doses, favorecendo o desenvolvimento em altura e diâmetro do caule (Figura 1).

Para a razão ALT/DC foi verificado redução linear para esta variável, quando as plantas foram adubadas com biochar de lodo de esgoto, encontrando uma diferença de 71,5% entre a menor dose (100 g vaso<sup>-1</sup>) e a maior (500 g vaso<sup>-1</sup>), porém, ao verificar a resposta da adubação com composto orgânico de lodo nas plantas de feijão, observou-se uma resposta quadrática, encontrando o ponto máximo de 11,49 na dose de 289,4 g vaso<sup>-1</sup> (Figura 2A). No que diz respeito à área foliar, as doses de composto de lodo incrementaram linearmente esta variável e ao comparar a menor com a maior dose, verifica-se uma superioridade de 41,5% (Figura 2B), enquanto a aplicação do biochar resultou em uma resposta quadrática, encontrando um ponto máximo de 1202,2 com a dose estimada de 280 g vaso<sup>-1</sup> (Figura 2B).



**Fig. 2 – Razão Altura/Diâmetro do caule (A) e área foliar (B) do feijão-caupi adubado com diferentes fontes e doses.**

Foi observado que a aplicação do biochar de lodo de esgoto e o aumento de suas doses no solo provocou reduções da altura, da razão ALT/DC e da área foliar do feijão-caupi, possivelmente, por causa da toxidez causada pelo excesso dos micronutrientes Zn, Fe e Cu contidos no biochar de lodo (Tabela 1), de forma a indicar que o processo de compostagem é mais eficiente na redução desses nutrientes em relação a pirólise.

O Cu, Fe e Zn são micronutrientes que fazem parte de diversos compostos orgânicos e atuam em vários processos biológicos do organismo vegetal. No entanto, o excesso desses elementos no solo e, conseqüentemente, nos tecidos vegetais pode provocar sintomas de toxidez, como inibição da absorção de nutrientes, alteração em processos fisiológicos e bioquímicos, e danos na estrutura do sistema radicular, prejudicando o crescimento e o desenvolvimento das plantas (MELO et al., 2016). Dessa forma, as quantidades superiores desses nutrientes nos tratamentos com biocarvão em relação ao composto orgânico causou um efeito deletério, provocando redução no crescimento da cultura.

Ressalta-se ainda que a aplicação do composto orgânico de lodo promoveu incrementos significativos na AF do feijão-caupi (Figura 2B), indicando que a adubação com esse adubo é uma alternativa viável, tendo em vista que a área foliar é uma das variáveis que estão diretamente relacionadas com as trocas gasosas e a produtividade da cultura.

## Conclusão

O composto orgânico de lodo de esgoto na dose 500 g vaso<sup>-1</sup> auxilia no desenvolvimento do feijão-caupi, incrementando a altura, o diâmetro do caule e a área foliar.

O incremento das doses testadas de biochar inibe o desenvolvimento da cultura, sendo necessário estudos com doses inferiores a 100 g vaso<sup>-1</sup>.

O lodo de esgoto é uma matéria prima viável para produção de fertilizantes orgânicos, especialmente obtido através do processo de compostagem.

## Referências Bibliográficas

- BELTRÃO JÚNIOR, J.A., CRUZ, J.S., SOUSA, E.C., SILVA, L.A. Rendimento do feijão-caupi adubado com diferentes doses de biofertilizante orgânico produzido através da biodegradação acelerada de resíduos do coqueiro no município de traíri-ce. Irriga, edição especial, p. 423-437, 2012.
- Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução Conama n° 375, de 29 de agosto de 2006. Critérios e procedimentos para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados.
- KLAR, A.E., NOVA, N.A.V., MARCOS, Z.Z., CERVELLINI, A. Determinação da umidade do solo pelo método das pesagens. Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". Piracicaba, 23:16-30 p., 1966.
- MALTA, A.O., ATAIDE, E.B., ALMEIDA, D.J., OLIVEIRA, V.E.A., SANTOS, A.S. Crescimento de feijoeiro sob influência de carvão vegetal e esterco bovino. Revista Sítio Novo, v. 1, n. 1, p. 190-202, 2017.
- MELO, G.W.B., ZALAMENA, J., BRUNETTO, J.Z.G., CERETTA, C.A. Calagem, adubação e contaminação em solos cultivados com videiras. Embrapa Uva e Vinho. Cap. 6, p. 91-110, 2016.
- TAIZ, L., ZEIGER, E., MOLLER, I.M., MURPHY, A. Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal. 6 ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 858 p.



INOVAÇÃO  
EM  
FOCO



# INOVACÃO

# ENERGIA INOVAÇÃO

## Inovação em Foco II

Companhia de Água e Esgoto do Ceará - Cagece

# Energia

## Eficiência Energética e Controle de Perdas

### **A Redução Da Emissão Dos Gases Do Efeito Estufa Decorrente Da Eficientização Energética De Uma Estação De Bombeamento De Água**

*Francisco Helder Andrade; Joaquim José de Lima Júnior; Jerciano Leitão de Sena; Luciano Mucci Maia Kfuri; Tancredo Wilson Alves de Souza Júnior*

### **Utilizando Aprendizado De Máquina Para Otimização Na Detecção De Hidrômetros Com Mal Funcionamento**

*Mirko Antônio Nunes de Moraes; Rilder S. Pires; Vasco Furtado*

### **Estudo Sobre Os Impactos De Correntes Da Atualização Cadastral Das Unidades Consumidoras De Energia Elétrica Da Cagece**

*Everton Gadelha de Oliveira; Gabriel Mendes Brito; João Luiz de Castro Pereira*

### **Avaliação multimodelo IET para caracterização da eutrofização em reservatório do semiárido: Estudo de caso do reservatório Araras**

*Raimundo Nonato Sousa Raulino; Marcus Vinícius Freire Andrade*



# A REDUÇÃO DA EMISSÃO DOS GASES DO EFEITO ESTUFA DECORRENTE DA EFICIENTIZAÇÃO ENERGÉTICA DE UMA ESTAÇÃO DE BOMBEAMENTO DE ÁGUA



Francisco Helder Andrade <sup>(1)</sup>; Joaquim José de Lima Júnior <sup>(2)</sup>; Jerciano Leitão de Sena <sup>(3)</sup>; Luciano Mucci Maia Kfuri <sup>(4)</sup>; Tancredo Wilson Alves de Souza Júnior. <sup>(5)</sup>

1. Tecnólogo em Eletromecânica (Instituto Centro de Ensino Tecnológico – Ce). Especialista em Saneamento Básico (Universidade de Fortaleza). Mestrando em Climatologia (Universidade Estadual do Ceará). Coordenador de Operação Industrial da Unidade de Negócio da Bacia do Baixo e Médio Jaguaribe – Cagece.
2. Engenheiro Eletricista (UFC), Especialista em Engenharia de segurança do trabalho (Universidade Cândido Mendes), Mestrando em Climatologia (Universidade Estadual do Ceará). Engenheiro de Operação, Manutenção e Controle da Cagece.
3. Tecnólogo em Eletromecânica (Instituto Centro de Ensino Tecnológico – Ce). Especialista em Hidrometria (Faculdade de Tecnologia Centec), Especialista em Energias Renováveis. (Instituto Centro de Ensino Tecnológico – Ce). Supervisor de Eletromecânica da Unidade de Negócio da Bacia do Baixo e Médio Jaguaribe – Cagece.
4. Tecnólogo em Eletromecânica (Instituto Centro de Ensino Tecnológico – Ce). Especialista em Engenharia de Produção (Instituto Centro de Ensino Tecnológico – Ce). Técnico de Manutenção, Operação e Controle da Unidade de Negócio da Bacia do Baixo e Médio Jaguaribe – Cagece.
5. Bacharel em Ciências Econômicas (Universidade de Fortaleza), Bacharel em Direito (Universidade Federal do Ceará – UFC). Gerente da Unidade de Negócio da Bacia do Baixo e Médio Jaguaribe – Cagece.

## Resumo

Reduzir a emissão de gases de efeito estufa nos processos de geração e consumo de energia é um dos maiores desafios do mundo contemporâneo, pois conforme o último relatório que sintetiza o conhecimento sobre as bases físicas das ciências relacionadas ao clima, deixa claro que as ações antrópicas já estão afetando muitos extremos climáticos e meteorológicos em todo o planeta. A redução do ritmo do aquecimento global passa necessariamente pelo uso responsável e eficiente da energia, sendo assim as ações de eficiência energética são tão importantes quanto a expansão das energias renováveis. O setor de Saneamento básico, responsável pelo consumo de quase 3% de toda energia elétrica no planeta, também pode contribuir com as citadas ações de mitigação. A energia cujo consumo é evitado, oriunda das ações de eficiência energética, quando relacionada com os impactos gerados pela matriz elétrica brasileira para geração de energia (tCO<sub>2</sub>/GWh), nos permite estimar o quanto de emissões de gases do efeito estufa deixaram de ser emitidos. No caso estudado, a estação de bombeamento conseguiu evitar o consumo de aproximadamente 16.583 kWh/mês que resultará na redução de 17 toneladas de CO<sub>2</sub> por ano.

**Palavras-chave:** Eficiência energética, Saneamento, Efeito estufa.

Este texto é um resumo do artigo 'A Redução da Emissão dos Gases do Efeito Estufa Decorrente da Eficiência Energética de uma Estação de Bombeamento de Água' de Andrade, F. H. et al, publicado em 2024, disponibilizado no 35º Congresso Nacional de Saneamento e Meio Ambiente – Encontro Técnico AESABESP

## Metodologia

A fim de avaliar a eficiência energética da estação elevatória responsável por recalcar água da estação de tratamento de água (ETA) até o reservatório de distribuição que abastece a sede e mais alguns distritos da cidade de Jaguaribara – Ce foi elaborado um relatório de eficiência energética com base no histórico de consumo de energia da unidade consumidora, registrados no sistema de gestão de energia da Cagece e no volume recalcado por esta estação elevatória entre 02/2022 e 02/2023, comparando os dados de consumo de energia registrados com o consumo energético estimado do novo conjunto motobomba.

MÉDIA CONSUMO MENSAL 02/2022 A 02/2023	Atual	Previsto	Diferença
Consumo FP kwh/mês	33.164,74	23248,20	9.916,54
Consumo NP kwh/mês	3.659,57	3195,00	464,57
Demanda contratada kw	70,00	63,00	7,00
Demanda registrada kw	74,44	63,00	11,44
Demanda faturada kwh/mês	76,01	63,00	13,01
Consumo Total kwh/mês	36.824,31	26.443,2	10,381

Tabela 1 – Dados técnicos que justificaram a aquisição dos equipamentos

A citada estação elevatória era composta por 3 conjuntos motobombas de 40cv de potência (Figura 1), operando na condição de dois equipamentos ativos e um reserva, diante da análise foi verificado que para atendimento da demanda do sistema, bastaria um conjunto motobomba de 50cv (Figura 2) e mais um equipamento reserva para garantir a continuidade do abastecimento.



Figura 1 – Placas conjuntos motobombas antigos

Com os dados dos novos equipamentos foi possível apontar em kWh o consumo de energia evitado e seus impactos na redução da emissão dos gases do efeito estufa (GEE), que serão calculados levando em consideração dados disponibilizados pelo Sistema de Registro Nacional de Emissões (SIRENE), órgão vinculado ao Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), responsável pelo apontamento e transparência dos dados de emissões de gases de efeito estufa (GEE) do Brasil.

Para definição do fator médio de emissão de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) associada à geração de energia elétrica no Brasil foi considerado o período de 10 anos, sendo considerado o valor médio para este período, ver tabela 2.

Fator médio anual de geração de gases do efeito estufa, associados à geração de energia elétrica no Brasil	
Ano	TCO <sub>2</sub> /MWh
2014	0,1355
2015	0,1244
2016	0,0817
2017	0,0927
2018	0,0740
2019	0,0750
2020	0,0617
2021	0,1264
2022	0,0426
2023	0,0385
<b>Média últimos 10 anos</b>	<b>0,0853</b>

Tabela 2 – Cálculo do fator médio de emissões de CO<sub>2</sub>

## Resultados Obtidos

A Tabela 3 resume os dados operacionais da estação elevatória antes da substituição, no mês de transição e no período após a substituição dos equipamentos.

Histórico de consumo Estação Elevatória			
Ano Mês Operação	Consumo (kWh)	Volume m³	Rendimento do Conjunto (n)
2022/02	32.437	56.125	29,2%
2022/03	32.562	54.181	28,1%
2022/04	32.220	56.768	29,7%
2022/05	30.771	54.531	29,9%
2022/06	31.410	54.573	29,3%
2022/07	34.118	53.880	26,7%
2022/08	37.158	58.199	26,4%
2022/09	39.692	62.011	26,4%
2022/10	38.771	69.472	30,2%
2022/11	41.728	70.237	28,4%
2022/12	38.861	63.615	27,6%
2023/01	40.328	65.976	27,6%
2023/02	40.147	65.728	27,6%
2024/02	28.060	61710,02	37,1%
2024/03	19.915	58.331	49,4%
2024/04	18.477	57.162	52,2%
2024/05	20.137	61.070	51,2%

Tabela 3 – Dados operacionais da estação elevatória de água

Conforme pode ser observado, além dos dados de consumo e volumes, foi acrescentada uma coluna onde o rendimento da estação elevatória é calculado em função do consumo, volume recalado e a altura manométrica de 62mca. Ver fórmula 1.

$$\eta = \frac{9.8 \cdot V \cdot H}{C \times 3600}$$

fórmula (1)

Onde:

$\eta$  = Rendimento global do conjunto motobomba, em decimais.

C = Consumo em kWh.

V = Volume em m³.

H = Altura manométrica do bombeamento, em metros de coluna de água.

Para efeito dos cálculos da Figura 6, foram considerados apenas os consumos referente ao bombeamento da estação elevatória de água tratada, sendo descontados os valores de consumo das demais cargas (bombas dosadoras, bombas de lavagem de

filtros e iluminação).

## Referências Bibliográficas

Os dados apresentados na Figura 5 demonstram que os conjuntos motobombas antigos operavam com baixo rendimento energético, variando entre 26,4% e 30,2% e que após a substituição dos mesmos os rendimentos passaram a variar entre 49,4% e 52,2%.

Analisando os dados de consumo de energia da estação elevatória, obtivemos uma média do consumo no período de 2022/02 a 2023/02 que foram de aproximadamente 36.169 kWh. Observamos que a substituição dos equipamentos propiciou uma redução média mensal de 16.660kWh, em relação à média do período de 13 meses utilizados quando da realização da justificativa técnica para substituição dos equipamentos.

A tabela 4, traz a comparação do consumo registrado pelo novo equipamento com os mesmos períodos sazonais de 2022 e 2023. Em ambos os casos o consumo evitado permanece elevado.

Variação de consumo em kWh - Sazonal		
Ano Mês Operação	Consumo	Média de consumo (kWh)
2022/03	32.562	31.851
2022/04	32.220	
2022/05	30.771	
2023/03	36.329	36.093
2023/04	37.631	
2023/05	34.318	
2024/02	28.060	19.510
2024/03	19.915	
2024/04	18.477	
2024/05	20.137	
2024/05	20.137	
Redução em Kwh em relação em relação a 2022		-12.341
Redução em kWh em relação a 2023		-16.583

Tabela 4 – Comparação do consumo no mesmo período sazonal



Considerando a redução em kWh em relação a 2023 (mesmo período sazonal), usando o fator médio de emissão de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) associada à geração de energia elétrica no Brasil, explicitado na figura 4 (Cálculo do fator médio de emissões de CO<sub>2</sub>), podemos estimar o quanto dos gases do efeito estufa serão evitados por esta ação de eficiência energética pelo período de um ano. A tabela 5 detalha o cálculo em tCO<sub>2</sub>/MWh evitados

Redução mensal (kWh)	1 ano	Consumo (MWh)	Fator médio TCO <sub>2</sub> /MWh	Toneladas de CO <sub>2</sub> evitadas
16.583	12	199,0	0,0853	16,97

Tabela 5 – Cálculo das toneladas de CO<sub>2</sub> evitadas

## Conclusão

O estudo confirmou que a implementação de medidas de eficiência energética em estações de bombeamento de água podem gerar benefícios ambientais e econômicos substanciais. A redução de 17 toneladas de CO<sub>2</sub> em um ano, destaca a importância de políticas e investimentos contínuos nesta área, deixando explícito que as ações de eficiência energética são tão importantes quanto a ampliação das energias provenientes de fontes renováveis, trazendo consigo impactos diretos na redução dos gases do efeito estufa.

## Referências Bibliográficas

- ASCURRA, Rodrigo Esteves et al. Eficiência elétrica em iluminação pública utilizando tecnologia LED: um estudo de caso. 2013.
- Brasil, Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação do - <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/sirene>. Acesso em: 20 maio 2024.
- BRASIL, Ministério das Minas e Energia do. Plano Nacional eficiência energética (PNEf) Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/sn-tep/publicacoes/plano-nacional-de-eficiencia-energetica/documentos>. Acesso em: 01 Mai. 2024.
- EMPRESA, DE PESQUISA ENERGÉTICA. Plano nacional de energia 2030. Rio de Janeiro: EPE, v. 1, 2007.
- GOMES, Heber P. Sistemas de bombeamento. João Pessoa, Editora Universitária UFPB, 2009.
- IPCC AR6 WGII. "Summary for Policymakers", in H.-O. Pörtner et al. (eds.). Climate Change 2022: impacts, adaptation, and vulnerability. Working Group II Contribution of to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, 2022.
- IPCC AR6 WGIII. Jim Skea et al. Working Group III Contribution to the IPCC Sixth Assessment Report (AR6), 2022. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/chapter/summary-for-policymakers/>. Acesso em: 24 abr. 2024.
- IPCC, 2023: Summary for Policymakers. In: Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, pp. 1–34, doi: 10.59327/IPCC/AR6-9789291691647.001
- MME, 2022. Balanço Energético Nacional, ano-base 2021. Ministério de Minas e Energia, [www.mme.gov.br](http://www.mme.gov.br)
- NASCIMENTO, RODRIGO L. Política de eficiência energética no Brasil. Brasília: Consultoria Legislativa, 2015.
- ROCHA, Vinícius Machado. Um breve comentário a respeito do IPCC AR6. ENTREE-LUGAR, v. 12, n. 24, p. 396–403, 2021.



# UTILIZANDO APRENDIZADO DE MÁQUINA PARA OTIMIZAÇÃO NA DETECÇÃO DE HIDRÔMETROS COM MAL FUNCIONAMENTO

Mirko Antônio Nunes de Moraes<sup>(1)</sup>, Rilder S. Pires<sup>(2)</sup>, Vasco Furtado<sup>(3)</sup>

---

1. Programa de Pós-Graduação em Informática Aplicada da Universidade de Fortaleza. Gerente de Tecnologia da Informação e Comunicação da Companhia de Água e Esgoto do Estado do Ceará (Cagece).
2. Programa de Pós-Graduação em Informática Aplicada da Universidade de Fortaleza. Laboratório de Ciência de Dados e Inteligência Artificial da Universidade de Fortaleza.
3. Programa de Pós-Graduação em Informática Aplicada da Universidade de Fortaleza. Laboratório de Ciência de Dados e Inteligência Artificial da Universidade de Fortaleza.

## Resumo

Água é essencial para a vida e uma das maiores necessidades humanas. No entanto, garantir acesso à água potável envolve altos custos. Para entregar água eficientemente aos consumidores, as empresas de abastecimento precisam, entre outras coisas, cobrar seus clientes de forma justa. Para isso, é necessário substituir periodicamente hidrômetros com mal funcionamento. Porém, existem desafios na detecção da necessidade de substituição desses dispositivos. Neste contexto, este trabalho aborda o uso de técnicas de aprendizado de máquina para otimizar a identificação desses dispositivos com mal funcionamento. Para isso, foram utilizados dados cadastrais e histórico de consumo de hidrômetros, bem como dados de substituições passadas, para treinamento e avaliação de modelos clássicos de aprendizado de máquina. Entre os resultados obtidos, destaca-se o impacto do uso da variável "padrão de consumo" nas métricas F1-score e Acurácia dos modelos. De acordo com os testes realizados, o modelo AdaBoost com padrão de consumo de 12 meses apresentou os melhores resultados, com valores de F1-score e Acurácia de 0,5313 e 0,8170, respectivamente. Além disso, houve ganhos de 0,0111 e 0,0397 pontos em F1-score e Acurácia, respectivamente, em comparação ao modelo que não utiliza o "padrão de consumo". Além disso, foram feitas estimativas de ganho de eficiência (7,53% de ganho) em termos de volume por substituição e retorno financeiro se a abordagem proposta fosse incorporada à estratégia de substituição de hidrômetros de uma empresa.

**Palavras-chave:** Perdas de Água, Perdas Aparentes e Substituição de Hidrômetros.

## Metodologia

Este estudo baseou-se na análise de dados da Companhia de Água e Esgoto do Estado do Ceará (Cagece) e da Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal (Caesb) para investigar a detecção de fraudes e vazamentos no consumo de água por meio de algoritmos de aprendizado de máquina. Inicialmente, um conjunto de dados com 45.970 registros foi coletado, onde campos com baixa frequência de dados foram removidos, resultando em 11 variáveis relevantes. O campo alvo, "Troca", indica se o hidrômetro deve ser substituído.

Os dados foram divididos em conjuntos de treinamento e validação, sendo este último composto pelos últimos 12 meses. Para o treinamento dos modelos, foram aplicados 12 algoritmos de classificação, entre os quais o Gradiente Boosting se destacou com uma acurácia de 0,7962. A engenharia de features foi crucial, envolvendo discretizações em categorias e a criação da variável "Padrão de Consumo", obtida através de técnicas de normalização e agrupamento (DBSCAN) a partir do histórico de consumo.

Além disso, um segundo conjunto de dados, contendo registros de hidrômetros trocados, foi utilizado para validação adicional do modelo. Por fim, repetimos novamente os passos de normalização e aplicação da TSNE para o conjunto de dados de validação. Um esboço do procedimento realizado é mostrado na Figura 1.

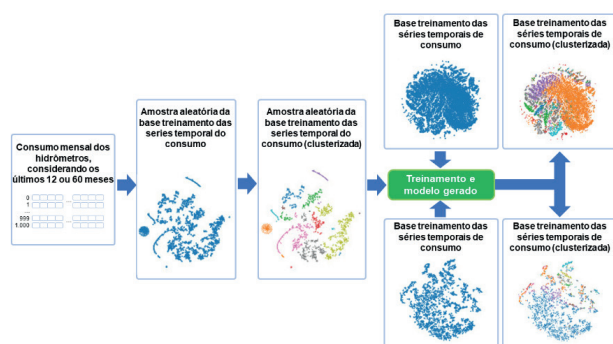


Fig. 1 - Etapas para a geração do padrão de consumo

O tratamento de dados e a aplicação de técnicas avançadas de aprendizado de máquina visam, portanto, abordar lacunas existentes na literatura sobre a substituição de hidrômetros e a predição de perdas, fornecendo uma contribuição significativa ao campo de estudo.

## Resultados e discussão

A partir dos conjuntos de dados apresentados anteriormente, treinamos modelos de aprendizado de máquina com o intuito de identificar hidrômetros que deveriam ser substituídos. Os modelos foram treinados utilizando 31.418 registros provenientes do primeiro conjunto de dados descrito na seção 3. As variáveis utilizadas no treinamento correspondem às 11 primeiras linhas mostradas na Tabela I. Para testar os modelos, utilizamos um conjunto de dados desbalanceado pela variável "Troca", contendo 2.608 registros que não deveriam ser substituídos e 747 registros que deveriam ser substituídos. Nesse ponto, uma variável importante que foi analisada foi a variável "PadraoConsumo".

Variável	Tipo	Descrição
Padrão	Catégorico	Classificação do padrão de imóvel
Fabricante	Catégorico	Empresa que que fabricou o hidômetro
Especificação	Catégorico	Especificação do hidrômetro
EconomiaRes	Numérico	Quantidade de economias residenciais
Economia-Com	Numérico	Quantidade de economias comerciais
EconomiaInd	Numérico	Quantidade de economias industriais
EconomiaPub	Numérico	Quantidade de economias públicas
TempoUso	Numérico	Quantidade de tempo em meses que o hidrômetro está instalado
Km	Numérico	Quantidade de metros cúbicos de água consumida
PadrãoConsumo	Numérico	Agrupamento dos clientes que possuem semelhança no consumo de água
Troca (alvo)	Numérico	Informa se o hidrômetro deverá ser substituído ou não

Tabela 1 - Variáveis que compõem a base de dados final

Essa variável procura absorver os diversos hábitos de consumo dos cliente. Essa variável foi estudada em dois intervalos de meses: os últimos 12 e os últimos 60 meses do histórico de consumo do cliente. Os resultados obtidos a partir desses intervalos estão mostrados na Tabela II. Na Tabela II, também mostramos o caso onde não utilizamos a feature "PadraoConsumo" de consumo como entrada para os modelos e um caso onde utilizamos ambos os padrões de consumo como feature. Conforme podemos ver nessa tabela, em todos os cenários métricas o modelo AdaBoost performa melhor. Com relação ao padrão de consumo, na maioria dos casos (mode-

los Random Forest, AdaBoost e Gradient Boosting ) o padrão de 12 meses foi o que apresentou melhores resultados. De forma geral o modelo AdaBoost com o padrão de consumo de 12 meses foi o caso que apresentou os melhores resultados. Esse caso apresentou valores de 0,5313 e 0,8170 de F1-score e Acurácia, respectivamente. Além de ganhos de 0,0111 e 0,0397 pontos de F1-score e Acurácia, respectivamente, quando comparamos o modelo que utiliza a feature "PadraoConsumo" de 12 meses com o modelo que não utiliza essa feature.

Algoritmos AM	Sem padrão de consumo		12 meses		60 meses		12 e 60 meses	
	F1-Score	Acurácia	F1-Score	Acurácia	F1-Score	Acurácia	F1-Score	Acurácia
Regressão logística	0,4965	0,7666	0,5229	0,8134	0,5240	0,8134	0,5240	0,8137
Árvore de decisão	0,4801	0,7586	0,4658	0,8092	0,4638	0,7586	0,4641	0,8086
Random forest	0,4867	0,7648	0,5077	0,8098	0,500	0,7648	0,5035	0,8113
Ada-Boost	0,5202	0,7773	0,5313	0,8170	0,5274	0,7773	0,5244	0,8140
Gradient Boosting	0,5081	0,7657	0,5165	0,8119	0,5065	0,8089	0,5054	0,8098

Tabela 2 - Comparação entre os modelos de aprendizado de máquina

Aqui, foram testados cinco modelos clássicos de aprendizado de máquina onde foi avaliado o ganho de performance devido a feature "PadraoConsumo". Para cada modelo, foi testado sem a utilização dessa feature, considerando os últimos 12 meses, os últimos 60 meses ou considerando ambos os padrões de consumo. Os detalhes sobre a obtenção da feature "PadraoConsumo" foram abordados na Seção 4. Os valores em negrito representam os melhores resultados para cada modelo, já os valores com "\*" correspondem aos melhores valores da métrica para cada padrão de consumo.

Conforme foi discutido na seção 1, muitas empresas substituem seus hidrômetros baseadas principalmente no tempo de vida dos mesmos. Desse modo, utilizamos o segundo conjunto de dados abordado na seção 3 (referente aos hidrômetros que foram trocados pela Cagece em Fortaleza em 2022) para testar como o modelo proposto poderia aumentar a eficiência na forma como uma empresa de abas-

tecimento de água substitui seus hidrômetros. Uma das formas de testar nossa abordagem, seria utilizar nosso modelo para indicar se um hidrometro selecionado pela empresa deveria ou não ser substituído. Para compreendermos melhor o impacto dessa modificação, resolvemos nomear a estratégia utilizada atualmente de "Algoritmo Cagece" que consiste na seleção dos hidrômetros mais velhos. A partir desses hidrômetros, aplicaríamos o melhor modelo encontrado na nossa pesquisa (i.e. AdaBoost com "PadraoConsumo" de 12 meses), o que nomeamos "Algoritmo Pesquisa". A partir disso identificaríamos os hidrômetros que de fato precisariam ser substituídos o que levaria a substituições mais eficientes e um maior ganho por troca de hidrômetro. Um esquema do modelo de substituição descrito é mostrado na Figura 2.

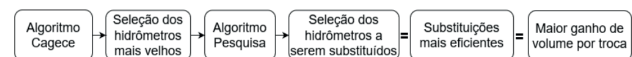


Fig 2 - Esquema de um novo modelo de substituição de hidrômetros

Nessa figura, mostramos uma forma de testar nossa abordagem. Essa forma consiste em utilizar nosso modelo para indicar se um hidrômetro selecionado pela empresa deveria ou não ser substituído.

O ganho de eficiência dessa nova abordagem pode ser estimado a partir do conjunto de dados dos hidrômetros substituídos pela Cagece durante o ano de 2022 em Fortaleza. A partir desse dado, verificamos que a Cagece trocou 89.687 hidrômetros com um ganho de 98.954 de m3/mês, enquanto caso fosse utilizado o "Algoritmo da pesquisa", este indicaria a troca de apenas 64.713 dos sugeridos pela Cagece, gerando um retorno de 76.776 m3/mês. Desse modo, o ganho de volume por troca, corresponde à: 1,10 m3/troca utilizando apenas o algoritmo da Cagece e 1,19 m3/troca utilizando o "Algoritmo da pesquisa". Com isso, a utilização da metodologia proposta nesse artigo geraria um ganho de eficiência de 7,53% em relação à abordagem utilizada atualmente. O parque de hidrômetros da Cagece é amplo e diverso com vários hidrômetros que se enquadram no perfil a ser selecionado pelo "Algoritmo Cagece". Considerando que o "Algoritmo da Pesquisa" gerasse uma seleção na mesma quantidade de hidrômetros trocados pela Cagece em 2022 em Fortaleza e realizando o produto com os respectivos ganhos dos algoritmos, teríamos um retorno financeiro anual superior ao do "Algoritmo Cagece" em R\$ 511.430,83, conforme mostra a Figura 3.

Fonte: Elaborada pelos autores.

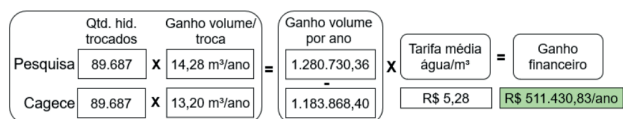


Fig.3 - Estimativa do retorno financeiro utilizando a metodologia proposta

Aqui, considerando que o “Algoritmo da Pesquisa” gerasse uma seleção na mesma quantidade de hidrômetros trocados pela Cagece em 2022 em Fortaleza.

## Conclusão

Nesse trabalho, avaliamos a utilização de modelos de aprendizado de máquina para identificação da necessidade de substituição de hidrômetros. Para isso, foram utilizados dados da Companhia de Symposium on Knowledge Discovery, Mining and Learning, KDMiLe 2024. Machine learning techniques applied to fault detection in water meters to reduce apparent losses · 7 Água e Esgoto do Estado do Ceará (Cagece) com informações cadastrais do imóvel e hidrômetro, histórico de consumo além dos dados das substituições realizadas pela Cagece na cidade de Fortaleza em 2022. Além de avaliar vários modelos clássicos, esse trabalho estudou como a utilização da variável “PadraoConsumo” impacta nas métricas de F1-score e Acurácia dos modelos. De acordo com os testes realizados, o modelo AdaBoost apresentou os melhores resultados. Além disso, para a maioria dos modelos a utilização do padrão de consumo de 12 meses foi o que apresentou melhores resultados. Dessa forma, o modelo AdaBoost com o padrão de consumo de 12 meses foi o caso que apresentou os melhores resultados com valores de 0,5313 e 0,8170 de F1-score e Acurácia, respectivamente. Além de ganhos de 0,0111 e 0,0397 pontos de F1-score e Acurácia, respectivamente, quando comparado com o modelo que não utiliza o padrão de consumo. O ganho de eficiência foi estimado a partir dos dados de 2022, onde verificamos que a utilização da abordagem proposta nesse artigo geraria um ganho de eficiência de 7,53%, com relação ao volume por troca, em relação à abordagem utilizada atualmente. Ao extrapolarmos o ganho de eficiência estimado, para uma seleção com a mesma quantidade de hidrômetros trocados pela Cagece em 2022, teríamos um retorno financeiro anual superior a abordagem atual em R\$ 511.430,83. Como perspectivas desse

trabalho, podemos destacar uma maior exploração dos padrões de consumo para a identificação de hidrômetros que foram trocados por algum defeito de fabricação (i.e. aqueles que foram trocados com menos de 12 meses). A criação de features para padrões de consumo com menos meses talvez fosse útil para a identificação desses casos. Além disso, podemos destacar a utilização de modelos de redes neurais e a incorporação de outras features provenientes de outras bases nos modelos de aprendizado de máquina estudados.

## Referências Bibliográficas

1. CAGECE. História - Portal Cagece. <https://www.cagece.com.br/quem-somos/historia/>, 2024.
2. Chaplin, M. Do we underestimate the importance of water in cell biology? *Nat Rev Mol Cell Biol* vol. 7, pp. 861–866, 2006.
3. Das Cidades, M. Diagnóstico temático de água e esgoto. [https://www.gov.br/cidades/pt-br/acao-a-informacao/acoes-e-programas/saneamento/snis/produtos-do-snis/diagnosticos/DIAGNOSTICO\\_TEMATICO\\_VISAO\\_GERAL\\_AE\\_SNIS\\_2023.pdf](https://www.gov.br/cidades/pt-br/acao-a-informacao/acoes-e-programas/saneamento/snis/produtos-do-snis/diagnosticos/DIAGNOSTICO_TEMATICO_VISAO_GERAL_AE_SNIS_2023.pdf), 2023.
4. De Souza, M. N. Water Fraud Analytics - Um Modelo de Machine Learning para Detecção de Fraudes em Consumo de Água. Ph.D. thesis, Instituto federal de educação, ciência e tecnologia da Bahia, BRASIL, 2021.
5. Faria, L. T. d. Sistema inteligente híbrido intercomunicativo para detecção de perdas comerciais. Ph.D. thesis, Universidade Estadual Paulista (Unesp), Brasil, 2012.
6. Gouveia, C. G. N. Técnicas de aprendizado de máquina aplicadas à predição de vazamentos em ramais de redes de distribuição de água. Ph.D. thesis, Universidade de Brasília, BRASIL, 2022.
7. Nacional, C. Projeto de lei do congresso nacional no 32 de 2022. <https://www.congressonacional.leg.br/materias/materias-orcamentarias/ploa-2023>, 2023.
8. OFWAT. Water meters - your questions answered. [https://www.ofwat.gov.uk/wp-content/uploads/2015/11/prs\\_lft\\_101117meters.pdf](https://www.ofwat.gov.uk/wp-content/uploads/2015/11/prs_lft_101117meters.pdf), 2013.
9. ONU. Objetivos de Desenvolvimento Sustentável no Brasil. <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>, 2024.
10. Pereira, R. A., de Lourdes da Silva, M., Brito, V. F., da Silveira, V. B., and Hanisch, W. S. Aplicação de análise multicritério para priorização de troca de hidrômetros no município de são caetano do sul-sp, com ênfase na redução de perdas e na recuperação de receita. Encontro Técnico, 2016.
11. Souza, A. C. A. d. Classificação de leituras de hidrômetros para predição de vazamentos residenciais de água. Ph.D. thesis, Universidade de Brasília, Brasil, 2021.
12. Teixeira, J. P. et al. Perdas Aparentes-Ilícitos Metodologias de Detecção com Algoritmos de Machine Learning. Ph.D. thesis, Faculdade de Engenharia águas do Porto, Portugal, 2019.



# ESTUDO SOBRE OS IMPACTOS DECORRENTES DA ATUALIZAÇÃO CADASTRAL DAS UNIDADES CONSUMIDORAS DE ENERGIA ELÉTRICA DA CAGECE



Everton Gadelha de Oliveira<sup>(1)</sup>; Gabriel Mendes Brito<sup>(2)</sup>; João Luiz de Castro Pereira<sup>(3)</sup>

1. Engenheiro Eletricista pela Universidade Federal do Ceará (UFC). MBA em Projeto, Execução e Controle de Engenharia Elétrica pelo Instituto de Pós-graduação e Graduação (IPOG). Engenheiro de Operação, Manutenção e Controle na Companhia de Água e Esgoto do Ceará.
2. Técnico em Eletrotécnica pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE). Assistente de Engenharia na Companhia de Água e Esgoto do Ceará.
3. Engenheiro Eletricista pela Universidade Federal do Ceará. Aluno do programa de pós-graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Ceará.

## Resumo

As unidades que utilizam energia elétrica como insumo para alguma atividade são identificadas junto à distribuidora de energia elétrica como sendo uma Unidade Consumidora de energia elétrica (UC). Areladas a esta, existem vários dados cadastrais, como número de medidor, tipo de tensão, classe tarifária, dentre outros. Além destes, no caso da Companhia de Água e Esgoto do Ceará (Cagece), outras informações são cadastradas relativas ao tipo e à finalidade das cargas elétricas alimentadas pela UC, como classificação, categoria, sistema operacional, entre outras. A grande quantidade de parâmetros registrados, aliado à imprecisão de informações, tornam o cadastro das UCs frágil, trazendo impactos nos campos financeiro, contábil, operacional e gerencial. Logo, buscou-se com este trabalho analisar os impactos relativos à atualização cadastral das UCs da Cagece, evidenciando-se a importância de se ter um cadastro de informações completo e confiável. Para tanto, esta atualização tem como foco os parâmetros Nome Oficial, Classificação, Categoria e Sistema Operacional, sendo tomadas mais de 3 mil ações até o momento, tanto junto aos departamentos internos da Cagece quanto à concessionária de energia elétrica local (Enel Distribuição Ceará), resultando em muitos impactos nos campos financeiro, contábil, operacional e gerencial, além de benefícios intangíveis para a companhia.

**Palavras-chave:** UC, Cagece, atualização cadastral.

Este texto é um resumo do artigo 'Estudo Sobre os Impactos Decorrentes da Atualização Cadastral das Unidades Consumidoras de Energia Elétrica da Cagece' de Oliveira, E. G. et al, publicado em 2023, disponibilizado no 34º Congresso Nacional de Saneamento e Meio Ambiente - Encontro Técnico AESABESP

## Metodologia

### Escopo de Atualização Cadastral das UCs

No Módulo GE do sistema ERP Operacional, há mais de 50 campos de cadastro de informações para cada UC, sendo uma parte referente aos dados internos à Cagece e o restante, proveniente do cadastro interno

Inscrição	Nome Oficial	Medidor	Tipo de Conta	Tipo de Tensão	Categoria	Classificação	Classe Tarifa	Carga Instalada	Unidade de Conta	Município	Sistema Operacional
XXXXXXXX	XXXXXXXX	XXXXXXXX	XXXXXXXX	XXXXXXXX	XXXXXXXX	XXXXXXXX	XXXXXXXX	XXXXXXXX	XXXXXXXX	XXXXXXXX	XXXXXXXX
XXXXXXXX	XXXXXXXX	XXXXXXXX	XXXXXXXX	XXXXXXXX	XXXXXXXX	XXXXXXXX	XXXXXXXX	XXXXXXXX	XXXXXXXX	XXXXXXXX	XXXXXXXX

**Fig.1 - Ensaio realizado para avaliar a melhor dosagem do coagulante cloreto férrico<sup>1</sup>**

da distribuidora, conforme modelo de relatório de informações cadastrais das UCs da Cagece exposto na Figura 1.

A atualização cadastral das UCs da Cagece iniciou em 2018 e segue em andamento, com foco nos parâmetros Nome Oficial, Classificação, Categoria e Sistema Operacional. O parâmetro Nome Oficial refere-se à terminologia oficial das unidades da Cagece que são alimentadas por cada UC da empresa. No caso das Unidades Operacionais (UOPs), essa nomenclatura consta nos Módulos COA e COE do sistema ERP Operacional; já no que diz respeito às Unidades Administrativas (UADs) e Comerciais (UCOs), o vocabulário está sendo padronizado junto aos setores administrativo e comercial da Cagece.

O parâmetro Classificação refere-se ao tipo de unidade da Cagece (Captação de Água Bruta, Estação de Tratamento de Água, Estação Elevatória de Água Tratada, Estação Elevatória de Esgoto, Estação de Tratamento de Esgoto, Loja de Atendimento, Núcleo Operacional etc.) com a carga elétrica mais representativa que é alimentada pela UC.

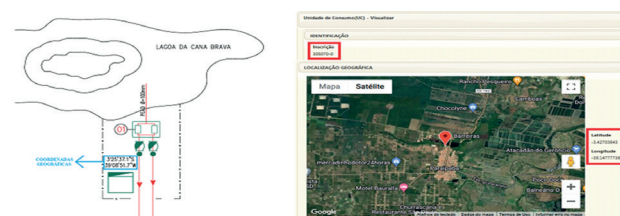
O parâmetro Categoria refere-se à função para a qual se destina a unidade com carga elétrica mais representativa que é alimentada pela UC, podendo ser uma das seguintes opções: Água ou Esgoto (função operacional), Administrativo (função administrativa) e Comercial (função comercial). O parâmetro Sistema Operacional reflete o Sistema de Abastecimento de Água (SAA) ou o Sistema de Esgotamento Sanitário (SES) ao qual pertencem as UOPs alimentadas pela UC.

### Metodologia de identificação das unidades alimentadas por cada UC

Em relação às UCs que alimentam as UOPs da

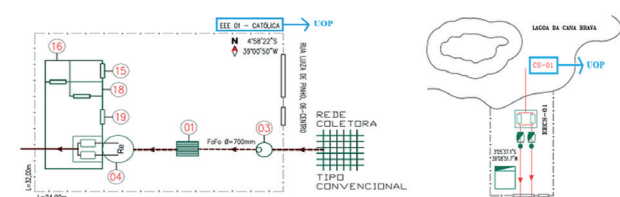
companhia, são utilizados os croquis e os desenhos esquemáticos dos SAAs e dos SESs da Cagece para auxiliar no processo de identificação da nomenclatura oficial dessas UOPs. Estes documentos são elaborados e revisados anualmente pelas equipes das Supervisões de Controle Operacional de Água e de Esgoto da Cagece, e disponibilizados nos Módulos COA e COE.

Conforme a Figura 2, quando no croqui de um SAA ou de um SES há a informação das coordenadas geográficas relativas a uma ou mais UOPs, realiza-se uma busca no Módulo GE com o intuito de verificar a UC com a mesma informação de coordenadas geográficas e/ou endereço equivalente ao que é indicado por essas coordenadas.



**Fig.2 - Correspondência entre UOPs e UCs baseada nas coordenadas geográficas e/ou no endereço**

Caso haja correspondência entre as coordenadas e/ou os endereços, o próximo passo é verificar no croqui, no caso dos SESs, e no desenho esquemático, no caso dos SAAs, a nomenclatura das UOPs referentes a essas coordenadas e atualizar o parâmetro Nome Oficial com essa informação, segundo exposto na Figura 3.



**Fig.3 - Verificação da nomenclatura das UOPs alimentadas por determinada UC**

Quando não se tem a informação de coordenadas geográficas e/ou de endereço nos croquis dos SAAs e dos SESs da Cagece ou quando não se tem a correspondência entre as coordenadas geográficas e/ou os endereços indicados nos croquis e aqueles cadastrados para cada UC, envia-se uma lista com as UCs pendentes de identificação de UOPs para as Unidades de Negócio (UNs) da Cagece, de modo que

<sup>1</sup> Fonte: Elaboração própria (2016).

a equipe técnica destas consiga informar quais as UOPs que são alimentadas por cada UC.

Essa lista de UCs é direcionada aos Supervisores de cada UN (Eletromecânica, Produção de Água e Tratamento de Esgoto e Meio Ambiente) e aos auxiliares destes. Após recebimento das listas com as UCs identificadas, faz-se a verificação final sobre as UOPs indicadas, a fim de confirmar a existência e a nomenclatura destas, conforme definido nos Módulos COA e COE.

A identificação das UOPs relativas a cada UC possibilita definir os demais parâmetros (Classificação, Categoria e Sistema Operacional) do escopo da atualização cadastral.

Em relação às UCs que alimentam as UADs e as UCOs da Cagece, como a nomenclatura oficial destas unidades ainda se encontra em processo de padronização, a identificação no momento se concentra em definir os parâmetros Classificação e Categoria relativos às UADs e às UCOs alimentadas por cada UC, visto que o parâmetro Sistema Operacional não se aplica a estes tipos de unidades.

A identificação de tais parâmetros é feita diretamente junto à equipe técnica de cada UN, mediante envio da lista de UCs que alimentam as UADs e as UCOs da Cagece aos Supervisores de cada UN (Eletromecânica, Administrativo-Financeira e Comercial) e aos auxiliares destes. Após o recebimento das listas, realiza-se uma verificação final das informações, de modo a confirmar a veracidade destas.

## Resultados e discussão

Até a presente data, além dos parâmetros incluídos no escopo da atualização cadastral das UCs da Cagece (Nome Oficial, Classificação, Categoria e Sistema Operacional), outros campos do cadastro foram alterados no Módulo GE a partir desta atualização, segundo evidenciado na Figura 4.

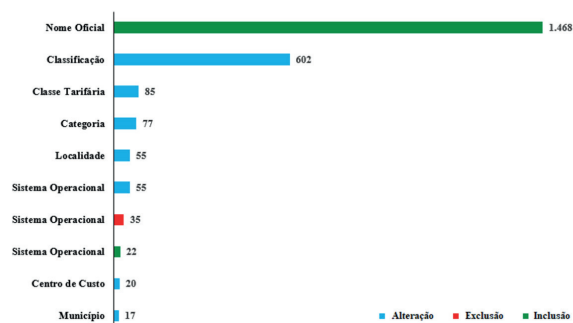


Fig.4 – Atualização dos parâmetros de cadastro das UCs no Módulo GE

Em decorrência da atualização cadastral das UCs da Cagece, foram tomadas várias ações até o momento, tanto junto aos setores internos da Cagece quanto junto à distribuidora, conforme exposto a seguir.

### Ações junto aos setores internos da Cagece

Em relação às ações internas à Cagece, foram necessárias as mostradas na Figura 5 até esta data:

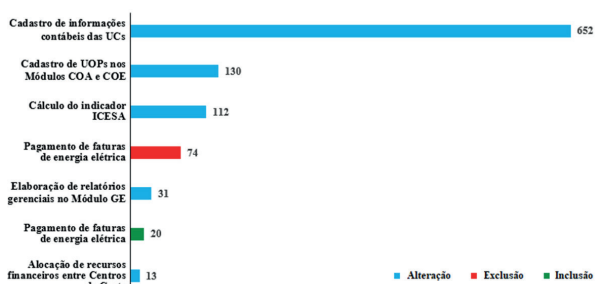


Fig.5 – Ações realizadas internamente à Cagece

### Ações junto à concessionária

Em relação às ações junto à concessionária, foram necessárias as mostradas na Figura 6 até esta data:

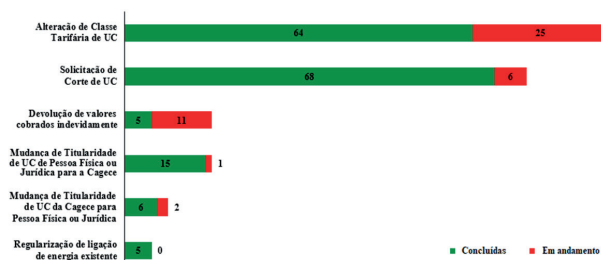


Fig.6 – Ações realizadas junto à concessionária

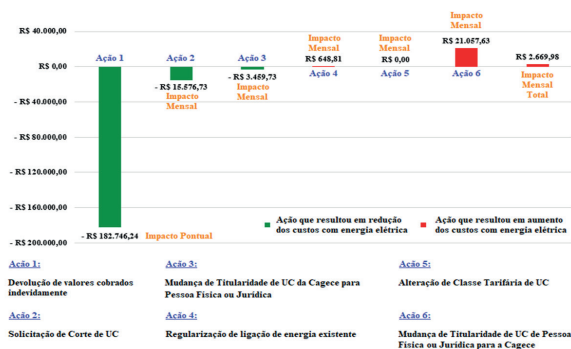
### Impactos devidos às ações realizadas

Os impactos financeiros para a companhia das ações

<sup>1</sup> Fonte: Elaboração própria (2016).

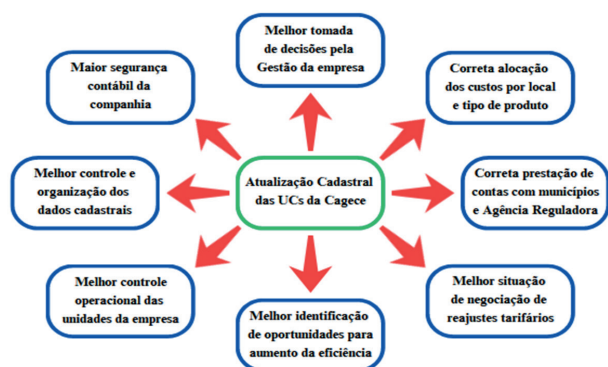


junto à distribuidora constam na Figura 7. Para a contabilização destes, tomou-se como base a média dos valores faturados nos 12 períodos de faturamento anteriores ou posteriores à conclusão da ação, conforme cada caso, com operação normal das unidades alimentadas pelas UCs.



**Fig.7 - Impactos financeiros para a Cagece decorrentes das ações realizadas junto à concessionária**

Quanto à alteração de Classe Tarifária de UC, o impacto financeiro mensal desta ação para a Cagece é nulo, pois o desconto tarifário de 15% aplicado às UCs da subclasse Serviço Público de Água, Esgoto e Saneamento foi reduzido a uma razão de 20% ao ano a partir de 1º de janeiro de 2019, sendo este valor zerado em 2023, segundo o Decreto nº 9.642 da Presidência da República, de 27 de dezembro de 2018 (BRASIL, 2018). Além dos impactos financeiros para a Cagece provocados pelas ações junto à distribuidora, outros efeitos são gerados a partir das ações decorrentes da atualização cadastral das UCs, trazendo benefícios intangíveis para a companhia, conforme apresenta a Figura 8.



**Fig.7 - Outros impactos para a Cagece causados pelas ações devidas à atualização cadastral das UCs**

Considerando os números mostrados anteriormente, nota-se que a atualização cadastral das UCs da Ca-

gece trouxe impactos nos campos contábil, financeiro, gerencial e operacional da empresa, resultando em várias ações realizadas até o presente momento, tanto internamente à empresa quanto junto à concessionária. Em relação ao Módulo GE, acima de 2 mil ações se fizeram necessárias, tanto relativas à alteração quanto à inclusão e à exclusão de informações cadastrais, principalmente em relação aos parâmetros Nome Oficial, Classificação e Sistema Operacional, evidenciando uma enorme fragilidade no que se refere à confiabilidade dos dados cadastrados, além da necessidade de realização de uma revisão cadastral periódica.

No que diz respeito às demais ações internas à Cagece, muitas áreas foram afetadas, especialmente o setor contábil, em função da necessidade de atualização de mais de 600 informações contábeis relativas às UCs da Cagece devido às alterações dos campos de cadastro do Módulo GE, e o setor financeiro, em virtude da inclusão e da exclusão de diversas faturas de energia elétrica do processo de pagamento, bem como de mudanças na alocação dos recursos financeiros entre os Centros de Custo da companhia necessários ao pagamento destas faturas.

No que tange às ações externas à Cagece, acima de 200 ações foram necessárias junto à distribuidora, o que trouxe impactos financeiros para a companhia. Algumas destas ações levaram à redução dos custos com energia elétrica (solicitação de corte de UC, mudança de titularidade de UC da Cagece para Pessoas Física e Jurídica e devolução de valores cobrados indevidamente), ao passo que outras resultaram na incorporação de novos custos (regularização de ligação de energia existente, alteração de classificação tarifária de UC e mudança de titularidade de UC de Pessoas Física e Jurídica para a Cagece), totalizando um impacto negativo mensal de cerca de R\$ 3 mil reais e um impacto positivo em virtude das devoluções de valores cobrados indevidamente acima de R\$ 180 mil reais até este momento.

Além dos impactos financeiros relativos às ações junto à concessionária, embora tenha sido obtido um impacto negativo no faturamento mensal das UCs da Cagece até esta data, nota-se que outros efeitos foram gerados a partir da atualização cadastral destas, o que trouxe benefícios intangíveis para a empresa, especialmente em relação a um melhor controle e organização dos dados cadastrais e a uma maior segurança contábil da Cagece, ressaltando a

importância desta atividade para a companhia.

## Conclusão

Ao analisar o cenário atual do cadastro das UCs da Cagece, verificou-se que há diversos parâmetros que apresentam fragilidade em relação à confiabilidade dos dados existentes, o que traz implicações em alguns serviços da empresa, tais como: geração de indicadores corporativos, elaboração de relatórios específicos relativos ao consumo e ao custo com energia elétrica, cadastro de informações contábeis, pagamento de faturas de energia elétrica, entre outros.

Dentre os campos de cadastro, notou-se que o parâmetro Nome Oficial, que se refere à nomenclatura oficial das unidades da Cagece alimentadas pelas UCs, determina outras variáveis do cadastro, como Classificação, Categoria e Sistema Operacional. Logo, este trabalho objetivou apresentar a metodologia utilizada para identificar oficialmente as unidades operacionais, administrativas e comerciais alimentadas por cada UC da Cagece e analisar os impactos devidos à atualização cadastral destas UCs nos campos contábil, financeiro, gerencial e operacional, evidenciando a importância dessa atividade para a empresa.

Em relação à atualização cadastral das UCs, esta segue em andamento, tendo como foco os parâmetros de cadastro Nome Oficial, Classificação, Categoria e Sistema Operacional, dentre os mais de 50 campos do Módulo GE do ERP Operacional. Com base nos resultados apresentados anteriormente relativos a esta atualização cadastral, nota-se que foi necessária a tomada de várias ações, tanto internamente à empresa quanto junto a outros órgãos, resultando em impactos significativos até o momento, principalmente em relação aos setores contábil e financeiro da Cagece, em função da necessidade de alteração de vários dados cadastrais, da inclusão e da exclusão de unidades do processo de pagamento das faturas de energia elétrica e de devoluções de valores cobrados indevidamente pela concessionária.

Em se tratando do impacto financeiro mensal decorrente das ações tomadas, apesar de este ser negativo até esta data, resultando em um aumento dos custos com energia elétrica para a empresa, o valor inicial deste (cerca de R\$ 3 mil reais) represen-

ta menos de 0,1% do faturamento mensal das UCs da Cagece, além de ser bem inferior ao impacto positivo total (acima de R\$ 180 mil reais) relativo aos ressarcimentos dos valores cobrados indevidamente, sendo que este ainda será atualizado pela distribuidora considerando juros de mora, correções monetárias e devoluções em dobro. Ademais, vale salientar que as ações que mais contribuíram para esse impacto negativo mensal se referem às mudanças de titularidade de UCs para a Cagece que, em tese, já deveriam estar sob a responsabilidade desta. Logo, a empresa já teria que estar computando mensalmente os custos com energia elétrica destas UCs desde o início da operação destas unidades.

Vale frisar ainda que, apesar de a atualização cadastral das UCs da Cagece ter gerado um impacto financeiro mensal negativo até a presente data, o objetivo desta atividade não se refere à obtenção de retorno financeiro para a companhia, mas sim ao fato de que o cadastro das UCs esteja completo e seja o mais confiável possível, proporcionando benefícios à Cagece que são intangíveis, como maior segurança contábil da empresa, evitando possíveis penalidades impostas por órgãos fiscalizadores devido a informações contábeis cadastradas de forma errônea, melhor controle e organização dos dados cadastrais, permitindo que a Gestão tome decisões mais assertivas e ágeis, melhor controle operacional das unidades da empresa, dentre outros.

Em virtude do exposto acima, é notória a importância dos dados cadastrais das UCs da Cagece para a realização de várias atividades na companhia. Portanto, devido ao número de informações e à relevância destas para a empresa, é fundamental uma revisão cadastral periódica das UCs, a fim de que o cadastro destas esteja completo e seja o mais confiável possível.

## Referências Bibliográficas

- BRASIL. ANEEL. Resolução Normativa nº 1.000, de 7 de dezembro de 2021. Estabelece as Regras de Prestação do Serviço Público de Distribuição de Energia Elétrica; revoga as Resoluções Normativas ANEEL nº 414, de 9 de setembro de 2010, nº 470, de 13 de dezembro de 2011; nº 901, de 8 de dezembro de 2020 e dá outras providências. Disponível em: <https://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren20211000.pdf>. Acesso em: 24/04/2023.
- Decreto nº 9.642, de 27 de dezembro de 2018. Altera o Decreto nº 7.891, de 23 de janeiro de 2013, para dispor sobre a redução gradativa dos descontos concedidos em tarifa de uso do sistema de distribuição e tarifa de energia elétrica. Diário Oficial da União, Brasília, 2018. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2015-2018/2018/Decreto/D9642.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2018/Decreto/D9642.htm). Acesso em: 23/05/2023.
- ERP OPERACIONAL: Módulo GE. Versão 2.145.0. Cagece: Gerência de Tecnologia da Informação e Comunicação, 2023.
- ERP OPERACIONAL: Módulo COA. Versão 2.145.0. Cagece: Gerência de Tecnologia da Informação e Comunicação, 2023.
- ERP OPERACIONAL: Módulo COE. Versão 2.145.0. Cagece: Gerência de Tecnologia da Informação e Comunicação, 2023.



# AVALIAÇÃO MULTIMODELO IET PARA CARACTERIZAÇÃO DA EUTROFIZAÇÃO EM RESERVATÓRIO DO SEMIÁRIDO: ESTUDO DE CASO DO RESERVATÓRIO ARARAS



Raimundo Nonato Sousa Raulino(1) ; Marcus Vinícius Freire Andrade(2)

1. Mestre em Tecnologia e Gestão Ambiental (IFCE). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE). Sobral, Ceará – Brasil.
2. Doutor em Engenharia Hidráulica e Saneamento (USP). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE). Sobral, Ceará – Brasil

## Resumo

O reservatório Araras, quarto maior do Estado do Ceará, é estrategicamente relevante para a região Norte. Tendo sido escolhido para este estudo de caso será caracterizado quanto ao estado trófico em análise comparativa com base na classificação trófica da COGERH e nos dados dos últimos treze anos das campanhas de monitoramento. Este estudo objetivou avaliar diferentes modelos para a caracterização da eutrofização nesse reservatório. A avaliação do estado e do risco de eutrofização foi realizada mediante utilização de cinco modelos de Índice de Estado Trófico. O cálculo de risco de eutrofização pela Função Densidade de Probabilidade foi aplicado à avaliação multimodelo IET para gerar maior consistência de aplicação. O desenvolvimento da pesquisa e o tratamento dos dados corroboram a necessidade de monitorar os reservatórios aliada à gestão integrada das águas como forma de permitir os usos múltiplos e esclarecer a influência dos parâmetros hidrológicos e de qualidade de água no Índice de Estado Trófico. Os resultados apontaram que de 2009 a 2022 a variável Volume do Reservatório influenciou a qualidade de água, especificamente em seus níveis de NT, PT e Chl-a, indicando o aumento do risco de eutrofização conforme o esvaziamento do reservatório. Todos os modelos utilizados mostraram divergências quanto à classificação do Estado Trófico, todavia a avaliação multimodelo associada ao cálculo de risco de eutrofização demonstrou ser uma ferramenta consistente para a avaliação da eutrofização.

**Palavras-chave:** Estado Trófico, Nutriente Limitante, Semiárido.

Este texto é um resumo do artigo 'AVALIAÇÃO MULTIMODELO IET PARA CARACTERIZAÇÃO DA EUTROFIZAÇÃO EM RESERVATÓRIO DO SEMIÁRIDO: ESTUDO DE CASO DO RESERVATÓRIO ARARAS, R. N. S. R. et al, publicado em 2024, disponibilizado na Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade (GeAS)

## Metodologia

A avaliação multimodelo IET e o método probabilístico do cálculo de risco de eutrofização utilizando o conceito de FDP foram desenvolvidos e aplicados com o objetivo de caracterizar a eutrofização do reservatório Araras, utilizando-se a base de dados das concentrações de PT, NT, Chl-a e DS disponibilizada pela COGERH, assim se determinou o nutriente limitante pelos modelos de Kratzer & Brezonik (1981), Carlson (1991) e Redfield (1958). E se empregou os modelos de Carlson (1977), Kratzer & Brezonik (1981), Toledo Júnior et al. (1983), Lamparelli (2004) e Cunha et al. (2013) na classificação do estado trófico do reservatório pela avaliação multimodelo IET, analisando-se também as variáveis limnológicas e hidroclimáticas, as correlações entre PT, NT, Chl-a e DS, o coeficiente de determinação e as correlações entre o volume percentual e a precipitação média

Assume-se que a falha (eutrofização do reservatório) ocorre quando o estado trófico excede a capacidade do sistema, e esta é tomada como o limite do estado eutrófico, uma vez que esse valor é ultrapassado, então o reservatório é considerado eutrofizado. O risco de eutrofização é definido como a probabilidade de excedência de nível eutrófico (IET<sub>eutrófico</sub>). E o IET de referência (IET<sub>eutrófico</sub>) para a caracterização da condição de eutrofização é IET = 54, o Risco de Eutrofização = P [IET > IET<sub>eutrófico</sub>] assim definido, e com o conjunto dos resultados dos valores dos IETs gerados na avaliação multimodelo IET, determinou-se o risco de eutrofização do reservatório utilizando a FDA seguinte:

$$P = \frac{x}{N}$$

Para esse cálculo, considera-se:

P = probabilidade associada ao número de ordem do IET;

X = número de modelos cujo IET foi maior do que 54;

N = número total de modelos IET.

## Resultados Obtidos

### Avaliação das variáveis Limnológicas, volume percentual e precipitação diária

As características limnológicas e hidroclimáticas do reservatório Araras foram avaliadas pela análise estatística descritiva (média, mínimo, máximo, desvio padrão) dos dados obtidos do histórico de monitoramento dos parâmetros PT, NT, Chl- a e DS de 2009 a 2022. A Tabela 01 contém o resumo estatístico

dos resultados dessas variáveis. A média do volume percentual foi de 41,62% do reservatório Araras ao longo do período avaliado, constatação similar feita também por Araújo e Bronstert (2016) e Wiegand et al. (2021), em que níveis inferiores a 50% foram registrados para a maioria das bacias hidrográficas devido ao longo período de seca no estado do Ceará no período de realização do presente estudo.

	NT (mg/L)	PT (mg/L)	Chl-a (µg/L)	D.S. (m)	Volume (%)	Precipitação Diária (mm)
<b>Mínimo</b>	0,152	0,023	3,75	0,20	3,40	0,00
<b>Máximo</b>	5,412	0,358	219,62	3,10	100	44,0
<b>Média</b>	1,744	0,103	61,015	1,03	41,62	3,03
<b>Des. Padrão</b>	1,387	0,075	68,235	0,750	33,07	7,89
<b>N</b>	33	33	33	33	33	33

Tabela 1 – Resumo das variáveis limnológicas e hidroclimáticas\*

### Correlações Empíricas dos Parâmetros de Qualidade da Água do Reservatório

A Figura 01 exibe as correlações empíricas dos parâmetros NT, PT Ch-a e DS do reservatório Araras, de 2009 a 2022.

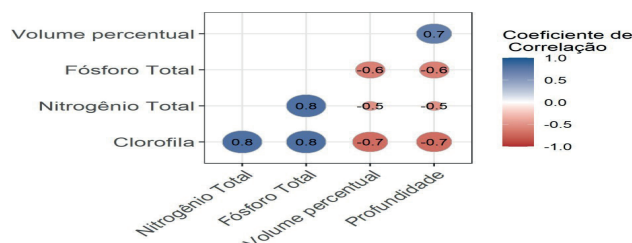


Figura 1 – Correlação empírica entre as variáveis NT, PT, Chl-a e profundidade do DS

As variáveis NT e PT têm uma correlação direta, a concentração do NT tende a aumentar quando aumenta a concentração do PT. Observa-se também uma associação direta entre o NT e a Chl-a, já que a concentração da Chl-a tende a aumentar com a elevação da concentração de NT. Enquanto que o NT, em relação ao DS, apresenta uma correlação negativa, pois o aumento do valor de NT implica a redução do valor de DS, pois pioram os valores de DS à medida que aumenta a concentração de NT. Constata-se, ao associar o PT à Chl-a, que o aumento da concentração de PT implica a elevação da concentração de Chl-a. A correlação entre a concentração de PT e o DS também apresenta valor similar,

\* Fonte: Elaborada pelos autores

mas negativamente correlacionados, pois o aumento da concentração do PT implica a redução do valor de DS, porque a transparência da água diminui com o aumento da concentração do PT. Como também a concentração de Chl-a com os valores do DS, pois é observado que existe uma forte correlação linear inversa entre essas duas variáveis. E por fim, observa-se que quando aumenta a concentração da Chl-a no reservatório reduz a transparência medida pelo DS. Portanto, todas as variáveis de qualidade de água demonstraram manter relações de causa e efeito importantes entre si, verificadas pelo comportamento matemático, valores relativamente altos dos R<sup>2</sup> e pelas fortes correlações que apontam fortes relações entre as variáveis (Figura 1), constatação também feita por Freire e Sousa Filho (2022) ao observar que a clorofila-a, nitrogênio, fósforo e disco de Secchi estão intimamente relacionados entre si, principalmente a Chl-a com as demais variáveis.

### Correlações Empíricas entre o volume percentual e os parâmetros PT, NT, Chl-a

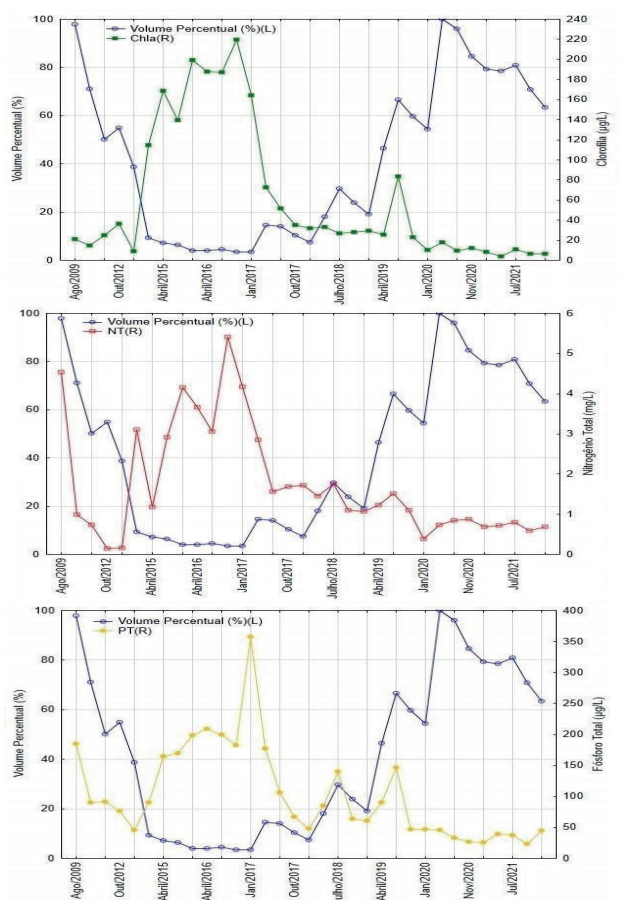


Figura 2 – Evolução temporal do volume percentual do reservatório associado aos parâmetros Chl-a (a), PT (b), NT (c)\*

Existe relação inversa entre o parâmetro de qualidade de NT e o volume percentual do reservatório, quando o volume decresce a concentração de NT aumenta assim o período de menor volume correspondeu às maiores concentrações de NT e os volumes percentuais elevados corresponderam as menores de NT. Quando o volume diminui, a concentração de PT aumenta e também os períodos de menores volumes do reservatório correspondem as maiores concentrações de PT e volumes percentuais elevados implicaram concentrações menores de PT. Quando o volume decresce, a concentração de Chl-a aumenta e o período de menor volume percentual do reservatório corresponde às maiores concentrações de Chl-a. Para volumes percentuais elevados há menores concentrações de Chl-a (Figura 2). Guimarães (2023) realizou um estudo de Chl-a em 155 reservatório do Ceará e demonstrou que a dinâmica sazonal induz mudanças significativas na qualidade da água. E também está de acordo com o de Markad et al. (2019), considerando Chl-a, PT e DS, concluíram que esses parâmetros pioram conforme diminui o nível da água do reservatório. E também com Wiegand et al. (2020) ao citarem que a seca prolongada no estado do Ceará contribuiu para aumento da concentração de nutrientes nos reservatórios.

### Correlações Empíricas entre o volume percentual e os IET's calculados

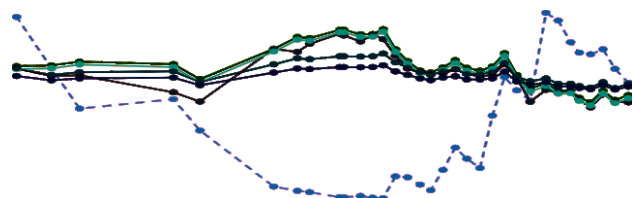


Figura 3 – Evolução temporal do volume percentual associada aos IETs calculados

Observa-se, Figura 3, relação inversa entre o conjunto de resultados dos IETs e os valores do volume percentual do manancial. À medida que o volume de água armazenada decresce, as condições tróficas do reservatório se intensificam. As divergências entre os modelos corroboram com Araújo et al. (2018), que aplicaram os IETs de Carlson (1977), Lamparelli (2004) e Cunha et al. (2013) em dois reservatórios no Espírito Santo indicando que as classes resultantes podem ser muito diferentes, podem variar no mesmo ponto e na mesma campanha, entre oligotrófico e hipereutrófico. Os modelos de Carlson (1977), Toledo Júnior et al. (1983) e Krazter & Brezonic (1981) indicam IET mais elevados do reservatório

\* Fonte: Elaborada pelos autores

### Determinação do nutriente limitante pela técnica multimodelo

Modelo	Nitrogênio	Fósforo	Outro Fator
Kratzer & Brezonic (1981)	91%	09%	
Carlson (1991)	51%	39%	10%
Redfield (1958)	09%	91%	

Tabela 2 – Resultados do nutriente ou fator limitante da eutrofização encontrados pelos modelos, de 2009–2022

A Tabela 02 exibe os resultados do nutriente ou fator limitante da eutrofização encontrados pelos modelos, de 2009–2022. O modelo de Carlson (1991) aponta o nitrogênio como o principal fator limitante da eutrofização no reservatório Araras (cerca de 51%). Indica ainda que o fósforo é o nutriente limitante em 39% do período avaliado e que outros fatores (10%) estariam limitando a eutrofização como, por exemplo, a turbidez abiótica. Segundo Freire e Sousa Filho (2022), a redução do volume nos reservatórios facilita a elevação das concentrações de fósforo e nitrogênio. Rocha Júnior et al. (2018) estudando 16 reservatórios registraram as disparidades de precipitação entre duas sub-bacias e como ela influencia a qualidade da água e o estado trófico dos reservatórios. A razão de Redfield (1958) aponta o Fósforo como nutriente limitante (91%), e em 9% apontou o Nitrogênio. O modelo de Kratzer & Brezonic (1981) indicou em 91% que o nutriente limitante foi o Nitrogênio e que em 9% o Fósforo, Tabela 2. A pesquisa de Paulino et al (2013) em diversos açudes monitorados pela COGERH constataram que o PT foi o nutriente limitante em 65% dos resultados. Wiegand et al. (2020), ao avaliarem o nutriente limitante em reservatórios do semiárido identificaram o PT como nutriente limitante em 69% dos resultados. O trabalho de Rocha Júnior et al. (2018) aponta o PT como fator limitante em reservatórios de regiões do semiárido tropical no Rio Grande do Norte. Rolim et al. (2019) em 18 reservatórios do semiárido cearense constataram pela razão de Redfield que o nutriente limitante foi o Fósforo em 16 reservatórios e o Nitrogênio em 2 reservatórios.

### Classificação trófica via multimodelo IET

De 2009 a 2022 o reservatório Araras resultou numa classificação de estado trófico com divergência entre os modelos, os modelos de Carlson (1977), Kratzer & Brezonic (1981), Toledo Júnior et al. (1983), Lampa-

relli (2004) e Cunha et al. (2013) indicaram estados tróficos que coincidem com a classificação trófica da COGERH em 45%, 45%, 81%, 61% e 48%, respectivamente. O modelo que mais se aproximou da COGERH foi o de Toledo Júnior et al. (1983). O estado trófico indicado pelo modelo de Toledo Júnior et al. (1983) corrobora os resultados de Paulino et al. (2013), em estudo em açudes monitorados pela COGERH, constaram que o PT foi o nutriente limitante em 65% dos resultados. Em 88% pelo menos um dos modelos coincidiu com o estado trófico indicado pela COGERH. De 2015 a 2017, a classificação hipereutrífica do açude Araras coincide com os cinco modelos e com a COGERH. Concordando com Rosendo (2022), que realizou estudo de PT em reservatórios da bacia hidrográfica do Rio Acaraú-CE. A maioria dos modelos converge na indicação da possibilidade de eutrofização até 2019, enquanto que de 2020 a 2022 os modelos apresentaram divergências entre si, pois enquanto alguns modelos indicaram eutrofização do corpo hídrico outros apontaram que o reservatório não estava eutrofizado.

### Risco de eutrofização

Os resultados do cálculo do risco de eutrofização seguem a tendência da avaliação multimodelo IET e apresentam os menores riscos de condição eutrófica no final do período. A FDA apontou a condição de risco total de eutrofização para o reservatório Araras do início do período de estudo até o ano de 2019. Nesse período a maioria dos modelos IET confirma a condição de eutrofização. Duas datas apresentam a condição de não eutrofização (risco de eutrofização de 0%) ao apontar como nutriente limitante o NT. De 2020 a 2022 o risco de eutrofização não atingiu 100%, e no final desse período o corpo hídrico apresentou menor chance de degradação acentuada, mas com valores altos de risco de eutrofização (40%). Os modelos de Carlson (1977), Kratzer & Brezonic (1981) e Toledo Júnior et al. (1983) indicam essa redução. Constata-se que a abordagem combinada entre a avaliação multimodelo IET e FDA foi satisfatória e de fácil aplicação. A grande vantagem dessa combinação é o fornecimento de um valor pontual (risco probabilístico de eutrofização). Corrobora os estudos de Wiegand et al. (2016) que ao compararem os riscos à eutrofização de reservatórios da região semiárida do Brasil e da região tropical úmida em Cuba, concluíram que devido ao maior tempo de permanência da água os reservatórios no semiárido são potencialmente mais suscetíveis à eutrofização.

## Conclusão

As diferentes estruturas e condições de construção dos modelos de IET afetam a sua aplicabilidade em ambientes diferentes daqueles para os quais foram originalmente desenvolvidos, porém essas deficiências podem ser contornadas com a avaliação multimodelo IET, por isso foi empregada para avaliar a eutrofização do reservatório Araras, assim uma série de resultados foram obtidos da aplicação dessa avaliação multimodelo. Sendo constatado que os parâmetros de qualidade da água, que compõem os modelos de IETs, têm fortes relações estatísticas entre si, e o volume percentual do reservatório influencia significativamente a qualidade da água, enquanto que o cálculo do risco de eutrofização fornece informações importantes para o gerenciamento da qualidade da água, e integrá-lo à avaliação multimodelo IET é fundamental, pois cria faixas de estados tróficos para atuação, reduzindo as incertezas de escolhas de modelos individuais, portanto confirma-se que as informações sucintas e precisas da abordagem multimodelo mostraram que são de grande relevância para o gerenciamento e o monitoramento dos reservatórios de regiões semiáridas.

## Referências Bibliográficas

1. Araújo, D. R., Mendonça, A. S. F., & Reis, A. T. (2018). Análise de variação e comparação de índices de estado trófico: reservatórios dos aproveitamentos hidrelétricos de Rio Bonito e Suíça. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, 23(11), 55-62. <https://doi.org/10.1590/S1413-41522018162462>
2. Araújo, J. C., & Bronstert, A. (2016). A method to assess hydrological drought in semi-arid environments and its application to the Jaguaribe River basin, Brazil. *Water International*, 41(2), 213-230. <https://doi.org/10.1080/02508060.2015.1113077>
3. Carlson, R. E. (1991). Expanding the trophic state concept to identify non-nutrient limited lakes and reservoirs. *Enhancing the States' Lake Management Programs*, 59-71.
4. Carlson, R. E. (1977). A trophic state index for lakes. *Limnology and Oceanography*, 22(2), 361-369. <https://doi.org/10.4319/lo.1977.22.2.0361>
5. Cunha, D. G. F., Calijuri, M. C., & Lamparelli, M. C. (2013). A trophic state index for tropical/subtropical reservoirs (TSI<sub>tr</sub>). *Ecological Engineering*, 60, 126-134. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2013.07.058>
6. Freire, L. L.; Sousa Filho, F. A. Inter-relações entre preditores de eutrofização em reservatórios do semiárido brasileiro: como mensurar? Uma aplicação de aprendizado de máquina por árvores de decisão. *Eng Sanit Ambient* | v.27 n.6 | nov/dez 2022 | 1155-1165. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1413-4152202200099>.
7. Guimarães, B. M. D. M. (2023). Análise e predição da concentração de clorofila A em reservatórios do semiárido. CT-UFC, 120f.
8. Kratzer, C. R., & Brezonik, P. L. (1981). Carlson type trophic state index for nitrogen in Florida lakes. *Water Resources Bulletin*, 17(4), 713-715. <https://doi.org/10.1111/j.1752-1688.1981.tb01282.x>
9. Lamparelli, M. C. (2004). Grau de trofia em corpos d'água do Estado de São Paulo: Avaliação dos métodos de monitoramento. IB-USP, 207f.
10. Marked, A. T., Landge, A. T., Nayak, B. B., Inamdar, A. B., & Misha, A. K. (2019). Trophic state modeling for shallow freshwater reservoir: A new approach. *Environmental Monitoring and Assessment*, 191(586). <https://doi.org/10.1007/s10661-019-7740-5>
11. Paulino et al (2013). Classificação do estado trófico para o gerenciamento de reservatórios no semiárido: A experiência da Cogerh no estado do Ceará. XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 20
12. Redfield, A. C. The biological control of Chemical factors in the environment. 1958. *American Scientist*. Disponível em: [https://ebme.marine.rutgers.edu/HistoryEarthSystems/HistEarthSystems\\_Fall2008/Week4b\\_Redfield\\_AmSci\\_1958.pdf](https://ebme.marine.rutgers.edu/HistoryEarthSystems/HistEarthSystems_Fall2008/Week4b_Redfield_AmSci_1958.pdf). Acesso em: 19 de novembro de 2022.
13. Rocha Júnior, C. A. N., Costa, M. R. A., Menezes, R. F., Attayde, J. L., & Becker, V. (2018). Water volume reduction increases eutrophication risk in tropical semi-arid reservoirs. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 30, e106. <https://doi.org/10.1590/S2179-975X2117>
14. Rolim, H. O., Nunes, A. B. A., Nascimento, F. J. S. C., & Chaves, J. R. (2019). Proposal of atrophic state index in semi-arid reservoirs using data of the Banabuiú Basin, state of Ceará, Brazil. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 31, e26. <https://doi.org/10.1590/S2179-975X12517>
15. Rosendo, E. A. A. (2022). Análise multivariada aplicada ao estudo do fósforo total em reservatórios da bacia hidrográfica do Acaraú-Ce. UFC, 76f.
16. Toledo Júnior, A. P., Talarico, M., Chinez, S. J., & Agudo, E. G. (1983). A aplicação de modelos simplificados para a avaliação do processo da eutrofização em lagos e reservatórios tropicais. Congresso ABES.
17. Wiegand, M. C., Nascimento, A. T. P., Costa, A. C., & Lima Neto, I. E. (2020). Avaliação de nutriente limitante da produção algal em reservatórios do semiárido brasileiro. *Revista Brasileira de Ciências Ambientais*, 55(4), 456-478. <https://doi.org/10.5327/Z176-947820200681>
18. Wiegand, M. C., Piedra, J. I. G., & Araújo, J. C. D. (2016). Vulnerabilidade à eutrofização de dois lagos tropicais de climas úmido (Cuba) e semiárido (Brasil). *Engenharia Sanitária e Ambiental*, 21(2), 415-424. <https://doi.org/10.1590/S1413-41522016139527>



# **Parceria entre a Cagece e o Senai na área de inovação pode servir de modelo para o Brasil**

---



**O** Diretor Regional do Senai (Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial) e, também, Superintendente do Sesi (Serviço Social da Indústria), Paulo André Holanda, concedeu uma entrevista à revista Inovação em Foco, na qual discute a atuação das instituições no Ceará e os segmentos em que estão presentes. O Sesi e o Senai fazem parte do Sistema FIEC (Federação das Indústrias do Estado do Ceará). Essas duas instituições atuam na educação e em 26 segmentos industriais, incluindo tecnologias e inovação, atuando de forma complementar.

### **Revista – Como é a atuação das duas instituições no Ceará?**

PH – Estamos em seis unidades escolares na capital e interior. São três em Fortaleza (Centro, Parangaba e Barra do Ceará), uma em Sobral, uma em Juazeiro e outra em Maracanaú. São duas instituições com atividades complementares, que atuam em 26 diferentes segmentos industriais, incluindo metalmeccânica, alimentos, energia, têxtil, vestuário, entre outros. Temos também dois institutos importantes de tecnologia e inovação, instalados em Maracanaú, cujo foco maior é pesquisa, desenvolvimento e inovação: O Habitat da Inovação e o Hub da Inovação.

### **Revista – Qual a diferença entre o Hub e o habitat da Inovação?**

PH – O Hub colabora com políticas públicas em parceria com o Sebrae, a Funcap, o BNB e Adece. Juntos, agregamos forças para acelerar a inovação e o desenvolvimento de novas tecnologias, utilizando mais recursos e com maior assertividade. O Habitat da Inovação colabora com 11 grandes empresas, facilitando negócios entre elas, além de integrar suas atividades com o Senai, o Sesi e, especialmente, com as Startups. Disponibilizamos ambientes para que as Startups possam prototipar produtos que desejam desenvolver, além de aprimorar processos, bens e serviços. Contamos com consultores capacitados e treinados para atuar em micro, pequenas, médias e grandes empresas. Nossa abordagem conjunta visa a melhoria contínua dos processos. Atuamos fortemente na certificação ISO 9000, e podemos contribuir significativamente para todos os índices de inovação e qualidade.

### **Revista – Como funciona essa parceria do Sesi com outras empresas fora do ramo industrial?**

PH – Temos alguns programas lançados, como o Sesi Tech. Este é um edital disponibilizado pela Federação das Indústrias através do Sesi, que oferece recursos para que possamos exercitar a inovação e melhorar a qualidade, serviços ou produtos de uma empresa, seja ela estatal, privada ou pública. Estamos aqui para ajudar não só as indústrias, mas também instituições como a Cagece, uma empresa de sociedade de economia mista, permitindo-nos atuar em parcerias. Existem também editais importantes, como o Startup Tech, em parceria com o departamento nacional através da Confederação Nacional da Indústria (CNI), que lança editais destinados a impulsionar as indústrias com Startups. Geralmente, articulamos com uma empresa e lançamos uma chamada para que as Startups possam concorrer quanto à melhor solução para o desafio proposto. Uma equipe de avaliadores, composta por uma comissão da empresa Senai e Sesi, avalia e escolhe a melhor. Os recursos vêm da CNI ou de contrapartidas nossas. Recentemente, participei do lançamento do Technova III, financiado pela Finep, uma agência de apoio à pesquisa ligada ao Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, em parceria com a Funcap, a fundação de amparo à pesquisa do Ceará. No Senai, Sesi e na FIEC (Federação das Indústrias do Estado do Ceará), temos uma equipe multidisciplinar dedicada a formatar e desenvolver grandes projetos para submissão em editais, sejam eles da Funcap, Finep, MCTI ou BNB.

Também participamos de editais internacionais, como os da Alemanha, que incentivam muitos projetos globais. Aqui, trabalhamos com empresas para criar projetos bem estruturados, que são submetidos, avaliados e frequentemente aprovados. Muitos desses projetos são financiados quase inteiramente por subvenções, sem necessidade de aporte financeiro das empresas, já que os recursos vêm dos próprios editais. Em alguns casos, é exigida uma contrapartida de 30% ou 20%, dependendo do edital.

Para auxiliar as empresas na elaboração de projetos, seja para editais ou para suas próprias iniciativas, montamos uma equipe especializada na Federação e outra forte no instituto. Além disso, contamos com o NIT, o Núcleo de Inovação Tecnológica, que cuida de propriedade intelectual, transferência de tecnologia e registro de patentes. Este núcleo faz parte da rede NIT e garante toda a confidencialidade necessária

para realizar registros de propriedade intelectual, chegando, em alguns casos, a assegurar royalties.

**Revista – Além dessa expertise do Sesi e Senai, qual outro diferencial da instituição?**

**PH** – Um dos nossos grandes diferenciais é a capacidade de formar parcerias rapidamente, pois somos uma instituição sem fins lucrativos. Somos uma entidade privada de direito público e recebemos recursos do empresariado, que devem ser destinados a atividades educacionais gratuitas. Assim, oferecemos gratuidade regimental no ensino médio, fundamental I e II, e especialmente na aprendizagem industrial, que abrange cursos técnicos em 26 diferentes segmentos industriais. Com a possibilidade de instalação de um ITA e um futuro Instituto Senai de Inovação, focamos em dois segmentos principais: cursos de energia, com ênfase no hidrogênio verde e energias renováveis, e a área de sistemas, voltada para a Inteligência Artificial. Isso nos aproxima mais da academia, permitindo atender às demandas das indústrias e

instituições, como a Cagece, por exemplo. O Senai, com seus 80 anos de história, possui credibilidade e trabalha em rede com outros Senai no Brasil. Isso nos proporciona agilidade e maior credibilidade, pois o que não conseguimos executar localmente, podemos realizar em outros estados como São Paulo, Minas Gerais ou Rio de Janeiro, que possuem expertise no segmento, permitindo-nos atender rapidamente. A inovação não é possível sem conhecimento. Integramos a educação básica e o novo ensino médio, oferecidos com excelência pelo Sesi, ao ensino profissionalizante, até chegarmos à pauta da inovação educacional. Contamos com profissionais e equipamentos suficientes, com 303 laboratórios operando atualmente para atender às demandas das indústrias.

**Revista – Qual a expectativa da Fiec frente a essa parceria com a Cagece?**

**PH** – A Cagece é a primeira empresa de economia mista que faremos essa parceria importante e, pode servir de modelo para o país. Temos muitas



parcerias com o Governo do Estado via secretarias. Por exemplo, nós temos parcerias para inovação e capacitação, dentre outras atividades, com a Secretaria de Administração Penitenciária, com a Secretaria de Saúde, com a Secretaria das Cidades, com a Secretaria de Proteção Social, com a Funcap, isso tudo já formalizado. Com a Cagece, a expectativa é compartilhar a necessidade da empresa com a nossa equipe, identificar soluções, construir e, juntos, elaborar um projeto para poder atender, sempre voltado para aumentar a produtividade, melhorar a competitividade e buscar a melhoria da qualidade. Então, a expectativa é que as equipes conversem, analisem os riscos, analisem o que é que podemos fazer em conjunto. No caso do edital da Startup Tech, abrimos uma chamada e aproveitamos todo o edital. Realizamos a seleção das melhores propostas para que possamos atuar em conjunto, avaliando os riscos e compartilhando o sucesso alcançado. Aqui, o trabalho é sempre

colaborativo; ninguém faz nada sozinho. O Senai do Ceará destaca-se nos editais, sendo campeão em mais de 80% dos projetos lançados em nível nacional. Isso é extremamente importante, e acredito que, com transparência e união, conseguimos avançar nas soluções.

#### **Revista - Qual o retorno para os Senai com essas parcerias?**

**PH** - O nosso retorno é a satisfação de atender e cumprir nossa missão. Como uma instituição sem fins lucrativos e de direito público, atendemos empresas e indústrias, e também podemos auxiliar na gestão municipal, estadual ou federal. Dispomos do observatório da indústria, que é uma das maiores ferramentas de informações e dados do país, a qual, dentro da Federação, utilizamos para dar apoio a indústria, educação e outros setores, tornando-se, assim, um recurso extremamente valioso.

*Texto por: Eva Silva*





# INOVACÃO

DEMONI • OAFI SE  
C

## Inovação em Foco II

Companhia de Água e Esgoto do Ceará - Cagece

# gestão

Institucional e Empresarial  
do Setor

**Iso 9001: Uma Alternativa Para A Gestão Da Qualidade Em Estação De Tratamento De Água**

*José Germano Moraes; Francisca Daniele Moreira Sampaio*

**Aderência Das Companhias Estaduais De Saneamento Às Melhores Práticas De Governança Relativas À Diversidade De Gênero**

*Michele Arlinda Aguiar; Raquel Soares Fernandes Teotonio; Kamille Sampaio Matos Vieira, Ana Cristina Bomfim e Silva; Paulo Roberto de Carvalho Nunes*



# ISO 9001: UMA ALTERNATIVA PARA A GESTÃO DA QUALIDADE EM ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA

José Germano Morais(1) ; Francisca Daniele Moreira Sampaio(2).

---

1. Tecnólogo em Saneamento Ambiental pelo Instituto Federal do Ceará (IFCE). Especialista em Gestão Ambiental pelo Instituto Federal do Ceará (IFCE). Coordenador Industrial na Unidade de Negócio da Bacia Metropolitana Leste (UNBML) da Companhia de Água e Esgoto do Estado do Ceará (CAGECE).
2. Tecnóloga em Gestão Ambiental pelo Instituto Federal do Ceará (IFCE). Técnico Operacional na Unidade de Negócio da Bacia do Acaraú e Coreaú (UNBAC) da Companhia de Água e Esgoto do Estado do Ceará (CAGECE).

## Resumo

O conceito de qualidade nas atividades organizacionais expandiu-se para incluir responsabilidades como: qualidade ambiental, qualidade de vida, ética e valores, refletindo a crescente conscientização da sociedade e as regulamentações nacionais e internacionais. A qualidade é entendida como a capacidade de atender às necessidades e expectativas dos clientes, internos e externos, garantindo sua satisfação. Para o sucesso organizacional, é necessário um sistema de gestão transparente e sistemático que melhore continuamente o desempenho, considerando as necessidades de todas as partes interessadas. A gestão da qualidade é uma disciplina essencial, formalizando procedimentos e instruções para garantir a qualidade dos produtos e serviços. A Norma ISO 9001/2015, foca em atender às crescentes necessidades dos clientes, integrando o sistema de gestão da qualidade com as estratégias de negócio da organização. Essa norma promove uma abordagem proativa para identificar riscos e oportunidades, visando a melhoria contínua. Nos sistemas de abastecimento de água (SAA) e estações de tratamento de água (ETA), a qualidade é crucial para proteger a saúde pública. Um projeto de pesquisa sobre Sistema de Gestão da Qualidade em Estação de Tratamento de Água no Interior do Ceará é relevante para o gerenciamento de recursos hídricos no Brasil, abordando segurança hídrica, redução de perdas, conformidade com legislações e preservação ambiental. A finalidade desse trabalho é avaliar a implantação de um sistema de gestão da qualidade em uma estação de tratamento de água (ETA) no interior do Estado do Ceará, possibilitando melhorias e aprimorando o desempenho produtivo e organizacional através dos benefícios da gestão da qualidade pela norma ISO 9001.

**Palavras-chave:** ISO 9001, Gestão da qualidade, Estação de tratamento de água.

## Metodologia

A metodologia a ser adotada para a realização e execução do trabalho terá caráter qualitativo, através de informações diretas e indiretas.

Uma vez que conforme Vieira e Zouain (2005), a pesquisa qualitativa garante a riqueza dos dados, permite enxergar os detalhes na sua totalidade e facilita a exploração de contradições e paradoxos. Outra importante característica da pesquisa qualitativa é que ela geralmente oferece descrições ricas e fundamentadas, além de explicações sobre processos em contextos locais identificáveis, o que permitiu atingir o objetivo proposto.

Haja vista que, a relevância de se implementar um Sistema de Gestão da Qualidade em Estação de Tratamento de Água no Interior do Ceará é significativa para os sistemas de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Uma vez que o processo de tratamento de água dispõe de várias fases para alcançar o produto final e dentre essas fases existem muitos pontos críticos que necessitam de controle.

Em cada parte do processo é necessário um monitoramento eficiente e uma visão crítica para tomada de decisão. Arelado a isso, o tratamento depende da qualidade da água do manancial, do produto químico utilizado, da tecnologia de tratamento e de outros fatores que influenciam diretamente no resultado do produto. Para garantir o atendimento as legislações pertinentes e a satisfação do cliente, com a entrega de água potável, as estações necessitam de um sistema de gestão que contribua para a eficiência e eficácia do processo (OLIVEIRA, 2004).

Assim, buscar-se-á, no primeiro momento realizar uma revisão bibliográfica extensa sobre o conceito de qualidade, ferramentas da qualidade, sobre os sistemas de gestão de qualidade baseado na Norma ISO 9001 e sobre o processo de tratamento de água em livros, artigos e outros meios de informações, para contextualização.

Demonstrando que as melhorias que se pode atingir no sistema de tratamento de água com a implantação da gestão da qualidade. As quais, como dita Carpinetti (2016), um sistema de gestão da qualidade abrange todas as atividades envolvidas na realização do produto, sua implementação requer um grande esforço de planejamento e revisão de progresso. Além disso, é de se esperar que num primeiro momento o sistema de gestão não consiga

atingir os objetivos planejados. Ou seja, os resultados dos processos de um sistema de gestão da qualidade precisam ser periodicamente avaliados e revistos para que com o passar do tempo, consiga-se melhorar a eficácia do sistema. Portanto, a gestão da qualidade só é completa se for estabelecido um ciclo virtuoso de medição e análises dos resultados e ações de melhorias.

A ISO 9001:2015 é a norma principal, que apresenta os requisitos de gestão da qualidade que compõe o sistema estabelecido como modelo pela ISO e tem por finalidade a certificação de sistema da qualidade segundo seus requisitos (MARSHALL JUNIOR, 2022). Uma característica importante do sistema de qualidade da ISO 9001 é que ele é genérico o suficiente para que seja aplicável a todas as organizações, independente do setor de atuação e de seu porte. A empresa pode implantar um Sistema de Gestão da Qualidade e não necessariamente precisa certifi-cá-lo.

A segunda etapa do projeto, contará com a análise das documentações fornecida pela empresa de saneamento responsável pela ETA, localizada no interior da Região Metropolitana do Ceará, onde o projeto está implantado, buscando assim realizar o levantamento de metodologias de manutenção do sistema da ETA, resultado dos indicadores de qualidade de água e eficiência financeira e energética, manuais, procedimentos e instruções operacionais, apresentações explicativas sobre os programas implantados no local e também documentos e registros do processo de tratamento de água. Com esse material, será possível identificar todo o modelo de gestão, as ferramentas e os procedimentos operacionais que a Estação de Tratamento adota, bem como propor possíveis mudanças/melhorias do sistema.

A implantação do sistema de gestão da qualidade em uma ETA traz pontos importantes no cenário da gestão dos recursos hídricos. Dentre os quais, envolvem em primeiro lugar a problemática da escassez hídrica, que atinge a todos no setor de recursos hídricos e diante disso se faz necessário desenvolver ações que possam reduzir perdas físicas e comerciais. Bem como, atrelado a isso, existe a necessidade do setor de saneamento em melhorar constantemente para garantir a eficiência do processo. Outro fator, tem-se a melhoria do ambiente de trabalho e condições de segurança do funcionário. E, por fim, a

<sup>1</sup> Fonte: Elaborada pelos autores.

<sup>2</sup> Fonte: Elaborada pelos autores.

garantia ao cliente de que o produto recebido atende aos padrões exigido, atestado por uma certificação internacional de qualidade.

E considerando as particularidades do interior do Ceará, esse sistema pode vir a ser um modelo a ser seguido, diante da situação de disponibilidade hídrica, desafios climáticos e infraestrutura. Podendo esse sistema de gestão da qualidade ser adaptado para atender às necessidades específicas de outras cidades e região.

Finalizando, com uma avaliação a ser realizada dos benefícios que o sistema de Gestão da Qualidade (ISO 9001) venha a trazer dentro dos eixos: gestão da qualidade de produtos e serviços, benefícios para a sociedade e meio ambiente, setor operacionais, financeiros administrativos, clientes e funcionários. Gerando assim um relatório conciso e que venha a embasar um modelo norteador para demais sistemas de ETA.

## Resultados esperados

Conforme análise do estudo, com a implantação de um Sistema de Gestão da Qualidade em Estação de Tratamento de Água no Interior do Ceará, os resultados esperados podem ser diversos e abrangentes.

Destacando dentre as possibilidades:

- Eficiência do Sistema de Tratamento, através da avaliação da eficácia do sistema de tratamento implementado na estação de água, incluindo a remoção de impurezas, a qualidade da água tratada e a conformidade com padrões regulatórios.
- Monitoramento da Qualidade da Água, por meio das análises laboratoriais para verificar a qualidade da água antes e após o tratamento, analisando os parâmetros como turbidez, pH, cloro residual, entre outros.
- Redução de Poluentes Ambientais, demonstrando como o sistema de gestão da qualidade contribui para a redução de poluentes e melhoria da saúde ambiental.
- Conformidade com Normas e Regulamentações, o projeto pode influenciar a conformidade da estação de tratamento com as diretrizes do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH).
- Sustentabilidade Hídrica, destacando como a

gestão da qualidade da água contribui para a sustentabilidade dos recursos hídricos em nível regional, estadual e nacional.

- Contribuição para o Conhecimento, com este projeto pode gerar novos conhecimentos sobre sistemas de gestão da qualidade no tratamento de água em regiões específicas, com especial atenção para o interior do Ceará.

- Publicações Científicas, os resultados obtidos, sejam positivos ou negativos, podem ser publicados em revistas científicas, contribuindo para a literatura acadêmica e o avanço da área.

## Conclusão

Produzir um produto ou fornecer um serviço de qualidade não é uma atividade fácil de ser desenvolvida em empresas, seja pública ou privada. É necessário a implantação, desenvolvimento e consolidação de um sistema de gestão da qualidade nas organizações. Esse sistema deve garantir a participação e comprometimento de todos com o objetivo de conquistar a excelência nos processos e produtos e possibilitar a melhoria contínua.

Um sistema de gestão da qualidade bem implementado em estações de tratamento de água contribui a segurança hídrica, visto que o gerenciamento eficaz da qualidade da água é crucial para garantir o abastecimento seguro e contínuo de água potável para a população. Assim como, otimizar o uso dos recursos hídricos e minimizar desperdícios e redução de perdas, pois aborda estratégias para reduzir as perdas de água durante o tratamento e distribuição.

Bem como, traz conformidade com as normas, pois o sistema de gestão da qualidade deve estar alinhado com as normas e regulamentações nacionais e estaduais de produtos e serviços, o que garante que a água tratada atenda aos padrões de qualidade estabelecidos. Conjuntamente o monitoramento contínuo a ser aplicado com a implementação de um sistema de gestão da qualidade permite que possíveis falhas nos processos de tratamento, sejam identificando com maior brevidade, possibilitando correções imediatas. Além de que um sistema bem gerenciado contribui para a preservação dos ecossistemas aquáticos e a sustentabilidade dos recursos hídricos, reduzindo os impactos ambientais.

Diante do exposto, o sistema de gestão da quali-



dade, baseado na norma ISO 9001, vem sendo uma importante ferramenta para manter a melhoria e a qualidade do sistema produtor, uma vez que vem a demonstrar resultados positivos em relação aos indicadores de qualidade, operacionais, de gestão e administrativos/financeiros.

Observa-se conjuntamente, que ao se elaborar mapa de processos e metas/indicadores específicos para o sistema, tem-se um ganho de esforços para manter o sistema de gestão da qualidade visa de forma mais focado nos resultados, bem como uma evolução nas suas várias dimensões, que serão monitorados e avaliados pela administração do sistema.

Pode-se observar conjuntamente, que a gestão do sistema de qualidade ISO 9001 apresenta bons resultados haja vista a eficiente da gestão, que busca de forma efetiva realizar melhorias contínuas, garantindo a qualidade do processo e do seu produto final, aumentando a satisfação dos seus cliente (internos e externos) na busca da excelência dos serviços.

## Referências Bibliográficas

1. ABNT. NBR ISO 9000: Sistemas de Gestão da Qualidade – Fundamentos e Vocabulário. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.
2. CARPINETTI, L. C. R. Gestão da Qualidade ISO 9001:2015: Requisitos e integração com a ISO 14001:2015. São Paulo: Atlas, 2016.
3. MARSHALL JUNIOR, I. et al. Gestão da Qualidade e Processos. 2. ed. Rio de Janeiro: FGV, 2022.
4. OLIVEIRA, M. F. F. O Impacto da Certificação ISO 9002:1994 em Estações de Tratamento de Água na Empresa Saneamento de Goiás S/A – SANEAGO. 2004. 113 p. Dissertação (Mestrado Profissional em Gestão da Qualidade Total) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica, Goiânia, 2004. Disponível em: <https://repositorio.unicamp.br/Acervo/Detalhe/307736>. Acesso em: 30 maio 2024.
5. VIEIRA, M. M. F.; ZOUAIN, D. M. Pesquisa Qualitativa em Administração: teoria e prática. Rio de Janeiro: FGV, 2005.



# ADERÊNCIA DAS COMPANHIAS ESTADUAIS DE SANEAMENTO ÀS MELHORES PRÁTICAS DE GOVERNANÇA RELATIVAS À DIVERSIDADE DE GÊNERO



Michele Arlinda Aguiar (1), Raquel Soares Fernandes Teotonio(2), Kamille Sampaio Matos Vieira(3), Ana Cristina Bomfim e Silva (4) Paulo Roberto de Carvalho Nunes(5)

1. Mestranda em Administração pela Universidade de Fortaleza (UNIFOR). Especialista em Gestão Financeira (UVA). Administradora de Empresas pela Universidade Estadual do Vale do Acaraú (UVA). Exerce a função de Gerente de Governança, Riscos e Conformidade na CAGECE.
2. Mestranda em Administração pela Universidade de Fortaleza (UNIFOR). Especialista em Gestão Pública pelo Centro Universitário Christus (Unichristus). Administradora de Empresas pela Universidade Federal do Ceará (UFC). Exerce a função de Diretora de Negócios e Relação com Investidores na CearaPar.
3. Mestranda em Administração pela Universidade de Fortaleza (UNIFOR). MBA em Gestão Empresarial (FGV). Especialista em Gestão Financeira (IEPRO/UECE). Administradora de Empresas pela Universidade Estadual do Ceará (UECE). Exerce a função de Coordenadora de Negócios Sustentáveis na CAGECE
4. Mestranda em Administração pela Universidade de Fortaleza (UNIFOR). MBA em Gestão Empresarial (FGV). MBA em Gestão de Pessoas e Recursos Humanos (INSTITUTO COTEMAR). Especialista em Gestão Pública e de Pessoas (UNICA). Administradora de Empresas pela Universidade de Fortaleza (UNIFOR). Exerce a função de Coordenadora Administrativa de Contratos e Parcerias na CAGECE.
5. Doutor em Administração de Empresas (UNIFOR). Mestre Profissional em Controladoria (UFC). Especialista em Controladoria e Gerência Contábil (UNIFOR). Contador pela Universidade Federal do Ceará (UFC). Cargo efetivo concursado de Auditor de Controle Interno na Controladoria e Ouvidoria Geral do Estado do Ceará e cargo em comissão cedido de Coordenador do Memorial da Assembleia Legislativa do Estado do Ceará Deputado Pontes Neto.

## Resumo

A presença das mulheres na alta gestão traz elementos complementares e únicos para os boards das empresas. Com uma visão mais sensível e com uma liderança mais inclusiva e colaborativa, o sexo feminino agrega diferentes experiências e perspectivas, o que contribui para a tomada de decisão, resoluções mais assertivas para os problemas e criação de inovadoras soluções para o negócio. Nesse contexto de vieses da dominação masculina e de grande desigualdade de gênero, criados ao longo da história, propõe-se como objetivo de estudo analisar a aderência das Companhias Estaduais Abertas de Saneamento Básico às melhores práticas de governança corporativa relacionadas à diversidade de gênero na alta gestão, com base no Código Brasileiro de Governança Corporativa (CBGC). Quanto à metodologia, a pesquisa classifica-se como aplicada, qualitativa, descritiva e de natureza bibliográfica e documental. Os resultados mostraram que o poder decisório dessas Companhias, que se encontra nos altos cargos de liderança (Diretoria, Conselho de Administração e Conselho Fiscal) são ocupados, em sua maioria, por homens e que a representatividade feminina está longe do ideal. Por fim, o estudo evidenciou, na maioria das empresas estudadas, um nível de aderência parcial quanto às práticas de diversidade previstas nos CBGC.

**Palavras-chave:** Diversidade de gênero; representatividade feminina; liderança, mulher; desigualdade.

Este texto é um resumo do artigo 'Aderência das Companhias Estaduais de Saneamento às Melhores Práticas de Governança Relativas à Diversidade de Gênero' de Aguiar, M. A. et al., publicado em 2023, disponibilizado no Encontro dos Programas de Pós-Graduação Profissionais de Administração - EMPRAD, 9ª Edição

## Metodologia

A pesquisa traz uma abordagem qualitativa que, segundo Godoy (1995), envolve a coleta e análise de diversos tipos de dados para compreender melhor o fenômeno estudado, adotando uma perspectiva integrada. Silva e Menezes (2000) destacam que a pesquisa qualitativa permite a interpretação dos fenômenos e a atribuição de significados sem a necessidade de métodos estatísticos.

Conforme Vergara (2000), a pesquisa descritiva apresenta características de um fenômeno ou população sem necessariamente explicá-los. Nesse contexto, optou-se por uma pesquisa qualitativa descritiva, baseada em relatórios das Companhias Estaduais de Saneamento e outros documentos, para avaliar a veracidade do pressuposto do estudo.

Quanto à natureza, a pesquisa é aplicada buscando resolver problemas concretos, como a equidade de gênero nos altos cargos de liderança das Companhias de Saneamento, alinhando-se aos conceitos de Vergara (2000). Para Flick (2013), a escolha da amostra na pesquisa qualitativa deve considerar as pessoas ou situações pertinentes à coleta de dados. O estudo focou em Companhias com controle acionário do Estado e capital aberto, como CAGECE, SANEAGO, COPASA, SANEPAR, CASAN e SABESP, analisando membros da alta administração (CAD, CF, Diretoria) responsáveis pela adoção de práticas de governança relacionadas à diversidade.

Por fim, o tratamento dos dados foi através da análise dos documentos pesquisados, comparando as práticas apresentadas pelas empresas com as apresentadas no CBGC. Os documentos publicados por essas empresas e que apresentam informações sobre o objeto da pesquisa são: Formulário de Referência e Relatório da Administração, obrigatórios às Companhias abertas com base em resoluções da Comissão de Valores Mobiliários (CVM); Relatório de Sustentabilidade ou Relato integrado exigido pela Lei das Estatais, Lei Federal nº 13303/16 e demais documentos como políticas que tratam desta temática. Na análise dos documentos institucionais pesquisados, foi feita uma busca utilizando-se de palavras como: diversidade, equidade, gênero, feminino, igualdade e mulher, que resultaram na obtenção das informações. Do ponto de vista temporal, buscou-se as informações mais atualizadas disponíveis referente ao exercício de 2022.

A coleta de dados foi realizada por meio de fontes

secundárias, incluindo análise de documentos como Formulário de Referência, Relatório da Administração e Relatório de Sustentabilidade, obrigatórios às Companhias abertas com base em resoluções da Comissão de Valores Mobiliários (CVM); Relatório de Sustentabilidade ou Relato integrado exigido pela Lei das Estatais, Lei Federal nº 13303/16 e demais documentos como políticas que tratam desta temática. A busca foi feita com foco em termos como diversidade, equidade, gênero, feminino, igualdade e mulher buscando informações mais recentes, especialmente do exercício de 2022. A busca foi feita com foco em termos como diversidade, equidade, gênero, feminino, igualdade e mulher buscando informações mais recentes, especialmente do exercício de 2022. Foi utilizada a tabela como modelo (Quadro 1).

Órgão	Gênero Feminino	% Feminino	Gênero Masculino	% Masculino	Não Binário	Outros	Prefere Não Responder	Total
CAD	-	-	-	-	-	-	-	-
CF	-	-	-	-	-	-	-	-
Diretoria	-	-	-	-	-	-	-	-

Quadro 1 - Atributos físico-químicos analisados no lodo de ETA<sup>1</sup>

## Resultados e discussão

O estudo aborda a aderência das Companhias Estaduais Abertas de Saneamento Básico às melhores práticas de governança corporativas relacionadas à diversidade de gênero na alta gestão, conforme o Código Brasileiro de Governança Corporativa (CBGC). A análise enfoca a composição dos Conselhos de Administração (CAD), Conselhos Fiscais (CF) e Diretorias, que são responsáveis pela condução estratégica e operativa das empresas. A seguir, são apresentadas as principais descobertas sobre a aderência das companhias estudadas.

A análise dos documentos da CAGECE revela um alcance parcial às práticas do CBGC. A Companhia possui políticas de indicação que preveem a diversidade de gênero nos órgãos de alta gestão. No entanto, a representatividade feminina é inferior a 20% em todos os órgãos analisados (CAD, CF e Diretoria). A CAGECE implementou um Comitê ESG para

<sup>1</sup> Fonte: Elaborada pelos autores.

fortalecer ações de sustentabilidade e promoveu um fórum anual abordando temas de governança, riscos e conformidade, com ênfase em diversidade e inclusão. Apesar dos esforços, a Companhia ainda enfrenta desafios para alcançar uma maior inclusão de mulheres na alta gestão.

A CASAN não possui uma política formal de indicação que considere a diversidade de gênero, conforme previsto na 5ª e 6ª edições do CBGC. Entretanto, a empresa destaca-se pela implementação de uma Política de Diversidade, Inclusão e Direitos Humanos, alinhada aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU, que visa promover a equidade de gênero e outras formas de diversidade. A análise dos órgãos de governança mostra uma presença significativa de mulheres no CAD (44,44%), mas a representatividade é baixa no CF (10%) e inexistente na Diretoria.

A COPASA adota uma Política de Indicação que inclui a diversidade de gênero como critério, e aderiu ao Movimento Elas Lideram 2030, que visa aumentar a participação de mulheres em cargos de liderança. Em 2022, a Companhia registrou 33,1% de mulheres em cargos de alta liderança, superando a meta estabelecida pelo Pacto Global. No entanto, essa informação não é completamente corroborada pelos números apresentados no Formulário de Referência, que mostram uma predominância masculina em todas as categorias funcionais, incluindo a alta gestão. A adesão às práticas do CBGC é considerada parcial, com uma representação feminina inexistente no CAD.

A SABESP demonstra aderência às práticas da 5ª edição do CBGC, com uma Política de Indicação e Elegibilidade que prevê a diversidade de gênero. A representatividade feminina no CAD é de 27,27%, e na Diretoria, 50%, o maior percentual entre as companhias analisadas. A empresa implementou várias ações afirmativas voltadas para a diversidade e equidade de gênero, como a Jornada da Diversidade e Inclusão e o programa Mulheres que Transformam, que destacam o protagonismo feminino na empresa. Apesar dos avanços, a SABESP ainda apresenta um nível parcial de aderência à 6ª edição do CBGC, devido à composição do CF exclusivamente masculina. A SANEAGO não possui uma política formal de indicação aprovada pelo CAD, o que compromete sua aderência às práticas do CBGC. A representatividade feminina é de 20% no CAD e de 14,29% na Diretoria,

mas inexistente no CF. A empresa criou o Comitê Permanente para Questões da Mulher e Diversidade, indicando um direcionamento estratégico para a promoção da equidade de gênero. A adesão às práticas do CBGC é parcial, com necessidade de maior inclusão feminina nos órgãos de governança.

A SANEPAR adota uma Política de Indicação que considera a diversidade na composição dos órgãos de governança, mas a representatividade feminina é baixa: 11,11% no CAD e 12,5% na Diretoria, sem presença de mulheres no CF. A empresa implementou a Política de Diversidade, Equidade e Inclusão e conta com o Comitê EXISTIR, que promove a equidade de gênero e inclusão de grupos minorizados. A adesão às práticas da 5ª edição do CBGC é parcial, com a necessidade de maior esforço para aumentar a participação feminina na alta gestão.

## Conclusão

As Companhias Estaduais de Saneamento Básico de capital aberto ainda enfrentam desafios significativos em termos de diversidade de gênero na alta gestão, como evidenciado pela análise das práticas de governança corporativa em conformidade com o Código Brasileiro de Governança Corporativa (CBGC). Embora haja alguma representatividade feminina nos altos cargos de liderança, como Diretorias, Conselhos de Administração e Conselhos Fiscais, essa presença é ainda insuficiente e distante do ideal, revelando uma lacuna entre as declarações e os compromissos com as práticas efetivas de diversidade.

A diversidade no ambiente de trabalho é estratégica para fortalecer a cultura organizacional, promover a inovação e melhorar a tomada de decisões. No entanto, as Companhias analisadas demonstram uma adesão parcial às práticas recomendadas pelo CBGC, com predominância masculina nos órgãos de governança.

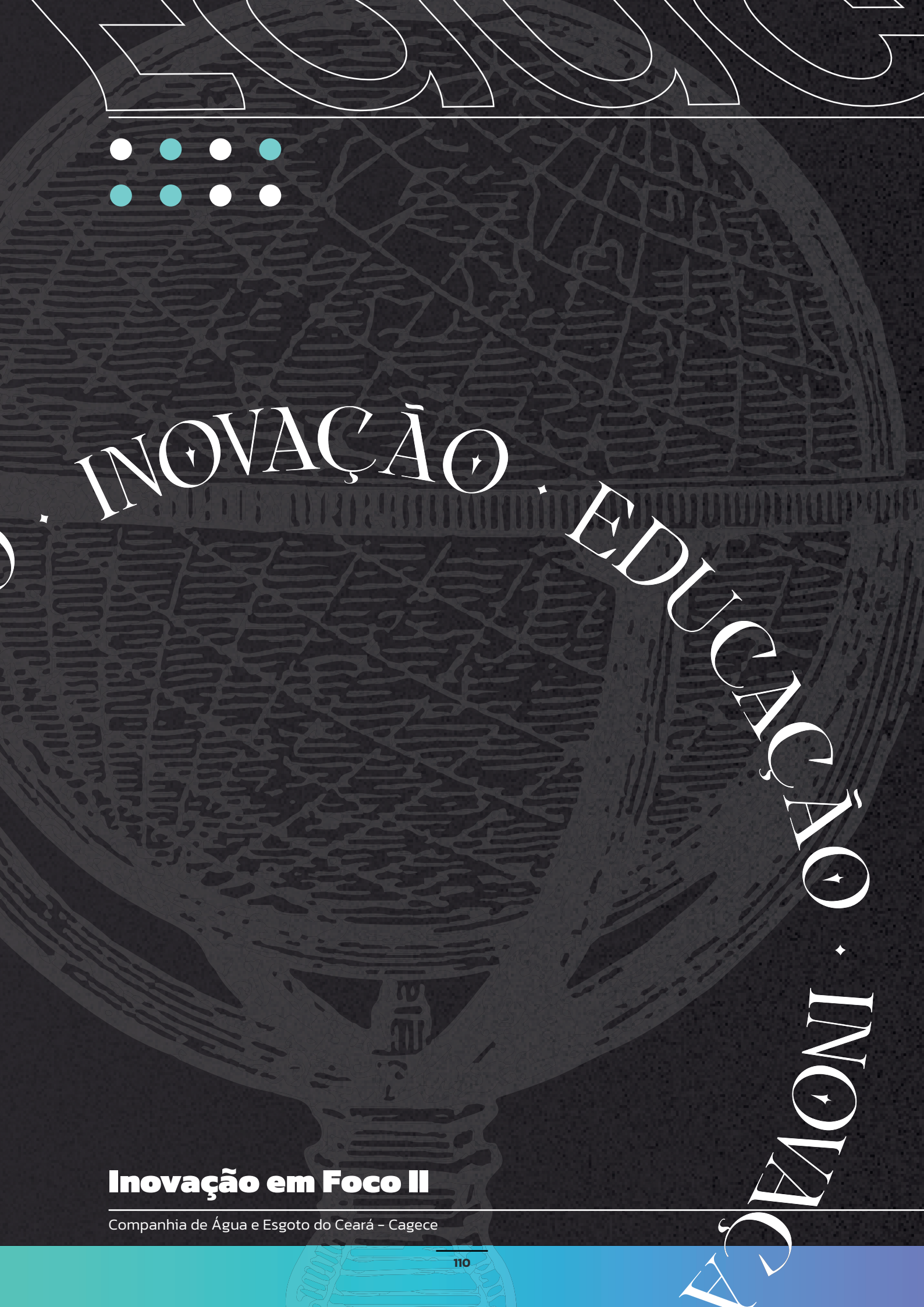
Este estudo confirma a necessidade de um esforço contínuo para transformar as intenções de promover a diversidade em práticas efetivas. As limitações da pesquisa, como a falta de simetria nos documentos disponíveis e a ausência de informações sobre a representatividade de grupos minorizados, indicam a necessidade de futuras investigações. Sugere-se ampliar a coleta de dados, incluindo pesquisas de campo e entrevistas, e considerar recomendações

internacionais para estabelecer um referencial de representatividade mais robusto.

## Referências Bibliográficas

- ARORA, M.L., BARTH, E., UMPHRES, M.B. Technology evaluation of sequencing batch reactors. *Journal Water Pollution Control Federation*, v.57, n.8, p. 867-875, ago. 1985.
- CAGECE. Companhia de Água e Esgoto do Estado do Ceará. Formulário de Referência. Ceará: CAGECE, 2023. Disponível em: <https://ri.cagece.com.br/arquivamentoscvm/documentos-entregues-a-cvm/>. Acesso em: 07 set. 2023.
- CAGECE. Companhia de Água e Esgoto do Estado do Ceará. Informe sobre o Código Brasileiro de Governança Corporativa. Ceará: CAGECE, 2023. Disponível em: <https://www.cagece.com.br/governanca-corporativa/documentos/>. Acesso em: 09 set. 2023.
- CAGECE. Companhia de Água e Esgoto do Estado do Ceará. Política de Indicação. Ceará: CAGECE, 2022. Disponível em: <https://www.cagece.com.br/governancacorporativa/documentos/>. Acesso em: 09 set. 2023.
- CAGECE. Companhia de Água e Esgoto do Estado do Ceará. Relatório da Administração. Ceará: CAGECE, 2023. Disponível em: <https://www.cagece.com.br/governancacorporativa/documentos/>. Acesso em: 09 set. 2023.
- CASAN. Companhia Catarinense de Águas e Saneamento. Código de Conduta e Integridade. Santa Catarina: CASAN, 2023. Disponível em: <https://ri.casan.com.br/governancacorporativa/codigos-e-politicas-da-companhia/>. Acesso em: 08 set. 2023.
- CASAN. Companhia Catarinense de Águas e Saneamento. Formulário de Referência 2023 Casan. Santa Catarina: CASAN, 2023. Disponível em: <https://ri.casan.com.br/governancacorporativa/formulario-cadastral-e-de-referencia/>. Acesso em: 07 set. 2023.
- CASAN. Companhia Catarinense de Águas e Saneamento. Informe sobre o Código Brasileiro de Governança Corporativa. Santa Catarina: CASAN, 2023. Disponível em: <https://ri.casan.com.br/governanca-corporativa/informe-sobre-o-codigo-brasileiro-degovernanca-corporativa/>. Acesso em: 07 set. 2023.
- CASAN. Companhia Catarinense de Águas e Saneamento. Política de Diversidade, Inclusão e Direitos Humanos. Santa Catarina: CASAN, 2023. Disponível em: <https://ri.casan.com.br/governanca-corporativa/codigos-e-politicas-da-companhia/>. Acesso em: 07 set. 2023.
- COPASA. Companhia de Saneamento de Minas Gerais. Código de Conduta e Integridade. Minas Gerais: Copasa, 2023. Disponível em: <https://ri.copasa.com.br/governancacorporativa/codigo-de-conduta/>. Acesso em: 08 set. 2023.
- COPASA. Companhia de Saneamento de Minas Gerais. Formulário de Referência. Minas Gerais: Copasa, 2023. Disponível em: <https://ri.copasa.com.br/formulario-de-referencia/>. Acesso em: 08 set. 2023.
- COPASA. Companhia de Saneamento de Minas Gerais. Informe sobre o Código Brasileiro de Governança Corporativa. Minas Gerais: Copasa, 2023. Disponível em: <https://ri.copasa.com.br/governanca-corporativa/informe-sobre-o-codigo-de-governanca/>. Acesso em: 08 set. 2023.
- COPASA. Companhia de Saneamento de Minas Gerais. Política de Indicação e Elegibilidade de Membros Estatutários. Minas Gerais: Copasa, 2023. Disponível em: <https://ri.copasa.com.br/governanca-corporativa/politicas-e-plano-de-integridade/>. Acesso em: 08 set. 2023.
- COPASA. Companhia de Saneamento de Minas Gerais. Relatório da Administração. Minas Gerais: Copasa, 2023. Disponível em: <https://ri.copasa.com.br/servicos-aosinvestidores/central-de-resultados/>. Acesso em: 08 set. 2023.
- COPASA. Companhia de Saneamento de Minas Gerais. Relatório de Sustentabilidade. Minas Gerais: Copasa, 2023. Disponível em: <https://ri.copasa.com.br/servicos-aosinvestidores/relatorio-de-sustentabilidade/>. Acesso em: 08 set. 2023.
- FLICK, Uwe. Introdução à metodologia da pesquisa: um guia para iniciantes. Tradução: Magda Lope, revisão técnica: Dirceu da Silva. Porto Alegre: Penso, 2013. ISBN: 978-85-65848-08-4
- GODOY, A. S. Pesquisa qualitativa: tipos fundamentais. *Revista de Administração de Empresas*, v. 35, n. 3, p. 20-29, 1995. Disponível em: <http://www.spell.org.br/documentos/ver/12736/pesquisa-qualitativa---tipos-fundamentais/i/ptbr>. Acessado em 21.09.2023
- GLOBAL Compact. United Nations. Company Information. New York, NY: 2023. Disponível em: <https://unglobalcompact.org/what-is-gc/participants/152579-COMPANHIAESTADUAL-DE-GUAS-E-ESGOTOS-CEDAE>. Acesso em: 08 set. 2023.
- SABESP. Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. Código de Conduta e Integridade. São Paulo: Sabesp, 2023. Disponível em: <https://ri.sabesp.com.br/governancacorporativa/codigo-de-conduta-e-integridade/>. Acesso em: 09 set. 2023.
- SABESP. Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. Formulário de Referência. São Paulo: Sabesp, 2023. Disponível em: <https://risabesp.com.br/informacoesfinanceiras/submetidas-a-cvm/>. Acesso em: 09 set. 2023.
- SABESP. Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. Informe sobre o Código Brasileiro de Governança Corporativa. São Paulo: Sabesp, 2023. Disponível em: <https://ri.sabesp.com.br/governanca-corporativa/informe-de-governanca/>. Acesso em: 09 set. 2023.
- SABESP. Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. Política de Indicação e Elegibilidade de Membros Estatutários. São Paulo: Sabesp, 2023. Disponível em: <https://ri.sabesp.com.br/governanca-corporativa/estatuto-e-politicas/>. Acesso em: 09 set. 2023.
- SABESP. Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. Relatório da Administração. São Paulo: Sabesp, 2023. Disponível em: <https://ri.sabesp.com.br/informacoes-financeiras/central-de-resultados/>. Acesso em: 09 set. 2023.
- SABESP. Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. Relatório de Sustentabilidade. São Paulo: Sabesp, 2023. Disponível em: <https://ri.sabesp.com.br/acompanhia/relatorio-de-sustentabilidade/>. Acesso em: 09 set. 2023.
- SANEAGO. Companhia Saneamento de Goiás. Código de Conduta e Integridade. Goiás: Saneago, 2023. Disponível em: <https://ri.saneago.com.br/politicas-regimentos-e-outras>. Acesso em: 17 set. 2023.
- SANEAGO. Companhia Saneamento de Goiás. Formulário de Referência. Goiás: Saneago, 2023. Disponível em: <https://ri.saneago.com.br/documentos-cvm>. Acesso em: 17 set. 2023. SANEAGO. Companhia Saneamento de Goiás. Informe sobre o Código Brasileiro de Governança Corporativa. Goiás: Saneago, 2023. Disponível em: <https://ri.saneago.com.br/informe-de-governanca-corporativa>. Acesso em: 17 set. 2023.
- SANEAGO. Companhia Saneamento de Goiás. Relatório da Administração. Goiás: Saneago, 2023. Disponível em: <https://ri.saneago.com.br/central-de-resultados>. Acesso em: 17 set. 2023.
- SANEAGO. Companhia Saneamento de Goiás. Relatório de Sustentabilidade. Goiás: Saneago, 2023. Disponível em: <https://ri.saneago.com.br/relatorio-de-sustentabilidade>. Acesso em: 17 set. 2023.
- SANEPAR. Companhia de Saneamento do Paraná. Código de Conduta e Integridade. Paraná: SANEPAR, 2023. Disponível em: <https://ri.sanepar.com.br/governanca-corporativa/estatutocodigos-e-politicas>. Acesso em: 09 set. 2023.
- SANEPAR. Companhia de Saneamento do Paraná. Formulário de Referência 2022. Paraná: SANEPAR, 2022. Disponível em: <https://ri.sanepar.com.br/arquivamentos-cvm/formulariode-referencia-e-cadastral>. Acesso em: 09 set. 2023.
- SANEPAR. Companhia de Saneamento do Paraná. Informe sobre o Código Brasileiro de Governança Corporativa 2022. Paraná: SANEPAR, 2022. Disponível em: <https://ri.sanepar.com.br/governanca-corporativa/praticas-de-governanca-corporativa>. Acesso em: 09 set. 2023.
- SANEPAR. Companhia de Saneamento do Paraná. Política de Diversidade, Equidade e Inclusão. Paraná: SANEPAR, 2023. Disponível em: <https://ri.sanepar.com.br/governancacorporativa/estatuto-codigos-e-politicas>. Acesso em: 09 set. 2023.
- SANEPAR. Companhia de Saneamento do Paraná. Política de Indicação. Paraná: SANEPAR, 2023. Disponível em: <https://ri.sanepar.com.br/governanca-corporativa/estatuto-codigos-epoliticas>. Acesso em: 09 set. 2023.
- SANEPAR. Companhia de Saneamento do Paraná. Programa de Integridade. Paraná: SANEPAR, 2023. Disponível em: <https://ri.sanepar.com.br/governanca-corporativa/praticasde-governanca-corporativa>. Acesso em: 09 set. 2023.
- SANEPAR. Companhia de Saneamento do Paraná. Relatório integrado da Sanepar 2022. Paraná: SANEPAR, 2022. Disponível em: <https://ri.sanepar.com.br/apresentacoes-ereportorios/relatorios-anuais>. Acesso em: 09 set. 2023.
- SILVA, L. S.; MENEZES, E. M. Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação. Manual de orientação. Florianópolis, 2001. Disponível em: <<http://www.scribd.com/doc/2367267/DA-SILVA-MENEZES-2001-Metodologia-dapesquisa-e-elaboracao-de-dissertacao>> Acesso em: 20 de setembro 2023
- VERGARA, S. C. Projetos e relatórios de pesquisa em administração. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2000

<sup>1</sup> Fonte: Elaborada pelos autores.



INOVACÃO

EDUCAÇÃO  
ECONOMIA

## Inovação em Foco II

Companhia de Água e Esgoto do Ceará - Cagece

# Educação

Institucional e Empresarial  
do Setor

## **A Importância Do Ensino Em Educação Ambiental Para Profissionais Do Saneamento: O Poder Transformador Do Conhecimento**

*Francisco Edirlan de Sousa Freitas; Aldenor Nunes Freire Neto; Rodrigo Osvald Santos de Sousa; Emerson Santos da Conceição*

## **Educação Socioambiental Através Da Arte: Uma Experiência Em Uma Empresa De Saneamento No Ceará**

*José Germano Moraes; Maria Iany Bessa Silva Menezes; Francisca Daniele Moreira Sampaio*



# A IMPORTÂNCIA DO ENSINO EM EDUCAÇÃO AMBIENTAL PARA PROFISSIONAIS DO SANEAMENTO: O PODER TRANSFORMADOR DO CONHECIMENTO



Francisco Edirlan de Sousa Freitas<sup>(1)</sup>; Aldenor Nunes Freire Neto<sup>(2)</sup>; Rodrigo Osvald Santos de Sousa<sup>(3)</sup>; Emerson Santos da Conceição<sup>(4)</sup>

1. Químico pela Universidade Federal do Ceará – UFC. Mestre em Energia e Ambiente pela Universidade Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira – UNILAB. Supervisor Técnico de Combate às Perdas e Medição da Companhia de Água e Esgoto do Ceará – Cagece.
2. Analista da Companhia de Água e Esgoto do Ceará – Cagece.
3. Analista da Companhia de Água e Esgoto do Ceará – Cagece.
4. Acadêmico em Engenharia Agrícola e Ambiental pelo Centro Universitário UNINTA. Desenhista da Companhia de Água e Esgoto do Ceará – Cagece.

## Resumo

O presente artigo se propõe a destacar uma análise da importância do ensino em Educação Ambiental (EA) para profissionais do setor do saneamento básico. A pesquisa relata a percepção desses profissionais aos conhecimentos relacionados à temática em questão. O estudo foi realizado em uma Unidade de Negócio do Estado de Ceará, onde esses profissionais trabalham nos eixos de água e esgoto, sendo principalmente atuantes na rede de distribuição de água, com prestação de serviços e atendimentos de demandas operacionais nos municípios de Viçosa do Ceará, Carnaubal, Varjota, Reriutaba e Pires Ferreira. A metodologia foi desenvolvida com base em um conjunto de atividades didáticas, tais como aplicação de questionários, que buscava entender a percepção dos colaboradores em relação a algumas questões ambientais e conceituais das suas próprias áreas de atuação, contextualização com o dia a dia, revisão de conteúdos relacionados ao setor do saneamento, discussão em sala de aula, realização de atividades práticas. Os autores abordam a temática da Educação Ambiental (EA) no centro da discussão, promovendo uma reflexão sobre os conceitos relativos à participação, engajamento, participação social, educação em saúde e educação ambiental. Conforme resultados obtidos, foi observado no diagnóstico após o curso/treinamento/capacitação, os colaboradores em sua grande maioria, 76,92% não tinha ideia do grau de relevância do ensino dentro da temática trabalhada, ou seja, não possuíam a importância da dimensão e dos impactos positivos que suas atividades significavam para o bem-estar da população, comprovando através da pesquisa em relação aos conceitos relacionados a qualidade da água, quando somente 3,58% conhecem os termos relacionados. O processo de aprendizagem é algo constante, dinâmico, quase que infinito, por isso faz-se necessário ficar atento às necessidades do conhecimento que precisam ser adquiridos no mercado de trabalho e nas relações com os outros e com o meio ambiente. As mudanças ocorrem em todo o tempo e nos envolve em um processo de criação de competências, saberes e habilidades. Dessa forma, pode-se concluir que o trabalho realizado foi de grande relevância para o aperfeiçoamento para os colaboradores.

**Palavras-chave:** Educação, Ambiental, Saneamento, Ensino, Aprendizagem.

Este texto é um resumo do artigo 'A Importância do Ensino em Educação Ambiental Para Profissionais do Saneamento: O Poder Transformador do Conhecimento' de Freitas, F. E. S. et al, publicado em 2023, disponibilizado no XIV Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental Natal/RN – Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais – IBEAS



## Metodologia

Com base nos objetivos relacionados desse trabalho, os procedimentos metodológicos adotados para a realização da pesquisa consistem em realizar análise da percepção dos colaboradores de uma Unidade de Negócio, responsável pelos serviços de Saneamento, distribuição de água e coleta de esgoto, sendo esses serviços ligados diretamente a todas as áreas citadas, ou seja, envolvendo coleta, tratamento, distribuição, controle de perdas e qualidade do produto.

Esse trabalho é uma recomendação de uma pesquisa realizada e publicada em 2022, a qual buscava-se entender qual a percepção dos colaboradores de uma Unidade de Negócio nas ações desenvolvidas e conceitos relacionados ao combate, controle e gestão de perdas. Nessa pesquisa foi identificadas diversas necessidades além das dificuldades nas atividades diárias relacionadas à temática saneamento ambiental.

Dessa forma, foram seguidos os seguintes procedimentos para realização da pesquisa.



Fig. 1 - Fluxograma das Atividades metodológicas

## Resultados e discussão

Diante das constantes mudanças e melhorias operacionais que são necessários para manter o bom funcionamento dos Sistemas de Abastecimento de Água, também é de fundamental importância investimentos na qualificação da mão de obra. Os recursos humanos são a principal força motriz que impulsiona e faz funcionar toda uma estrutura complexa, para que assim cada cidadão consiga abrir sua torneira e desfrutar de uma água de qualidade.

Araújo (2006, p. 92) diz "Note que treinamento e desenvolvimento, podem enfatizar tanto a tarefa

quanto a pessoa que vai executá-la, buscando um aprendizado ou aprimoramento como resultado final". Chiavenato (2010, p. 367) complementa afirmando essa afirmação que "Ambos, treinamento e desenvolvimento constituem processo de aprendizagem".

As Figuras 02 e 03 mostram o processo ensino-aprendizagem em sala de aula com a temática em questão.



Fig. 2 - Sala de Aula - Reriutaba



Fig. 3 - Acervo do próprio autor (2023)

Dessa forma observa-se que o caminho adotado pela gestão da Unidade está em consonância com os anseios dos colaboradores, pois conforme observado no diagnóstico após o curso/treinamento/capacitação, os colaboradores em sua grande maioria, 76,92% não tinha ideia do grau de relevância do ensino dentro da temática trabalhada, conforme a Figura 4. Os mesmos dados da pesquisa afirmam a necessidade da implementação de ações contínuas de cursos, capacitações e treinamento que habilitem o colaborador a entender tanto a teoria quanto a prática de procedimentos corretos nas áreas de água e esgoto. Conforme o gráfico 1 e 2, os colaboradores em sua maioria não conhecem e nem sabem diferenciar alguns parâmetros de qualidade e hidráulicos que são utilizados em sua rotina diária. Somente 3,58% conhecem os termos relacionados qualidade de água.

Reforçando a ideia de que as capacitações precisam ser realizadas de forma sistemática e contínua, para que assim os conceitos, teorias e práticas sejam constantemente lembrados por esse público. Importante destacar as metodologias que melhor adequação para o público-alvo.

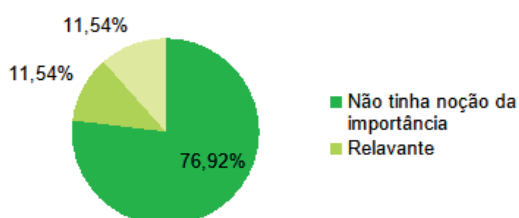


Gráfico 1 - Percentual de Colaboradores sobre a importância do Ensino

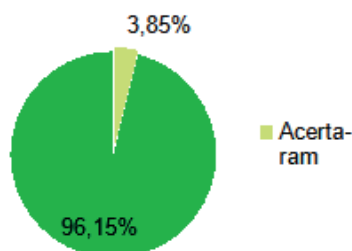


Gráfico 2 - Diferença entre Cor e Turbidez

Outros destaque bastante preocupante foi a diferenciação de certos conceitos relacionados ao dia a dia dos colaboradores do setor do saneamento. A definição de conceitos relacionados a vazão, pressão e volumes nos Sistemas de Abastecimento de Água – SAA. Um ponto bastante relevante, devido à vivência muitos dessas definições acabam sendo esquecidas, de tal forma que o trabalho e a rotina não exigem a conceituação e isso dificulta a aprendizagem. Dessa forma como uma proposta para os colaboradores atuais e os futuros, a criação de uma castilha com esses principais conceitos elaborada de forma ilustrativa e visualmente atraente, poderia torna-se uma alternativa para que assim essas informações não se perdessem ao longo da trajetória.

## Conclusão

O processo de aprendizagem é algo constante, dinâmico, quase que infinito, por isso faz-se necessário ficar atento as necessidades do conhecimento que

precisam ser adquiridos no mercado de trabalho e nas relações com os outros e com o meio ambiente. As mudanças ocorrem em todo o tempo e nos envolve em um processo de criação de competências, saberes e habilidades.

A aprendizagem não é um amontoado sucessivo e constante de coisas ou conhecimento que se vão reunindo em uma espécie de pacote. Pelo contrário, trata-se de uma rede ou teia de interações neuronais extremamente complexas, dinâmicas e em constante movimento, que vão criando estados gerais qualitativamente novos no cérebro humano". (ASSMANN, 1998, p. 40). Aprender, nada mais é do que o desenvolvimento do cérebro, exercício constante, da cognição. Segundo Assmann (1998, p. 132), aprender "não se trata apenas de entender conceitos novos, entendidos com ferramentas interpretativas".

Dessa forma, pode-se concluir que o trabalho realizado foi de grande relevância para o aperfeiçoamento dos colaboradores, podendo também contribuir para futuras ações, tais como:

1. Necessidade constante de capacitações dentro das temáticas Saneamento Ambiental;
2. A importância do Ensino em Educação Ambiental para profissionais do Saneamento;
3. Fortalecer as constantes interações do ambiente de trabalho e a sala de aula.

## Referências Bibliográficas

1. CHIAVENATO, Idalberto. Gestão de Pessoas: o novo papel dos recursos humanos nas organizações: 3. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.
2. ASSMANN, Hugo. Reencantar a educação: rumo à sociedade aprendente. Petrópolis, RJ: Vozes, 1998.
3. FREITAS, et al. A percepção dos colaboradores de uma unidade de negócio nas ações desenvolvidas e conceitos relacionados ao combate, controle e gestão de perdas. Revista SANEAS, Ano XII, edição 81, Julho a Setembro de 2022.
4. BRITO, Sônia Christo Aleixo. LOPES, Talisson de Sousa. IMPORTÂNCIA DO ENSINO TÉCNICO PROFISSIONAL PARA O MERCADO DE TRABALHO. ESTUDO DE CASO DA E.E PADRE MENEZES EM LAGOA SANTA/MG. Conedu. VII Congresso Nacional de Educação. Maceio – Alagoas.
5. Márcia Moisés Débora et al. The federal politics of basic sanitation and the initiatives of participation, mobilization, social control, health and environmental education. Ciência & Saúde Coletiva, 15(5):2581-2591, 2010
6. FERREIRA, Paulo Afonso. Educação profissional é investimento no futuro. Jornal Folha de São Paulo. São Paulo, 22 de abril de 2019. Disponível em: <https://noticias.portaldaindustria.com.br/artigos/paulo-afonso-ferreira/educacao-profissional-e-investimento-no-futuro> Acesso em: 27 de julho de 2021.



# EDUCAÇÃO SOCIOAMBIENTAL ATRAVÉS DA ARTE: UMA EXPERIÊNCIA EM UMA EMPRESA DE SANEAMENTO NO CEARÁ



José Germano Morais<sup>(1)</sup>; Iany Bessa Silva Menezes<sup>(2)</sup>; Francisca Daniele Moreira Sampaio<sup>(3)</sup>.

1. Tecnólogo em Saneamento Ambiental pelo Instituto Federal do Ceará (IFCE). Especialista em Gestão Ambiental pelo Instituto Federal do Ceará (IFCE). Coordenador Industrial na Unidade de Negócio da Bacia Metropolitana Leste (UNBML) da Companhia de Água e Esgoto do Estado do Ceará (CAGECE).
2. Professora Orientadora Doutora da Universidade Estadual do Ceará (UECE). Mestre em Educação. Especialista em Arte Educação.
3. Tecnóloga em Gestão Ambiental pelo Instituto Federal do Ceará (IFCE). Técnico Operacional na Unidade de Negócio da Bacia do Acaraú e Coreaú (UNBAC) da Companhia de Água e Esgoto do Estado do Ceará (CAGECE).

## Resumo

O presente trabalho tem como objetivo analisar o ensino de arte como meio de promover a educação socioambiental em uma empresa de saneamento do estado do Ceará. O estudo foi realizado por meio de uma pesquisa qualitativa, utilizando como principal instrumento de coleta de dados a observação participante e a conversas com atores envolvidos no processo de educação ambiental na Companhia de Água e Esgoto do Estado do Ceará – CAGECE. A partir da análise, foi possível identificar que a arte pode ser utilizada como uma ferramenta eficaz no ensino de conceitos relacionados ao meio ambiente, despertando o interesse e a sensibilização das crianças/alunos e dos colaboradores da empresa. Viu-se a importância da educação ambiental no contexto empresarial, especialmente em empresa de saneamento, pública ou privada, que tem como missão preservar e promover a sustentabilidade ambiental. Nesse sentido, a utilização da arte como recurso pedagógico no processo de educação ambiental contribui para a formação de indivíduos mais conscientes e comprometidos com a preservação do meio ambiente. Na pesquisa, foram identificadas algumas ações que esta atividade pode trazer para a sociedade, abordando situações que o ensino de arte na educação ambiental traz a conscientização dos envolvidos. Em suma, o estudo mostrou que o ensino de arte pode ser uma ferramenta eficaz no processo de educação socioambiental em uma empresa de saneamento, promovendo a conscientização e a mudança de comportamento dos participantes em relação ao meio ambiente. No entanto, é necessário comprometimento para superar os desafios e aprimorar essa prática nas empresas.

**Palavras-chave:** Arte, Educação ambiental, Empresa de saneamento.

## Metodologia

A metodologia adotada neste estudo foi, em sua maior parte, a revisão de literatura com o objetivo de investigar a temática “Educação Socioambiental através da Arte: Uma Experiência em uma Empresa de Saneamento no Ceará”. A revisão de literatura é uma abordagem que permite a análise crítica e a síntese de estudos e publicações já existentes sobre o tema de interesse, contribuindo para a fundamentação teórica da pesquisa (MATOS, 2015).

A revisão de literatura é fundamental para a escrita de um texto científico, independentemente do gênero: uma tese, uma dissertação, um projeto ou a escrita de um artigo científico de revisão. Sobre essa temática, Noronha e Ferreira (2000), ao apresentarem uma análise da produção bibliográfica, enfatizam a questão da temporalidade nas áreas temáticas, podendo assim fornecer um estado da arte sobre um tópico específico, evidenciando, dessa forma, ideias novas, métodos com maior ou menor evidência na literatura especializada.

Ao propiciar encontro de pesquisas com similaridades, assim como análise da metodologia utilizada, a revisão oportuniza aos pesquisadores a elaboração de textos a partir de uma perspectiva histórica sobre determinado tema, tanto em nível nacional quanto internacional, dependendo da abrangência, exigindo assim expertise como condição básica para o crescimento de pesquisas sobre a área de estudo.

Como afirma Dorsa (2020), o fio condutor na elaboração de um projeto de pesquisa, de teses, dissertações ou mesmo da escrita de um artigo, a revisão de literatura estabelece uma linha de raciocínio que pode guiar a leitura dos pesquisadores, levando-os das premissas às conclusões. É importante enfatizar que a grande pergunta com relação à revisão de literatura é a busca de responder ao seguinte questionamento: o que foi desenvolvido por outros pesquisadores sobre este tema?

Para alcançar o objetivo de levantar, agrupar e apresentar metodologias que podem ser utilizadas no processo de construção de Arte e Educação, voltadas para ações socioambiental em concordância com a Política Nacional de Educação e Política Nacional de Educação Ambiental, bem como com o Indicador Diagnóstico proposto pela Articulação Nacional de Políticas Públicas de Educação Ambiental (ANPPEA), adotou-se a revisão sistemática da literatura.

Para Souza, Silva e Carvalho (2010), a pesquisa bibliográfica é uma das melhores formas de iniciar um estudo, buscando-se semelhanças e diferenças entre os artigos levantados nos documentos de referência. A compilação de informações em meios eletrônicos é um grande avanço para os pesquisadores, democratizando o acesso e proporcionando atualização frequente. O propósito geral de uma revisão de literatura de pesquisa é reunir conhecimentos sobre um tópico, ajudando nas fundações de um estudo significativo. Esta tarefa é crucial para os pesquisadores.

Assim, este trabalho foi desenvolvido conjuntamente por meio de uma pesquisa de campo com o intuito de verificar de que forma a Artes Visuais e Educação Socioambiental estão presentes no ensino de arte na educação socioambiental junto a empresa analisada, no caso a Companhia de Água e Esgoto do Estado do Ceará – CAGECE.

De acordo com Gonsalves (2001) a pesquisa de campo é o tipo de pesquisa que pretende buscar a informação diretamente com a população pesquisada. Ela exige do pesquisador um encontro mais direto. Nesse caso, o pesquisador precisa ir ao espaço onde o fenômeno ocorre, ou ocorreu e reunir um conjunto de informações a serem documentadas.

Nesta pesquisa foi utilizado uma abordagem do tipo Pesquisa de campo. Onde Barros e Leheld (2003) dita que o investigador assume o papel de observador e explorador buscando dados no local do fenômeno abordado.

A primeira etapa da metodologia consistiu na realização de uma pesquisa bibliográfica, utilizando bases de dados da referida empresa de saneamento do Estado, no caso a CAGECE, bem como consulta a textos e publicações que abordem assuntos relacionados ao tema proposto.

Sendo realizadas junto ao locus da pesquisa, visitas e observações de aulas de campo para conhecer o Programa de Educação Ambiental, fazendo um levantamento de dados pelo acompanhamento, para posteriormente, desenvolver atividades de Arte e fazer uma análise da eficiência e viabilidade da linguagem da Arte nas atividades idealizadas pelo programa da CAGECE.

Observando e conhecendo o Projeto de Educação Ambiental da Gerência de Responsabilidade e Inte-

ração Social – GERIS da Cagece, que é voltado para desenvolvimento da Educação Ambiental através de ações artísticas. O programa é desenvolvido por uma equipe de colaboradores próprio e contratados pela Cagece que são capacitados para atuar em ações socioambientais, dentre as ações são desenvolvidas atividade de arte e educação socioambiental com crianças, geralmente na faixa etária de 07 a 12 anos. Essas atividades, em sua maioria, são realizadas em escolas de ensino infantil e fundamental, sendo desenvolvidas diferentes atividades para envolver as crianças nessa importante tarefa de sensibilização.

Destacam-se o teatro de fantoches (Figura 01), que de forma lúdica e interativa aborda a importância do uso responsável da água e os benefícios do sistema de esgotamento sanitário. Bem como são realizadas minipalestras (Figura 02) sobre o Sistema de Abastecimento de Água e o Sistema Esgotamento Sanitário, visando esclarecer as dúvidas das crianças e promover a conscientização sobre a relevância desses sistemas para a comunidade.

Outra atividade que desperta o interesse das crianças/alunos é um tabuleiro gigante (Figura 03), onde eles podem aprender de forma divertida sobre a jornada da água e sua importância para a vida cotidiana.

Além disso, também conta com a atividade da visita virtual (Figura 04) à Estação de Tratamento de Água (ETA), permitindo que as crianças conheçam o processo de tratamento, purificação e distribuição da água, sendo realizada uma sensibilização para os cuidados com o desperdício e o uso racional da água, bem como os cuidados com a poluição de rios e mares.

Após a seleção, leitura do material e visitas a companhia, foi realizada a análise e síntese dos dados obtidos, seguida pela elaboração dos resultados e conclusões da pesquisa. A qual serve como uma ferramenta valiosa para a compreensão a respeito do tema, oferecendo um panorama e destacando a relevância e a diversidade de estudos realizados nessa área. Sendo que tanto a análise quanto a síntese dos dados extraídos dos artigos foram realizadas de forma descritiva, possibilitando observar, contar, descrever e classificar os dados, com o intuito de reunir o conhecimento produzido sobre o tema explorado na revisão.

A pesquisa foi organizada em seções que abordaram diferentes aspectos da Arte e Educação Socioambiental em empresa. Foram discutidos tópicos como arte e educação ambiental, abordando a concepção homem e a educação ambiental em relação com a arte; e arte, educação ambiental e crianças. Tratando assim, a importância da transversalidade da arte junto as ações de educação social e ambiental, a interdisciplinaridade entre diferentes disciplinas, e a realização de práticas de campo como estratégia pedagógica.



Fig.1 – Teatro de fantoches e personagens – Escola Municipal de Itaitinga/CE



Fig.2 – Mini-palestras de sensibilização nas salas de aulas – Escola Municipal de Itaitinga/CE



Fig.3 – Stand da Cagece na Cidade Mais Infância em Fortaleza/CE



Fig.4 - Visita virtual a Estação de Tratamento de Água (ETA) da Cagece, em escola e comunidade

## Resultados e discussão

Conforme análise do estudo, observa-se que o ensino de arte na educação socioambiental é uma área de estudo relevante e impactante, especialmente quando aplicada em empresas, sejam elas públicas e/ou privadas, de saneamento. Haja vista alguns pontos importantes a serem considerados, que o referido projeto de pesquisa trouxe para a vivência da sensibilização de crianças ao tema.

Abordando a integração da arte no contexto socioambiental, explorou-se como a arte pode ser integrada nas empresas de saneamento, bem como em demais empresas que se tenha interesse em abordar o tema. A arte, como uma ferramenta para sensibilizar, por sua vez não se resume só a apresentações de teatro ou dança, como se pensa muitas vezes, pois pode incluir a criação de murais, esculturas ou instalações que abordem questões ambientais, promovendo a conscientização e incentivo práticas sustentáveis.

Outra situação que se investigou é que as referidas atividades de arte pode ser usada como uma ferramenta para sensibilizar não somente o público infantil, mas também funcionários, clientes e a comunidade, que estão envolvidas nas atividades socioambientais, sobre a importância da preservação ambiental.

O desenvolvimento de habilidades criativas, uma vez que a análise do ensino de arte pode desenvolver aptidões criativas nas crianças participantes das atividades, como oficinas ou programas que envolvam ensino de arte junto a educação ambiental estimulam a expressão artística e a imaginação.

O desenvolvimento de habilidades críticas, o ensino de arte unido a educação ambiental promove o pensamento crítico e a resolução de problemas relacionados a questões ambientais. Por exemplo, as crianças podem ser levadas a criar projetos artísticos que abordem alguns desafios específicos enfrentados pelas empresas de saneamento.

Observar que o ensino de arte influencia a cultura organizacional da empresa, uma vez que esta promove valores como colaboração, inovação e responsabilidade ambiental. Além de quer, as atividades artísticas melhora o bem-estar dos funcionários e sua satisfação no trabalho.

Não se pode deixar de analisar o papel da Arte como uma poderosa ferramenta de Educação Ambiental, uma vez que aos ser usada especificamente para educar sobre questões ambientais, a arte inspira mudanças de comportamento em relação ao meio ambiente.

Diante do contexto da análise, também pode avaliar o impacto do ensino de arte na educação socioambiental na empresa, vindo como isso pode incluir pesquisas, entrevistas ou análise de projetos artísticos em andamento. E identificou indicadores de sucesso, pois grande parte do público participante das ações e atividade demonstram uma sensibilização com o tema ambiental apresentado, o que contribui para mudanças de atitude ou adoção de práticas sustentáveis.

Mas, ao se trabalhar arte voltada para a educação ambiental, principalmente por empresas, nem sempre é uma tarefa fácil, pois o papel do gestor e sua equipe em um projeto de ensino com essa temática é crucial para o sucesso e impacto positivo. Dentre as situações a serem buscadas e até enfrentadas, pode-se citar algumas a seguir.

O gestor deve planejar e estruturar o programa de ensino de arte, considerando os objetivos socioambientais da empresa de saneamento, envolvendo e definindo metas, cronogramas, recursos necessários e estratégias de implementação. Bem como conseguir o aval favorável dos demais diretores e sócios da empresa.

Deve-se buscar e estabelecer uma boa articulação interinstitucional, firmando parcerias com outras instituições, como escolas, universidades, ONGs e

artistas locais, essa colaboração permite a troca de conhecimentos, recursos e experiências, enriquecendo o programa de ensino de arte, de forma a envolver ao máximo a comunidade atendida pela empresa.

E uma situação final para o bom desempenho de projetos de arte e educação ambiental, é o fato do gestor ter que ser um defensor tanto de educação ambiental, como de arte dentro da empresa. Comunicando assim sobre os benefícios, resultados e oportunidades relacionadas ao ensino de arte ambiental.

Em resumo, o gestor e a equipe que ficar a frente destas atividades em uma empresa, seja pública ou privada, desempenha um papel estratégico na integração da arte à educação socioambiental, promovendo mudanças positivas na cultura organizacional, na conscientização ambiental e na qualidade de vida da comunidade envolvida.

## Conclusão

Diante de tantas assertivas, conclui-se que fazer um Trabalho com o tema “Ensino de Arte na Educação Socioambiental em uma Empresa de Saneamento do Estado do Ceará” pode ser desafiador, mas também recompensador. Pois esse estudo trouxe ações que são fundamentais para o bom desempenho do papel da arte junto a educação ambiental.

O tema ao combinar educação, arte e questões socioambientais, trás uma maior integração a essas áreas que requer uma compreensão profunda de cada uma delas e a capacidade de conectá-las de forma significativa. Bem como, equilibra o conhecimento técnico sobre saneamento com a sensibilidade artística e a compreensão das questões ambientais.

Permite realizar uma coleta dados relevantes sobre a empresa de saneamento, sua cultura organizacional, funcionários e práticas socioambientais, e assim propor e buscar acessos a materiais de pesquisa, entrevistas com especialistas e informações específicas sobre projetos de arte na empresa pode ser limitado.

O fato do engajamento de funcionários, gestores e outros envolvidos na pesquisa e no projeto, cria

estratégias que motivam a participação e garantem que os envolvidos compreendam a importância do projeto.

Análise do impacto do ensino de arte na educação socioambiental pela empresa, demonstrando que a arte contribuiu para mudanças positivas, desenvolvendo métodos de avaliação eficazes e coletar dados relevantes para comprovar os resultados.

Um fator de relevância a ser abordado quanto ao ensino de arte voltado para educação ambiental é o fato deste ser atrativo e inovador, possibilitando criar abordagens criativas e práticas, especialmente em um contexto que envolvam empresas de saneamento. Sendo fundamental, encontrar maneiras de estimular a criatividade dos participantes e manter o interesse ao longo do projeto.

E por finalização dos resultados deste estudo, temos que ao trabalhar um tema de grande relevância no cenário atual das empresas de saneamento, bem como para a população em geral, que é a situação ambiental dentro da arte, temos que buscar garantir que o projeto seja conduzido de maneira ética e responsável por todas as partes envolvidas. Lembrando que cada desafio também traz oportunidades de aprendizado e crescimento, e ao superá-los, está se contribuindo para a área de educação socioambiental e ampliando seu conhecimento em arte, educação e sustentabilidade.

## Referências Bibliográficas

1. BARROS, A. J. P.; LEHFELD, N. A. S. Projeto de Pesquisa: propostas metodológicas. 14. ed. Petrópolis, RJ: Vozes, 2003.
2. DORSA, Arlinda C. O Papel da Revisão da Literatura na Escrita de Artigos Científicos. Interações, Campo Grande, MS, v. 21, n. 4, out./dez. 2020. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/inter/a/ctsj4sLz6CkZYQfZWBS4Lbr/>. Acesso em 20 de maio de 2024.
3. GONSALVES, Elisa P. Iniciação à pesquisa científica. Campinas, SP: Alínea, 2001.
4. MATOS Paulo de C. Tipos de Revisão de Literatura. Faculdade de Ciências Agronômicas, UNESP, Botucatu, 2015.
5. NORONHA, Daisy P.; FERREIRA, Sueli M. S. P. Revisões de Literatura. In: CAMPELLO, Bernadete S.; CONDÓN, Beatriz V.; KREMER, Jeannette M. (orgs.). Fontes de Informação para Pesquisadores e Profissionais. Belo Horizonte: UFMG, 2000.
6. SOUZA, Marcela T.; SILVA, Michelly D.; CARVALHO, Raquel de. Revisão Integrativa: o que é e como fazer. Einstein, São Paulo, v. 8, n. 1, p. 102-106, 2010. Disponível em: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.scielo.br/j/eins/a/ZQTBkVJZqcWrTT34cXLjtBx/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 14 de maio 2024.



# INOVACÃO

# OUTROS INOVAC

## Inovação em Foco II

Companhia de Água e Esgoto do Ceará - Cagece



# OUTROS

## **Relatório De Verificação Ambiental Como Instrumento De Controle Em Obras De Saneamento Básico**

*Alisson Carlos Melo Oliveira; Andreza Dnarla Oliveira Santos; Bruna Vitória Nascimento Santana; Sandra Iara do Nascimento Freitas; Valéria Silva Rocha*

## **A Gestão Dos Resíduos Sólidos Da Construção Civil Em Obras De Saneamento Básico**

*Alisson Carlos Melo Oliveira; Andreza Dnarla Oliveira Santos; Bruna Vitória Nascimento Santana; Sandra Iara do Nascimento Freitas; Valéria Silva Rocha*

## **Relação Entre Covid-19, Saneamento E Indicadores Do Perfil Municipal Do Estado Do Ceará**

*Herivanda Gomes de Almeida; Lívia Arruda Castro; João da Silva Cavalcante; Allan Clemente de Souza; Silvano Porto Pereira; Rafael Santiago da Costa; José Carlos Mierzwa; Francisco Suetônio Bastos Mota*

## **Aplicação De Geoprocessamento Para Geração De Modelo Integrado Ao Swmm Em Uma Bacia Litorânea No Estado Do Ceará**

*João da Silva Cavalcante; Silvano Porto Pereira; Maísa de Calda Lopes; Herivanda Gomes de Almeida; Claudiane Quaresma Pinto Bezerra; Iran Eduardo Lima Neto*

## **Avaliação Da Intrusão Marinha No Manancial Subterrâneo Na Sub-Bacia Do Baixo Jaguaribe No Município De Itaiçaba – Ce**

*Raimundo Jovenildo do Nascimento; Neyla Cristina de Oliveira Lima; José Ronaldo Pessoa; José Alcides da Silva Júnior; Renato Régis de Melo*

## **O Grupo De Apoio Do Instituto Bia Dote: Trabalhando O Luto Com As Famílias Sobreviventes De Suicídio**

*Helissandra Helena Silva Botão*



# RELATÓRIO DE VERIFICAÇÃO AMBIENTAL COMO INSTRUMENTO DE CONTROLE EM OBRAS DE SANEAMENTO BÁSICO



Alisson Carlos Melo Oliveira<sup>(1)</sup>; Andreza Dnarla Oliveira Santos<sup>(2)</sup>; Bruna Vitória Nascimento Santana<sup>(3)</sup>; Sandra Iara do Nascimento Freitas<sup>(4)</sup>; Valéria Silva Rocha,<sup>(5)</sup>

1. Especialista em Engenharia Ambiental pela Faculdade Integrada do Ceará, Tecnólogo em Recursos Hídricos/Saneamento Ambiental pelo Instituto Centro de Ensino Tecnológico – Centec, Graduando em Engenharia Ambiental e Sanitária pela Faculdade Católica Paulista, Função Gratificada Técnica III na Companhia de Água e Esgoto do Ceará – Cagece
2. Graduada em Tecnologia e Gestão Ambiental pelo Instituto Federal do Ceará (IFCE), Mestre em Tecnologia e Gestão Ambiental pelo Instituto Federal do Ceará (IFCE), Doutora em Engenharia Civil – Saneamento Ambiental pela Universidade Federal do Ceará (UFC)<sup>(2)</sup>
3. Graduada em Engenharia Civil no Instituto Federal do Ceará<sup>(3)</sup>
4. Graduada em Tecnologia e Gestão Ambiental pelo Instituto Federal do Ceará (IFCE), Mestre em Tecnologia e Gestão Ambiental pelo Instituto Federal do Ceará<sup>(4)</sup>
5. Graduada em Engenharia Ambiental na Universidade Federal do Ceará<sup>(5)</sup>

## Resumo

A busca pela sustentabilidade no setor da construção civil demanda uma avaliação contínua dos impactos ambientais para determinar a viabilidade dos empreendimentos durante o processo construtivo. Este trabalho objetiva avaliar a eficácia do Relatório de Verificação Ambiental (RVA) como uma ferramenta de gestão ambiental em obras de responsabilidade da Companhia de Água e Esgoto do Estado do Ceará (CAGECE) a fim de possibilitar o acompanhamento regular das atividades, facilitando a aplicação de ações corretivas e a tomada de decisões estratégicas para cumprir as exigências da legislação ambiental. A metodologia adotada baseia-se no banco de dados da Coordenação de Licenciamento e Outorga de Projetos e Obras, vinculado a Gerência de Projetos de Engenharia, por meio de revisões sistemáticas dos dados levantados mensalmente pela coordenação. Os resultados obtidos revelaram que o gerenciamento dos resíduos gerados no canteiro é a principal não conformidade das obras analisadas, tendo uma recorrência de 49,35%. As irregularidades compreendem desde a disposição incorreta no local até a não apresentação, por parte da contratada, de documentos exigidos pela CAGECE referentes ao monitoramento dos resíduos. Por fim, a aplicação efetiva do Relatório de Verificação Ambiental (RVA) na supervisão da execução das obras resultou em uma notável diminuição de 50% na quantidade de não conformidades ambientais identificadas ao longo do ano. Assim, o estudo demonstra a aplicação cuidadosa dos RVAs como uma abordagem promissora para instigar uma mudança de consciência e comportamento na organização durante a realização das obras, assegurando o compromisso com a sustentabilidade e a preservação dos recursos naturais.

**Palavras-chave:** Controle ambiental, sustentabilidade, saneamento.

Este texto é um resumo do artigo 'Relatório de Verificação Ambiental Como Instrumento de Controle em Obras de Saneamento Básico' de Oliveira, A. C. M. et al, publicado em 2023, disponibilizado no XIV Congresso de Gestão Ambiental Natal/RN – Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais – IBEAS

## Metodologia

O presente trabalho foi construído a partir da análise dos relatórios de verificação ambiental elaborados pela Coordenadoria de Outorga e Licenciamento de Projetos e Obras, vinculada a Gerência de Projeto de Engenharia da Companhia de Água e Esgoto do Ceará (CAGECE) no período de janeiro a dezembro de 2022. A base de dados empregada foi do controle interno da empresa, sendo este alimentado mensalmente pelos analistas ambientais responsáveis.

O estudo é definido como descritivo exploratório (GIL, 2002) que se utiliza das informações coletadas com intuito de entender a correlação existente entre o monitoramento ambiental desenvolvido e as medidas de controle resultantes. Dessa forma, a pesquisa tem caráter qualitativo e quantitativo, a fim de averiguar a eficiência da aplicação do RVA como uma ferramenta de gestão ambiental dentro da Companhia.

O Relatório de Verificação de Ambiental, objeto dessa pesquisa, é composto por informações gerais do empreendimento, levantamento das licenças vigentes, constatações de atendimento às condicionantes, autorização de supressão vegetal, utilização de recursos minerais e hídricos, acondicionamento dos resíduos sólidos da construção civil, assim como a disposição final ambientalmente correta (conforme o Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos da Construção Civil pré-aprovado de acordo com a legislação vigente).

Os resultados encontrados foram dispostos de forma a evidenciar a relação intrínseca das exigências apresentadas nos relatórios e as iniciativas de correção efetuadas pelas empresas contratadas durante o processo de instalação dos empreendimentos licenciados. Considerou-se, ainda, aspectos qualitativos de gestão, ressaltando os mecanismos de comunicação entre contratada e contratante na busca por adequação aos padrões de sustentabilidade ambiental de obras de saneamento básico.

## Resultados e discussão

A partir dos dados levantados observou-se que no ano de 2022 foram realizadas, em média, 25 visitas mensais aos empreendimentos de responsabilidade da CAGECE em etapa de instalação e ampliação. O número de vistorias varia em função do início de

novas obras e da conclusão da fase de implantação. Estas abrangiam localidades do interior do estado, na Capital Fortaleza e região metropolitana, dividindo-se entre sistemas de tratamento de água e de esgotamento sanitário.



Fig. 1 - Visitas realizadas às obras de saneamento da CAGECE ao longo do ano de 2022.

Para fins de estudo, foi coletada uma amostragem de 10 obras vistoriadas em todo o período de janeiro a dezembro de 2022, objetivando verificar as não conformidades mais recorrentes. Assim, percebeu-se que o gerenciamento dos resíduos gerados no canteiro é a principal problemática das obras analisadas, tendo uma recorrência de 49,35% (Figura 2). As irregularidades compreendem desde a disposição incorreta no local até a não apresentação, por parte da contratada, de documentos exigidos pela CAGECE referentes ao monitoramento dos resíduos.

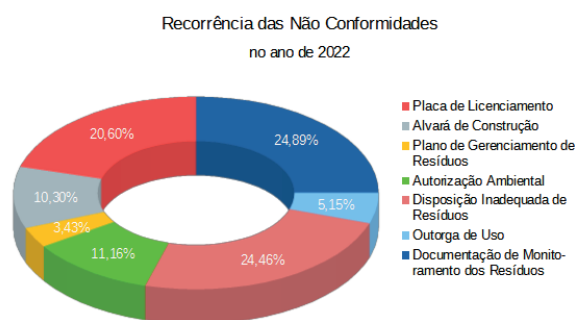


Fig. 2 - Recorrência das não conformidades nos Relatórios de Verificação Ambiental.

Arelado a isso, foi realizada a apuração dos quantitativos dos resíduos classe A, B e D, gerados em 6 das 10 obras acompanhadas que apresentaram os Manifestos de Transporte de Resíduos (MTR's) durante o período. Assim, têm-se que um percentual de 90,3% desses resíduos foram enviados para usi-

nas de reciclagem ou destinados corretamente.

É possível perceber ainda a eficiência da aplicação do Relatório de Verificação Ambiental (RVA) no acompanhamento da execução das obras, havendo uma redução significativa na quantidade de não conformidades ambientais registradas nos empreendimentos visitados durante o ano, como pode ser observado na Figura 3. Comparando os meses de janeiro e dezembro, têm-se de modo perceptível uma queda de quase 50% nas ocorrências catalogadas pelos analistas, alcançado menores índices nos meses de junho, julho e agosto.

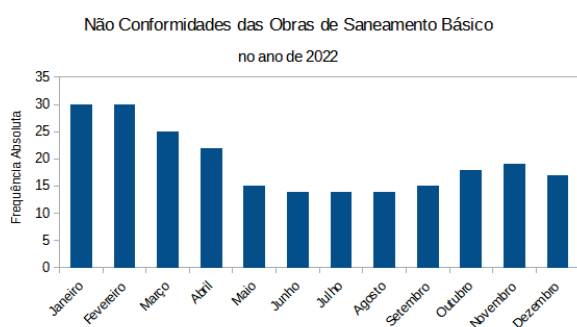


Fig. 3 - Não conformidades das obras de Saneamento Básico

Pode-se, dessa forma, atribuir o decaimento no quantitativo de não conformidades às notificações realizadas pela CAGECE às empresas contratadas por meio das atestações verificadas nos RVAs das obras em execução acompanhadas pela Companhia naquele período. Outro fator importante é a participação dos gestores das obras, fiscais e engenheiros no entendimento das conformidades ambientais, possibilitando por parte das contratadas uma mudança cultural na execução da política ambiental da Cagece.

## Conclusão

Definimos o Relatório de Verificação Ambiental (RVA) como uma estrutura objetiva e abrangente quanto aos impactos causados pela instalação dos Sistemas de Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário da CAGECE, visando o acompanhamento não apenas das condicionantes da licença ambiental, mas também focado em componentes de monitoramento para além das exigências do licenciamento.

Dos tópicos analisados, o conhecimento das não conformidades auxilia na criação de planos de ação que ajudam na gestão ambiental do empreendimento, e ainda, colaboram no entendimento das maiores dificuldades de adequação das empresas em relação ao meio ambiente. Com resultados satisfatórios, a periodicidade e implementação dos relatórios permitiu reduzir a frequência de inconformidades verificadas.

Os resultados satisfatórios alcançados evidenciam que a aplicação diligente dos relatórios de verificação ambiental é um caminho promissor para garantir a mudança de consciência e de comportamento da organização no desenvolvimento das obras, garantindo, assim, seu comprometimento com a sustentabilidade, qualidade de vida da população e a preservação dos recursos naturais no Estado do Ceará.

Conclui-se, portanto, que o Relatório de Verificação Ambiental (RVA) desempenha um papel essencial para a Companhia de Água e Esgoto do Estado do Ceará (CAGECE) na avaliação dos aspectos ambientais envolvendo a implantação de obras de saneamento básico, visando sua conformação com as normas ambientais vigentes. Ressalta-se, por fim, que sua eficácia depende de uma elaboração correta e detalhada, da participação de especialistas qualificados e do comprometimento das empresas contratadas e órgãos governamentais envolvidos.

## Referências Bibliográficas

- SILVA, A. C. P. Panorama principiológico do PL N° 3729/2004: As limitações aos princípios do direito ambiental nas obras de saneamento básico. 2022. Monografia (Bacharel em Direito) - Universidade de Brasília, Brasília, 2022.
- DAMATO, M., MACUCO, P. 2002. Proposta metodológica para avaliação e mitigação de impactos ambientais decorrentes da implantação de obras de saneamento básico. In: CONGRESSO INTERAMERICANO DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL. 28., 2002. Cancún. Anais... Cancún. Associação Interamericana de Engenharia Sanitária e Ambiental.
- BRASIL. Lei n°. 11.445 de 5 de Janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei no 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências.
- MELO, L. R. C.; ANDRADE NETO, C. O. Variação da qualidade da água de chuva em três pontos distintos da cidade de Natal-RN. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 24., 2007, Belo Horizonte. Anais... Rio de Janeiro: ABES, 2007. (CD-ROM)
- SÁNCHEZ, L. Avaliação de impacto ambiental: conceitos e métodos. São Paulo: Oficina de Textos, 2006.
- GIL, A.C. (2002) Como elaborar projetos de pesquisa. 4ª ed. São Paulo: Atlas S/A.



# A GESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL EM OBRAS DE SANEAMENTO BÁSICO



Alisson Carlos Melo Oliveira<sup>(1)</sup>; Andreza Dnarla Oliveira Santos<sup>(2)</sup>; Bruna Vitória Nascimento Santana<sup>(3)</sup>; Sandra Iara do Nascimento Freitas<sup>(4)</sup>; Valéria Silva Rocha,<sup>(5)</sup>

1. Especialista em Engenharia Ambiental pela Faculdade Integrada do Ceará, Tecnólogo em Recursos Hídricos/Saneamento Ambiental pelo Instituto Centro de Ensino Tecnológico – Centec, Graduando em Engenharia Ambiental e Sanitária pela Faculdade Católica Paulista, Função Gratificada Técnica III na Companhia de Água e Esgoto do Ceará – Cagece. (1)
2. Graduada em Tecnologia e Gestão Ambiental pelo Instituto Federal do Ceará (IFCE), Mestra em Tecnologia e Gestão Ambiental pelo Instituto Federal do Ceará (IFCE), Doutora em Engenharia Civil – Saneamento Ambiental pela Universidade Federal do Ceará (UFC)(2)
3. Graduada em Engenharia Civil no Instituto Federal do Ceará(3)
4. Graduada em Tecnologia e Gestão Ambiental pelo Instituto Federal do Ceará (IFCE), Mestra em Tecnologia e Gestão Ambiental pelo Instituto Federal do Ceará(4)
5. Graduada em Engenharia Ambiental na Universidade Federal do Ceará(5)

## Resumo

O setor da construção civil apresenta um cenário atrelado aos elevados índices de impacto ambiental, uma vez que os resíduos sólidos gerados, provenientes das construções, demolições, escavação e preparação de terrenos, não possuem uma cultura de destinação final adequada. Este trabalho objetiva, a partir de uma abordagem qualitativa de dados, analisar a efetividade do processo de gerenciamento dos Resíduos Sólidos da Construção Civil (RCC) em obras de responsabilidade da Companhia de Água e Esgoto do Estado do Ceará (CAGECE) a fim de garantir condutas de mitigação dos impactos negativos em seus processos construtivos. A metodologia adotada baseia-se no banco de dados da Coordenação de Licenciamento e Outorga de Projetos e Obras, vinculado a Gerência de Projetos de Engenharia, por meio de revisões sistemáticas dos dados de acompanhamento dos Manifestos de Transporte de Resíduos Sólidos (MTR). Os resultados obtidos revelaram que houve um aumento de 87,5% no monitoramento de resíduos sólidos produzidos nas obras da Companhia de 2020 para 2022, sendo cerca de 90% dos RCC pertencentes à Classe A. Em 2022, os quantitativos encaminhados para reciclagem ou usinas somaram 99,9%. Sendo assim, o modelo de acompanhamento ambiental dos resíduos proposto pela CAGECE, por meio de visitas in loco, relatórios de verificação e análise de documentos, alinha com os resultados de valorização ambiental e um desenvolvimento sustentável do canteiro de obra. Assim, a organização dá um passo significativo em direção a um modelo mais consciente, onde os materiais são reutilizados e reintegrados de forma eficiente na cadeia produtiva.

**Palavras-chave:** Resíduos, reciclagem, controle ambiental.

Este texto é um resumo do artigo 'A Gestão dos Resíduos Sólidos da Construção Civil em Obras de Saneamento Básico' de Oliveira, A. C. M. et al, publicado em 2023, disponibilizado no IV Congresso On-line Internacional de Sustentabilidade – Revista Multidisciplinar de Educação e Meio Ambiente

## Metodologia

O presente trabalho foi construído a partir da análise dos Manifestos de Transporte de Resíduos (MTR's) referentes às obras executadas pela Companhia de Água e Esgoto do Ceará (CAGECE), apresentados no período de janeiro de 2021 a dezembro de 2022.

O estudo é definido como descritivo exploratório (GIL, 2002) que se utiliza das informações coletadas com intuito de constatar a eficiência do monitoramento ambiental realizado pela Companhia no gerenciamento de resíduos gerados em obras de sua responsabilidade. Dessa forma, a pesquisa busca estabelecer uma relação entre as ferramentas de gestão empregadas e o quantitativo dos resíduos destinados corretamente durante o período vigente.

O Relatório de Verificação Ambiental (RVA) foi um dos instrumentos de controle ambiental aplicados pela CAGECE no acompanhamento dos RCC's, sendo composto por informações pertinentes ao licenciamento, acondicionamento e disposição final adequada dos resíduos sólidos da construção civil, tendo como principal produto a entrega frequente dos MTR's. O documento é elaborado mensalmente pelos analistas após visita ao local de implementação do empreendimento para constatações de não conformidades ambientais, estando a empresa contratada passível de notificação caso seja constatada alguma inconsistência quanto à sustentabilidade da obra.

Atrelado a isso, a CAGECE comprometeu-se ainda a manter um diálogo com as empresas responsáveis pela execução de seus projetos por meio do Repasse Ambiental, reunião anterior ao processo de instalação na qual são discutidas questões relacionadas às exigências requeridas em licenças e autorizações ambientais, responsabilidades atribuídas a cada uma das partes envolvidas e procedimentos padrões de apresentação de documentações necessárias para o devido acompanhamento dos componentes ambientais.

Os resultados encontrados foram dispostos de forma a evidenciar a relação do controle de resíduos sólidos efetuado durante o período analisado e as medidas empregadas de destinação ambientalmente correta. Considerou-se, ainda, aspectos qualitativos de gestão, ressaltando os mecanismos de comunicação entre contratada e contratante na busca por adequação aos padrões de sustentabilidade ambiental de obras de saneamento básico.

## Resultados e discussão

A partir dos dados levantados, observou-se um crescimento no quantitativo de obras que apresentaram o monitoramento de geração de resíduos da construção civil de responsabilidade da CAGECE, partindo de 3 empreendimentos em 2020 para 24 no ano de 2022 como consta na Figura 1. Esse acréscimo deve-se, principalmente, à regulamentação da Portaria 280/2020 de 5 de junho de 2020 que institui o Manifesto de Transporte de Resíduos como ferramenta de gestão na implantação e operacionalização do plano de gerenciamento de resíduos.

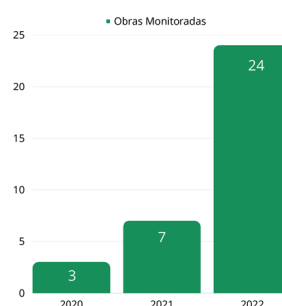


Fig. 1 - Obras monitoradas nos anos de 2020, 2021 e 2022

Os resíduos catalogados no escopo deste trabalho, compreendem as classificações A, B e D segundo a Resolução CONAMA N°307/2002 que estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Dessa forma, 80% dos resíduos monitorados eram de Classe A, sendo estes provenientes de construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infra-estrutura. No ano de 2022, a porcentagem de resíduos classe D cresceu em relação ao ano anterior, composto em sua maioria por pavimento asfáltico (Figura 2)..

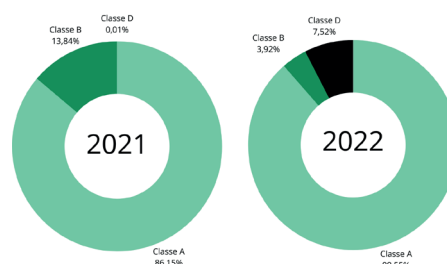


Fig. 2 - Classificação dos resíduos monitorados

Para fins de estudo, foi coletada uma amostragem de 6 obras que apresentaram os Manifestos de Transporte de Resíduos (MTR's) durante todo o período de janeiro de 2021 a dezembro de 2022, objetivando verificar o destino final dado pelas empresas aos

resíduos oriundos das atividades executadas nas obras.

No ano de 2021, constatou-se que cerca de 95,64% dos resíduos foram destinados para usinas de reciclagem, enquanto 2,56% foram enviados para aterros sanitários. Em 2022, os quantitativos encaminhados para reciclagem ou usinas somaram 99,9%, ao passo que os contingentes destinados para aterros públicos apresentaram um percentual de 0,1% (Figura 3).

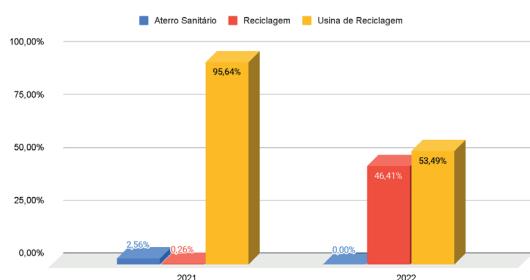


Fig. 3 - Classificação dos resíduos monitorados

Os resultados apresentados devem-se, sobretudo, às vistorias mensais aos locais das obras e à cobrança realizada por meio do Relatório de Verificação Ambiental, documento que atesta as não conformidades ambientais observadas pelos analistas na instalação do empreendimento. Outro fator relevante é a participação dos gestores das obras, fiscais e engenheiros no monitoramento dos resíduos da construção civil, possibilitando uma mudança cultural na execução da política ambiental da Companhia.

## Conclusão

A exigência da emissão de Manifestos de Transporte de Resíduos (MTR) pelas empresas contratadas no canteiro de obras da Companhia de Água e Esgoto do Estado do Ceará (CAGECE) representa um controle rigoroso sobre o fluxo de resíduos gerados, mas também cria um sistema transparente que promove a rastreabilidade e a responsabilidade ao longo de todo o ciclo de gerenciamento.

Os resultados satisfatórios evidenciam que a aplicação diligente do monitoramento ambiental, exigindo que as empresas parceiras documentem detalhadamente a quantidade, tipo e destino dos resíduos transportados, demonstra um compromisso com a conformidade regulatória, a proteção do meio

conformidade regulatória, a proteção do meio ambiente e a promoção de uma cultura de sustentabilidade no setor da construção civil.

Conclui-se, portanto, que a integração de usinas de reciclagem no processo de destinação final cria um modelo exemplar no setor de construção e infraestrutura. Esse enfoque não apenas minimiza os efeitos negativos no meio ambiente, mas também exemplifica a responsabilidade corporativa e governamental em adotar práticas que reverberam positivamente em nossa sociedade e ecossistema.

## Referências Bibliográficas

- ALMEIDA, M. S. T.; MELO, M. C. de; BOARETO, M. D.; REZENDE, R. M. Análise da correlação do volume de resíduos sólidos provenientes da construção civil com o produto interno bruto para os municípios no estado de Minas Gerais. Revista Augustu. v.24, n. 49, p.320-331. Rio de Janeiro, 2020.
- BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente. (2002) Resolução CONAMA no. 307, de 5 de julho de 2002. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão de resíduos da construção civil. Ministério do Meio Ambiente: CONAMA, 2002. Diário Oficial da União. Brasília, DF: Imprensa Oficial.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Portaria no 280, de 29 de junho de 2020. Institui o Manifesto de Transporte de Resíduos - MTR nacional, como ferramenta de gestão e documento declaratório de implantação e operacionalização do plano de gerenciamento de resíduos, dispõe sobre o Inventário Nacional de Resíduos Sólidos e complementa a Portaria no 412, de 25 de junho de 2019. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 1o de janeiro de 2021.
- GIL, A.C. (2002) Como elaborar projetos de pesquisa. 4ª ed. São Paulo: Atlas S/A.



# RELAÇÃO ENTRE COVID-19, SANEAMENTO E INDICADORES DO PERFIL MUNICIPAL DO ESTADO DO CEARÁ



Herivanda Gomes de Almeida <sup>(1)</sup>; Livia Arruda Castro <sup>(2)</sup>; João da Silva Cavalcante <sup>(3)</sup>; Allan Clemente de Souza <sup>(4)</sup>; Silvano Porto Pereira <sup>(5)</sup>; Rafael Santiago da Costa <sup>(6)</sup>; José Carlos Mierzwa <sup>(7)</sup>; Francisco Suetônio Bastos Mota <sup>(8)</sup>

1. Doutoranda em Engenharia Civil/Saneamento pela UFC/DEHA. Técnica de Suporte em Saneamento da Companhia de Água e Esgoto do Ceará (Cagece).
2. Doutora em Administração e Controladoria pela Universidade Federal do Ceará (UFC). Atuou como Analista de Gestão na Companhia de Água e Esgoto do Estado do Ceará (Cagece).
3. Mestrando em Engenharia Civil/Recursos Hídricos pela UFC/DEHA. Engenheiro da Companhia de Água e Esgoto do Ceará (CAGECE).
4. Doutorando em Engenharia Civil – Saneamento Ambiental – Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental – DEHA (UFC). Assistente de Gestão IV da Companhia de Água e Esgoto do Estado do Ceará (Cagece).
5. Doutor em Engenharia Civil/Saneamento Ambiental pela Universidade Federal do Ceará (UFC). Especialista da Companhia de Água e Esgoto do Ceará (Cagece).
6. Doutor em Agronomia/Fitotecnia pela Universidade Federal do Ceará (UFC). Engenheiro da Companhia de Água e Esgoto do Ceará (Cagece).
7. Pós-doutor na Escola de Engenharia e Ciências Aplicadas de Harvard. Professor e Pesquisador da Universidade de São Paulo e Coordenador de Projetos do Centro Internacional de Referência em Reúso de Água (CIRRA).
8. Doutor em Saúde Pública (Saúde Ambiental) pela Universidade de São Paulo (USP). Professor Titular da Universidade Federal do Ceará. Membro da Academia Cearense de Ciências e da Academia Cearense de Engenharia.

## Resumo

A Covid-19, caracterizada como pandemia pela Organização Mundial da Saúde (OMS), tornou-se um desafio sanitário. Estudos de tendências sociais e ambientais podem contribuir para a gestão de surtos da Covid-19 pelas autoridades sanitárias e governamentais. Neste contexto, este estudo objetivou associar casos confirmados de Covid-19 com indicadores de saneamento e indicadores sociais de 152 municípios do Ceará. As associações foram determinadas por métodos estatísticos descritivos, histograma, diagrama de dispersão e coeficiente de correlação de Spearman, e multivariáveis, Análise de Componentes Principais – ACP. Os resultados mostraram que a mesorregião Metropolitana de Fortaleza foi classificada de intermediário a muito alto para o número de casos confirmados por Covid-19, aproximadamente 45,4%. Fortaleza, epicentro da doença, contabilizou quase 33% dos casos ocorridos na mesorregião. As mesorregiões do interior do estado: Noroeste Cearense, Norte Cearense, Sul Cearense, Centro-Sul Cearense, Jaguaribe e Sertões Cearenses apresentaram escala moderada ou baixa para a incidência do coronavírus. Pela ACP, as variáveis densidade demográfica, população com água e coleta de esgoto estiveram associadas aos confirmados com Covid-19. A análise de correlação de Spearman mostrou que existe relação positiva forte e significativa ( $p < 0,05$ ) entre os casos confirmados de Covid-19 com população com água e com coleta de esgoto e índice de desenvolvimento humano (IDH), assim como relação moderada entre casos confirmados de Covid-19 com produto interno bruto (PIB) per capita e IDH. Com base nos resultados conclui-se que o adensamento demográfico e a economia local estiveram mais associados à transmissão do SARS-CoV-2 do que os indicadores de saneamento básico.

**Palavras-Chave:** SARS-CoV-2; Métodos estatísticos; Correlação.

Este texto é um resumo do artigo 'Relação Entre Covid-19, Saneamento e Indicadores do Perfil Municipal do Estado do Ceará' de Almeida, H. G. et al, publicado em 2024, disponibilizado na Universidade do Contestado – Saúde & Meio Ambiente Revista Interdisciplinar



## Metodologia

### Área de estudo

O estudo foi aplicado ao Estado do Ceará, particularmente aos municípios atendidos pela Companhia de Água e Esgoto do Ceará (CAGECE), que totalizam 152 municípios dos 184 municípios do estado (Apêndice A). Os demais 32 municípios não foram incluídos na amostragem por dependerem de Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE) e de Sistema Integrado de Saneamento Rural (SISAR).

### Obtenção das variáveis analisadas

Os dados de casos de Covid-19 dos 152 municípios do Ceará foram obtidos do site Coronavírus//Brasil, abrangendo a primeira e segunda onda, de março de 2020 a setembro de 2021. As informações dos perfis municipais foram do Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará – IPECE e da Companhia de Água e Esgoto do Ceará – Cagece. Para o estudo, as variáveis foram divididas em dois grupos: indicadores sociais municipais (densidade demográfica, Índice de Desenvolvimento Urbano (IDH), Produto Interno Bruto (PIB per capita), taxa de urbanização, confirmados Covid-19) e indicadores de saneamento/ambientais (população com água e população com coleta de esgoto).

### Organização dos dados e elaboração do mapa de calor

Os dados dos 152 municípios foram organizados por mesorregião com intuito de evitar a extrapolação dos efeitos do epicentro de contaminação comunitária (Fortaleza) para as demais regiões. Assim, as representações gráficas e o mapa de calor estiveram associados à divisão do estado do Ceará em sete mesorregiões: Noroeste Cearense, Norte Cearense, Metropolitana de Fortaleza (MF), Mesorregião dos Sertões Cearenses, Mesorregião do Jaguaribe, Mesorregião do Centro-Sul Cearense e Mesorregião do Sul Cearense. O mapa de calor foi construído a partir dos dados de casos de Covid-19 e as notificações foram agrupadas no centróide de cada município. Desta forma, o mapa omite a real dispersão espacial dos dados das localidades dentro de um mesmo município. A ferramenta utilizada para a composição do mapa foi o software QGIS, versão 3.26.0. Para a análise de distribuição, dispersão e correlação do conjunto de dados, aplicou-se logaritmo natural (ln) para melhor visualização gráfica dos histogramas e diagramas de dispersão sem alteração das correla-

ções entre as variáveis.

### Análise estatística

Para descrever ou fazer inferência sobre o conjunto dos dados, utilizou-se a estatística descritiva (histograma, diagrama de dispersão e coeficiente de correlação de Spearman) e Análise de Componentes Principais – ACP. Para tanto, utilizou-se o software R, versão 4.1.2, nas funções `chart.correlation` (histograma, diagrama de dispersão e correlação de Spearman) e `fviz_pca` (Análise de Componentes Principais-PCA), através do ambiente de desenvolvimento Rstudio. Foram consideradas correlações fortes aquelas que apresentaram valores maiores do que 0.7, moderadas entre 0.7 e 0.5 e fraca para os demais casos.

## Resultados e discussão

Os casos de Covid-19 se acentuam na mesorregião Metropolitana de Fortaleza (MF), representada pelos municípios de Aquiraz, Caucaia, Eusébio, Fortaleza, Guaiúba, Horizonte, Itaitinga, Maracanaú, Maranguape, Pacajus e Pacatuba. A mesorregião obteve classificação de zona que se estende de “intermediário a muito alto”, em maioria na zona de “muito alto” para os casos confirmados. Em contrapartida, as mesorregiões do interior do estado: Noroeste Cearense, Norte Cearense e Sul Cearense apresentaram escala moderada para o número de casos e o Centro-Sul Cearense, Jaguaribe e Sertões Cearenses obtiveram baixa notificação para a Covid-19, de março de 2020 a setembro de 2021 (Figura 1).

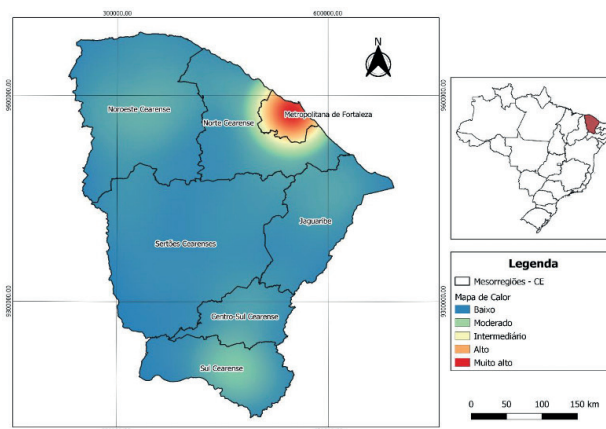


Fig. 1 – Mapa de calor dos casos de Covid-19 por municípios do Ceará distribuídos nas mesorregiões

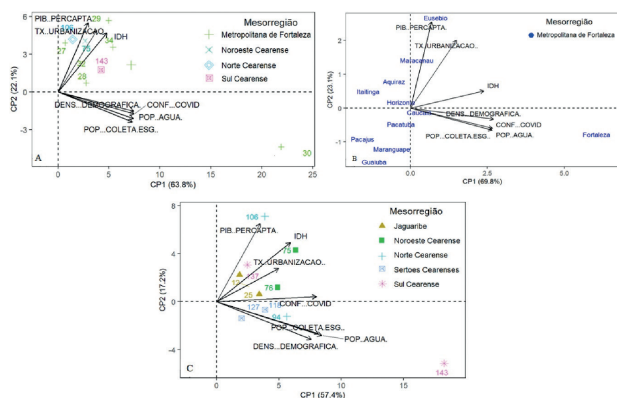
Para a Análise de Componentes Principais (ACP), o teste de esfericidade de Bartlett mostrou que as variáveis originais são correlacionadas entre si e podem ser resumidas a componentes principais ( $p$ -value < 0,05). O teste KMO (Kaiser-Meyer-Olkin) indicou que pela medida geral (MAS = 0.83), a amostragem foi considerada adequada para a ACP. Desse modo, entende-se que, diante da técnica de ACP (Figura 2), para todas as mesorregiões (Figura 2A) os componentes 1 e 2 foram mais influentes sobre o conjunto de dados, apresentaram os maiores autovalores (0,64 e 0,22, respectivamente) e foram responsáveis por 85,9% da variabilidade total, em que o CP1 foi responsável por 63,8% e o CP2 por 22,1%. Em análise, infere-se que os dois primeiros componentes resumem efetivamente a variância amostral total e podem ser utilizados para o estudo do conjunto de dados (Hongyu, Sandanielo e Oliveira, 2016). As variáveis densidade demográfica (DENS.DEMOGRAFICA), população com água (POP.AGUA), confirmados por Covid-19 (CONF.COVID) e população com coleta de esgoto (POP.COLETA.ESG) foram mais representativas para o CP1 e estiveram associadas pela variabilidade (correlacionadas). As variáveis PIB per capita (PIB.PERCAPITA), taxa de urbanização (TX.URBANIZACAO) e Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) estiveram influenciadas pelo componente principal 2 (CP2). Além disso, percebe-se que o grupo formado pela CP1 está associado à mesorregião Metropolitana com mais contribuição para a dispersão dos dados, sobretudo sob influência de Fortaleza (epicentro da doença) e o grupo da CP2 além da mesorregião Metropolitana, esteve sobre influência da Noroeste Cearense, Norte Cearense e Sul Cearense. Nesse caso, apresentaram destaques as cidades de Aquiraz, Caucaia, Eusébio, Horizonte, Maracanaú, Sobral, São Gonçalo do Amarante e Juazeiro do Norte para a associação das variáveis. Pela análise, percebe-se que as cidades mais influentes reúnem os maiores indicadores demográficos e econômicos. Para Kerr et al. (2020), o percentual de domicílios com adensamento excessivo tem direta associação com a transmissão, o que também é verificado no estudo ao analisar a associação entre os confirmados e a demografia que a correlação é lógica.

Quando se analisa a ACP apenas para a região Metropolitana (Figura 2B), considerando a região de maior concentração dos testes e de casos positivos, houve 92,9% de explicação pelos componentes 1 e 2. Assim como a ACP da Figura 3A, as variáveis densidade demográfica, população com água e po-

pulação com coleta de esgoto e IDH estiveram correlacionadas positivamente aos casos confirmados por Covid-19 e explicadas fortemente pela CP1. A variável IDH mais representativa pela CP1, pode ainda apresentar correlação com as variáveis influenciadas pela CP2 (PIB per capita e taxa de urbanização). Nesse caso, mesmo não muito diferente dos demais, entende-se que principalmente na capital do Estado, área mais desenvolvida em termos de indicadores de saúde, saneamento e de economia, espera-se um maior número de testagem e notificações, o que difere de áreas mais remotas e menos desenvolvidas, que se espera uma subnotificação (Albani et al., 2021).

Do mesmo modo, realizando a ACP apenas para as mesorregiões do interior do Estado (Figura 2C), a explicação da variabilidade total pelos componentes 1 e 2 é de 74,6% e os confirmados por Covid-19 estiveram no intermédio entre associação com taxa de urbanização, IDH, PIB per capita e com densidade demográfica, população com água e coleta de esgoto. Separando as associações, entende-se que o agrupamento formado pela CP1 (Confirmados Covid-19, densidade demográfica e população com água e coleta de esgoto) foi influenciado significativamente pelas cidades de Itapipoca, Crateús, Quixadá e Juazeiro do Norte, pertencentes ao Norte Cearense, Sertões Cearenses e Sul Cearense.

O grupo formado pela CP2 (confirmados por covid, taxa de urbanização, PIB per capita e IDH) esteve associado às mesorregiões Jaguaribe, Noroeste Cearense e Norte Cearense. As cidades que contribuíram para a correlação foram Aracati, Russas, Sobral, Tianguá, São Gonçalo do Amarante e Barbalha. Diante das associações semelhantes das mesorregiões e da influência significativa dos municípios mais desenvolvidos e mais densos, seja pela característica urbana, maiores centros econômicos, que propiciam um fluxo constante de pessoas, mantém-se o entendimento de que esses são mais propensos à instalação do vírus. Para Borges et al., (2020), o crescente deslocamentos de indivíduos mundialmente e a expansão demográfica são fatores antropogênicos que impactam diretamente na transmissão do SARS-CoV-2, causando dispersão viral pela rota tradicional (gotículas) e ciclos novos de transmissão, sobretudo depois das postulações de transmissão do vírus por meio de superfícies contaminadas (Jones, 2020).



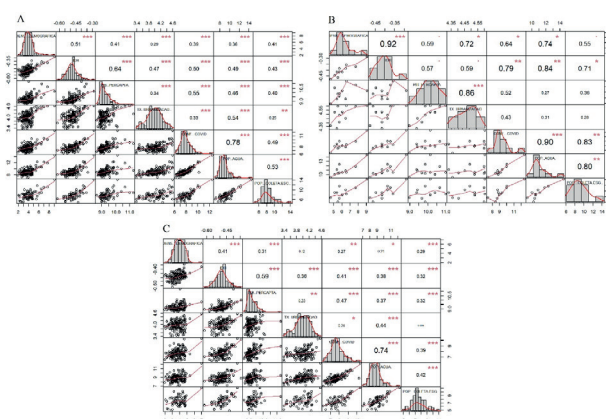
**Fig. 2 - ACP das mesorregiões: Metropolitana e Interior (A), Metropolitana (B) e Interior (C). Biplot referente aos municípios (indivíduos) e variáveis (Indicadores do perfil municipal) do Ceará**

Nas Figuras 4A, 4B e 4C que analisam a distribuição, Nas Figuras 3A, 3B e 3C que analisam a distribuição, dispersão e correlação entre as variáveis, verifica-se que os dados apresentaram distribuição assimétrica (anormal) e, em maioria, ocorreu bom ajuste desses nas distribuições. Além dos coeficientes de correlação de Spearman, pode-se deduzir os tipos de correlações nos diagramas de dispersão pela concentração dos dados (pontos) e pelas retas crescentes. Desse modo, todas as relações são positivas, ou seja, as variáveis estão proporcionalmente correlacionadas. Referindo-se à Figura 3A (Metropolitana e Interior), as correlações variam de 0,25 a 0,78, correspondendo aos pares (TX.URBANIZAÇÃO, POP. COLETA.ESG) e (CONF.COVID, POP.AGUA), respectivamente. Existe uma relação forte entre os confirmados com Covid-19 e população com água (0,78) e relação moderada entre confirmados com Covid-19 com PIB per capita (0,55) e IDH (0,50). Pela análise de correlação de Spearman, todas as correlações foram significativas ( $p < 0,05$ ).

Quando se analisa somente a região metropolitana de Fortaleza (Figura 3B), infere-se que há correlação forte entre os confirmados por Covid-19 com IDH (0,79) e com população com água (0,9) e coleta de esgoto (0,83). Percebe-se, ainda, correlação moderada entre o número de confirmados por Covid-19 e densidade demográfica (0,64). Ambas as correlações foram significativas ( $p < 0,05$ ).

Na Figura 3C, para o conjunto de dados do interior do estado do Ceará, ocorreu relação forte entre o número de confirmados por Covid-19 com população com disponibilidade de água (0,74). Pode-se inferir ainda que, embora fraca, há uma tendência de uma relação moderada entre confirmados por Covid-19

com PIB per capita (0,47) e IDH (0,41). Exceto para a correlação entre densidade demográfica e taxa de urbanização (0,12) e taxa de urbanização com população com coleta de esgoto (0,099), todas as correlações foram significativas ( $p < 0,05$ ). Em resumo, as relações fortes de população com água com positivos para o coronavírus, possivelmente, indicam que os investimentos dos serviços de saneamento são proporcionais à densidade demográfica e ao desenvolvimento da região. Em concordância ao estudo, em primeiro lugar, cita-se que o país em que se insere o contexto é o segundo mais populoso e com as maiores economias do mundo e que Fortaleza, umas das capitais do país que registrou o primeiro caso e óbito por covid-19, tem alta concentração e circulação populacional e grandes fluxos e conexões (regional, nacional e internacional) de pessoas e mercadorias e, portanto, serviu como principal porta de entrada para a Covid-19 no Estado, facilitando a difusão do vírus (Freitas; Pereira; Machado, 2022; Albuquerque; Ribeiro, 2020).



**Fig. 2 - Histogramas, diagramas de dispersão e coeficiente de correlação de Spearman da Metropolitana e Interior (A), Metropolitana (B) e Interior (C) entre 7 variáveis municipais**

## Conclusão

Conclui-se que, as associações e correlações fortes e positivas entre os confirmados por Covid-19 com os indicadores de saneamento estão mais associadas indiretamente ao adensamento demográfico e à economia local do que com os próprios indicadores de saneamento. Tal fato pode ser constatado, sobretudo, quando se analisa a mesorregião Metropolitana de Fortaleza, classificada no mapa de calor com alta incidência de casos confirmados de Covid-19, mesmo sendo a região mais desenvolvida em termos de re-

curso, indicadores de saúde e de saneamento frente à pandemia, mas que, em contrapartida, apresenta densidade demográfica muito elevada. Some-se a isso que as mesorregiões com classificação moderada, Noroeste, Norte e Sul Cearense, tiveram maiores contribuições, para a média de casos de coronavírus, das cidades com perfil urbano em desenvolvimento mais acelerado e com potencial de aglomerações.

Nesse contexto, entende-se que as correlações não evidenciam uma relação causal entre a desigualdade dos serviços de saneamento nos municípios, sobretudo de água e esgotamento sanitário, que possam influenciar no número de casos de Covid-19. Assim, as correlações positivas entre as variáveis, confirmados com covid-19 com população com água e com coleta de esgoto, podem evidenciar apenas que cidades/municípios mais desenvolvidos têm mais acesso à água, ao esgotamento sanitário e mais mobilidade e, portanto, circulação de pessoas com potencial de transmissão do Sars-COV-2. Embora os dados não mostrem correlação negativa entre os serviços de saneamento e a Covid-19, não se pode afirmar que o acesso a água e coleta de esgoto não influenciam positivamente na contenção ou diminuição do vírus, mas que de fato tenha ocorrido uma subnotificação em cidades menos assistidas ou que o isolamento geográfico e as baixas densidades demográficas de cidades interioranas, em relação aos grandes centros urbanos (adensados), tenham diminuído a circulação e a transmissão do vírus.

## Referências Bibliográficas

- ALBANI V, LORIA J, MASSAD E, ZUBELLI J. COVID-19 underreporting and its impact on vaccination strategies. *BMC Infect Dis* 2021; 21(1111): 1-13.
- ALBUQUERQUE, M.V, RIBEIRO, L.H. Desigualdade, situação geográfica e sentidos da ação na pandemia da Covid-19 no Brasil. *Cad Saúde Pública* 2020; 36(12): 1-14.
- BORGES A.A, SUZUKAWA A.A, ZANLUCA C, SANTOS C.N.D. SARS-CoV-2: origem, estrutura, morfogênese e transmissão. In: Barral-Netto M, Barreto ML, Pinto Junior EP, Aragão E. (org.). *Construção de conhecimento no curso da pandemia de COVID-19: aspectos biomédicos, clínico-assistenciais, epidemiológicos e sociais*. Salvador: Edufba; 2020. p. 1-21.
- FREITAS C.M, PEREIRA A.M.M, MACHADO C.V. A resposta do Brasil à pandemia de Covid-19 em um contexto de crise e desigualdades. Políticas e sistemas de saúde em tempos de pandemia: nove países, muitas lições [online]. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz; 2022. p. 295-322.
- HONGYU K, SANDANIELO V.L.M, OLIVEIRA JUNIOR G.J. Análise de componentes principais: resumo teórico, aplicação e interpretação. *Engineering Sci* 2016; 5(1): 83-90.
- JONES R.M. Relative contributions of transmission routes for COVID-19 among healthcare personnel providing patient care. *J Occup Environ Hyg* 2020; 17(9):408-415.
- KERR L, KENDALL C, SILVA A.A.M, AQUINO et al. COVID-19 in northeast Brazil: Achievements and limitations in the responses of the state governments. *Cien Saude Colet* 2020; 25(2): 4099-4120.
- OLIVEIRA W.K, DUARTE E, FRANÇA G.V.A, GARCIA L.P. Como o Brasil pode deter a COVID-19. *Epidemiol Serv Saúde* 2020; 29(2):1-8.
- WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). (2020). WHO Director-General's opening remarks at the media briefing on COVID-19—11 March 2020. World Health Organization. <https://www.who.int/dg/speeches/detail/who-director-general-s-opening-remarks-at-the-media-briefing-on-covid-19-11-march-2020>. (Acesso em 26 de Julho de 2021).



# APLICAÇÃO DE GEOPROCESSAMENTO PARA GERAÇÃO DE MODELO INTEGRADO AO SWMM EM UMA BACIA LITORÂNEA NO ESTADO DO CEARÁ



João da Silva Cavalcante <sup>(1)</sup>; Silvano Porto Pereira <sup>(2)</sup>; Maísa de Calda Lopes <sup>(3)</sup>; Herivanda Gomes de Almeida <sup>(4)</sup>; Claudiane Quaresma Pinto Bezerra <sup>(5)</sup>; Iran Eduardo Lima Neto <sup>(6)</sup>

1. Engenheiro Ambiental pela Universidade Federal do Ceará (UFC). Mestrando em Engenharia Civil – Recursos Hídricos pelo Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental da Universidade Federal do Ceará (DEHA/UFC). Engenheiro da Companhia de Água e Esgoto do Ceará (CAGECE).
2. Biólogo pela Universidade Federal do Ceará (UFC). Mestrado e Doutorado em Engenharia Civil pelo Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental da Universidade Federal do Ceará (DEHA/UFC). Especialista da Companhia de Água e Esgoto do Ceará (CAGECE).
3. Engenheira Civil pela Universidade Federal do Cariri (UFCA). Mestranda em Engenharia Civil – Recursos Hídricos pelo Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental da Universidade Federal do Ceará (DEHA/UFC).
4. Tecnóloga em Gestão Ambiental pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE). Mestre e Doutoranda em Engenharia Civil pelo Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental da Universidade Federal do Ceará (DEHA/UFC). Técnica de Suporte em Saneamento da Companhia de Água e Esgoto do Ceará (CAGECE).
5. Engenheira Civil pela Universidade Federal do Ceará (UFC). Mestre em Engenharia Civil com Área de Saneamento pela Universidade Federal do Ceará (UFC). Coordenadora de Gestão de Projetos de Pesquisa e Desenvolvimento da Companhia de Água e Esgoto do Ceará (CAGECE).
6. Engenheiro Civil pela Universidade Federal do Ceará (UFC). Mestrado em Hidráulica e Saneamento pela EESC/USP, doutorado em Engenharia de Recursos Hídricos pela Universidade de Alberta, Canadá, e pós-doutorado em Mecânica dos Fluidos Ambiental pela Universidade de Cambridge, Inglaterra. Professor Associado do Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental (DEHA/UFC) e Coordenador do Laboratório de Recursos Hídricos (LRH).

## Resumo

Este trabalho utilizou geoprocessamento para criação de um modelo de simulação hidrológico-hidráulica da bacia da Lagoa de Jijoca de Jericoacoara, no litoral do Ceará. Devido à falta de dados diretos na região, foram desenvolvidos métodos indiretos de obtenção de informações por meio de análises e modelos computacionais. Softwares SIG foram utilizados para extrair dados fisiográficos da área. A metodologia do estudo envolveu a delimitação da bacia hidrográfica e da rede de drenagem utilizando o software BASINS. Isso foi feito com base em um Modelo Digital de Elevação (MDE) obtido a partir de imagens de satélite fornecidas pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. O MDE foi processado para estimar a batimetria da lagoa e gerar curvas de cota-área. A classificação do uso do solo foi realizada por meio de imagens de satélite do Landsat-8, utilizando um algoritmo supervisionado. Os dados gerados foram exportados para o Storm Water Management Model (SWMM) por meio do BASINS, permitindo a realização de simulações de cenários com a adição de dados complementares. Os resultados mostraram a delimitação da bacia hidrográfica e da rede de drenagem, com 99 sub-bacias e um comprimento de aproximadamente 261 km. A hidrografia foi validada com dados oficiais do IBGE, e a modelagem da lagoa apresentou um perfil cota-área consistente com a literatura. A classificação do solo destacou o solo exposto e a vegetação de baixa densidade como as categorias predominantes na área de estudo. Os resultados obtidos fornecem informações valiosas para o planejamento e gerenciamento dos recursos hídricos na região.

**Palavras-chave:** Geoprocessamento, BASINS, Simulação hidrológica.

Este texto é um resumo do artigo 'Aplicação de Geoprocessamento Para Geração de Modelo Integrado ao SWMM em uma Bacia Litorânea no Estado do Ceará' de Cavalcante, J. S. et al, publicado em 2023, disponibilizado no XXV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos – Associação Brasileira de Recursos Hídricos – ABR-Hidro

## Metodologia

### Área de estudo

A área de estudo foi definida como a bacia hidrográfica da Lagoa de Jijoca. Esta lagoa foi originada pelo barramento dos Córregos do Paraguai e do Mourão, resultado da migração natural de dunas móveis. Esta área é pertencente a mesorregião do Noroeste Cearense no Litoral de Camocim e Acaraú, e fica entre os municípios de Jijoca de Jericoacoara e Cruz, localizada a cerca de 290 km da capital cearense. Esta região tem forte interesse econômico, através do turismo, e ambiental por estar inserida no Parque Nacional (PARNA) de Jericoacoara. A Figura 1 ilustra onde está situada a área de estudo.

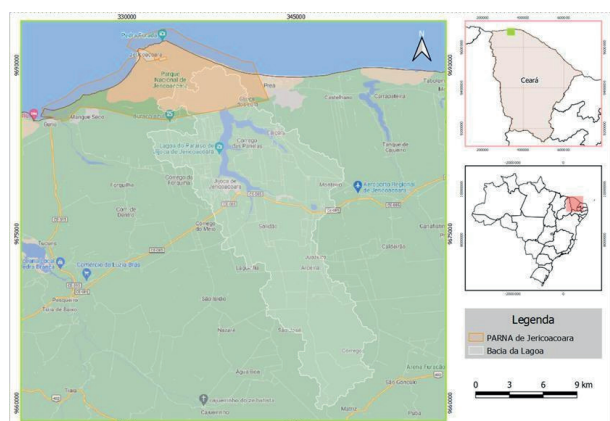


Fig.1 – Área de Estudo

### Delimitação da bacia hidrográfica e rede de drenagem

A delimitação da bacia, sub-bacias e afluentes foi realizada de forma automática utilizando o Better Assessment Science Integrating Point and Non-point Sources (BASINS). O BASINS é um software da Agência de Proteção Ambiental (EPA, na sigla em inglês) dos Estados Unidos baseado em sistema de informações geográficas (SIG). Para todos os processos de tratamento de dados geográficos neste trabalho adotou-se por padrão o sistema de referência de coordenadas (SRC) SIRGAS 2000 UTM ZONE 24 SOUTH.

A ferramenta de delineamento automático de bacias hidrográficas do BASINS demanda como dados de entrada um arquivo vetorial no formato shapefile contendo o polígono da área a ser analisada e um modelo digital de elevação (MDE). O MDE adotado foi derivado da Missão Topográfica Radar Shuttle (SRTM, na sigla em inglês) com resolução de 90 m x 90 m, em cena única, disponibilizado pelo portal TOPO-

DATA do INPE. Outros softwares realizam esta tarefa com algoritmos equivalentes ao empregado no BASINS como o verificado no trabalho de Ramme e Krüger (2007), porém não possuem integração com o SWMM para posterior realização de simulações hidráulicas.

### Modelagem da Lagoa de Jijoca

Para estimar a batimetria da Lagoa, foi utilizado o MDE da etapa anterior considerando que a morfologia do reservatório é definida pelo relevo nas regiões secas, quando o reservatório se encontra parcialmente cheio. Nas demais áreas com algum volume de água, o MDE foi extrapolado através de interpolação com o Surfer e extraiu-se os planos isométricos para geração da curva cota-área-volume. Metodologia adaptada do trabalho de Lopes e José (2019), em que utilizam imagens de satélite na obtenção de batimetria para análise de assoreamento em reservatórios.

### Classificação do uso do solo

Dentre as metodologias disponíveis nos modelos de infiltração do SWMM para estimar o escoamento superficial, foi escolhido o método baseado na Curva-Número (CN). Neste modelo, a infiltração se comportará conforme dados tabelados para os tipos de cobertura do solo. Por conta disso, foi realizada a classificação do uso do solo por imagem de satélite da área de estudo para ponderar os valores de CN nas sub-bacias. Este tipo de classificação se baseia na identificação de diferentes classes e na distinção destes dados atrelados aos pixels da imagem que possuem comportamentos espectrais diferenciados entre si (JENSEN, 2009).

A cena selecionada foi a L8OLI21806220160801 do satélite Landsat-8 de 1 de agosto de 2016, órbita 218, ponto 062, com resolução espacial de 30 metros, disponibilizada pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) após tratamento no QGIS para geração da composição colorida das bandas 6, 5, 4, 1, 2, 3, 7 e 9, na ordem indicada. A seleção da cena buscou a imagem mais recente, com pouca presença de nuvens e maior quantidade de bandas disponíveis.

A classificação foi do tipo supervisionado através do plug-in DZetsaka disponível no QGIS. Devido o método empregado, foi preciso treinar o algoritmo através da delimitação manual de pequenas áreas de uso

único conhecido previamente. Foram utilizados 84 polígonos no treinamento, com área equivalente a 5,64% da área total. Após ser treinado, o algoritmo consegue extrapolar a classificação para toda área de estudo. Os usos na bacia foram agrupados em 5 principais categorias conforme recomendado no manual do SWMM, sendo elas: Espelhos d'água, solo exposto, telhados e superfícies impermeáveis, vegetação de baixa densidade e dunas.

### Exportação do modelo para o SWMM

A exportação do modelo é realizada também pelo BASINS através da ferramenta BASINS SWMM. Após a incorporação dos dados obtidos por geoprocessamento na tabela de atributos da rede de drenagem e sub-bacias geradas é criado o projeto do SWMM através da ferramenta citada. Desta forma, dados complementares de contribuição na rede, dados climatológicos, entre outros, podem ser adicionados ao modelo para simulações de cenários.

## Resultados e discussão

### Delimitação da bacia hidrográfica e rede de drenagem

A bacia da Lagoa de Jijoca foi subdividida em 99 sub-bacias, com área média de 238 hectares, variando em cerca de 1 e 975 hectares respectivamente a área mínima e a máxima, conforme a topografia da região. De acordo com Faustino (1996), as sub-bacias teriam áreas entre 10000 ha e 70000 há. Já Rocha (1997, apud MARTINS et al., 2005), são áreas entre 20.000 ha e 30.000 ha. Para Santana (2003), bacias podem ser subdivididas em quantidades arbitrárias de sub-bacias, dependendo apenas do ponto de saída considerado ao longo do seu eixo-tronco ou canal coletor. Desta forma, infere-se que o desmembramento e tamanho das sub-bacias, tem caráter relativo.

A rede de drenagem teve 327 trechos e comprimento total de aproximadamente 261 km e o rio principal apresentou ordem 4, segundo a classificação do modelo de Strahler. Os resultados podem ser verificados na Figura 2.

A hidrografia foi validada através do cadastro do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), referente a 2019, contendo os principais córregos da

bacia, sendo estes o córrego dos Ana, do Mourão, do Paraguai e do Prefeito. Através de sobreposição da hidrografia gerada e aquela obtida na base oficial do IBGE foram constatados leves desvios no caminhar dos rios, podendo ser concluído que a resolução do MDE utilizada foi suficiente para executar a delimitação da hidrografia desta bacia. A Figura 3 permite verificar a convergência das duas fontes de dados.

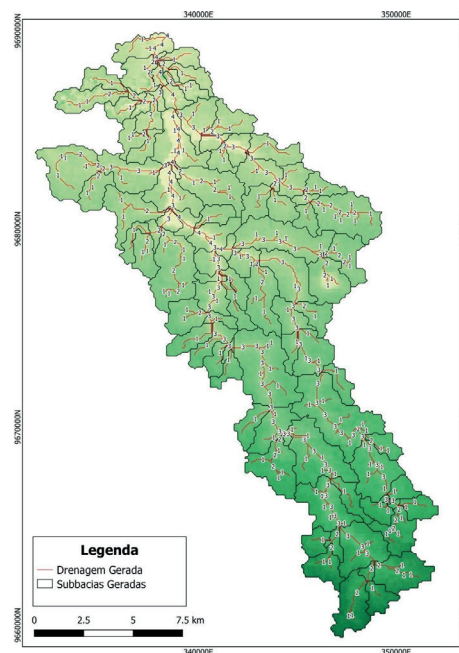


Fig.2 – Hidrografia ordenada e sub-bacias geradas com o BASINS

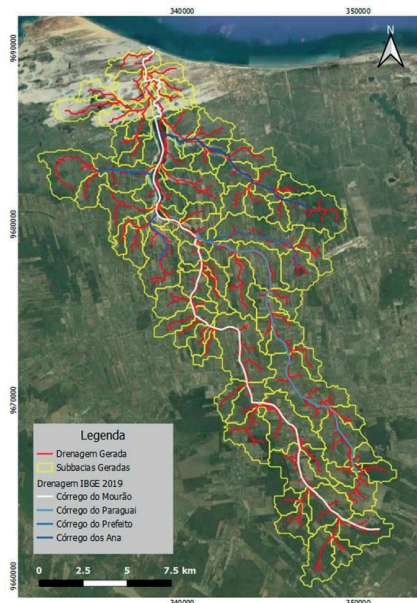


Fig.3 – Sobreposição das hidrografias geradas com o BASINS e do IBGE

### Modelagem da Lagoa de Jijoca

O uso das curvas de nível sobre o espelho d'água do reservatório possibilitou a geração da forma da lagoa e do perfil cota área. A Figura 4 apresenta a vista superior da Lagoa, na Tabela 1 estão expostos o quantitativo das áreas. O Perfil encontra-se na Figura 5, gerado no SWMM.

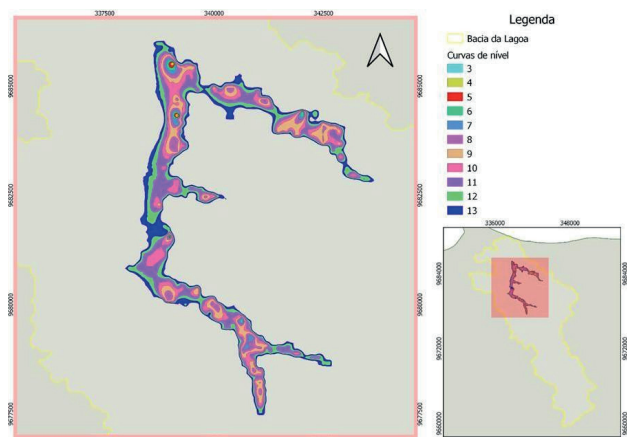


Fig.4 - Vista superior da Lagoa gerada com as curvas de nível

Cotas (m)	Áreas (m²)
3	257,992
4	6.772,127
5	26.145,556
6	73.075,011
7	199.041,852
8	610.683,678
9	1.532.964,410
10	2.914.067,836
11	4.769.776,448
12	6.394.161,064
13	8.019.505,049

Tabela 1 - Áreas por cota

As cotas no perfil estão defasadas em 3 m para que o referencial inicie no 0 m, conforme ilustrado na Figura 5. O perfil resultante está alinhado as batimetrias da literatura, apresentando uma conformação cônica.

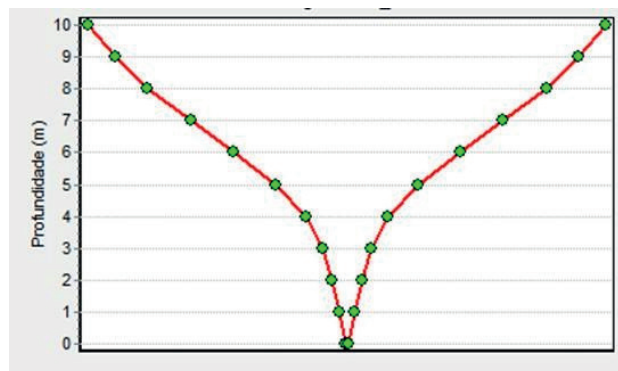


Fig.5 - Perfil da Lagoa gerado no SWMM

### Classificação do uso do solo

Das categorias utilizadas, duas foram responsáveis por representar 85% da área da bacia, sendo "solo exposto" e "vegetação de baixa densidade", com 44% e 41% da área, respectivamente. Para as demais foram observados os seguintes valores: "dunas" 8%, "telhado e superfícies impermeáveis" 5% e "espelhos d'água" 2%, conforme ilustrado na Figura 6. Ao avaliar os percentuais na classificação disponibilizada no Relatório Final de Caracterização Ambiental e dos Mapeamentos da SEMACE (2016) para o município de Jijoca de Jericoacoara, Figura 7, as áreas de sedimento arenoso, correspondente a "dunas", foi de 9,05% da área, as áreas edificadas, correspondente a "telhado e superfícies impermeáveis", foi de 2,49% e os corpos d'água, equivalente a "espelhos d'água", foi de 1,76%. Os resultados obtidos com a classificação supervisionada estão alinhados com a classificação da SEMACE (2016) visto que a área de estudo compreende apenas uma fração da área total do município. A Figura 8 apresenta a classificação realizada neste trabalho.

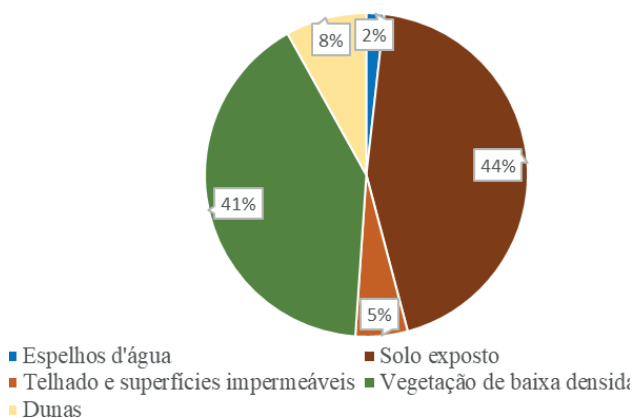


Fig.6 - Cobertura do solo obtida



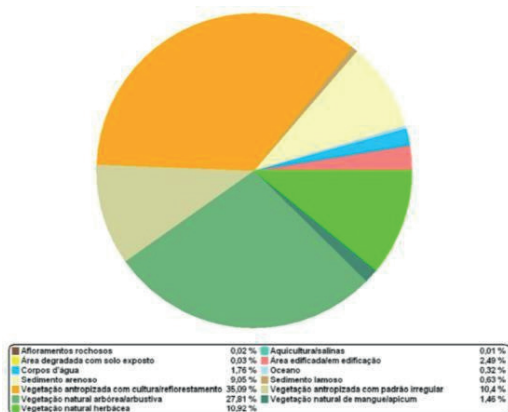


Fig.7 - Mapeamento de usos do solo da SEMACE

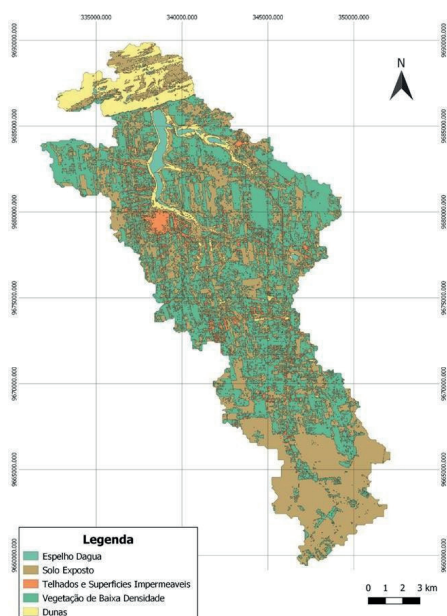


Fig.8 - Classificação do uso do solo

### Exportação do modelo para o SWMM

O projeto do SWMM gerado com o BASINS a partir dos dados previamente processados demandaram poucas intervenções manuais. Primeiramente, o nó posicionado no barramento da Lagoa de Jijoca foi alterado para uma unidade de armazenamento, a qual foram inseridos os dados de área e cota para caracterização geométrica. Em seguida, os trechos presentes na área delimitada da Lagoa foram removidos e seus afluentes foram conectados a unidade de armazenamento.

Para manter a continuidade do fluxo, o trecho de jusante da Lagoa foi alterado para uma bomba ideal, programada para ser ativada quando o reservatório atingir a cota máxima, desta forma a bomba funcio-

na como vertedouro da Lagoa. Por fim, o exutório foi definido na foz do rio principal, o qual se dá no mar. O resultado pode ser observado na Figura 9.

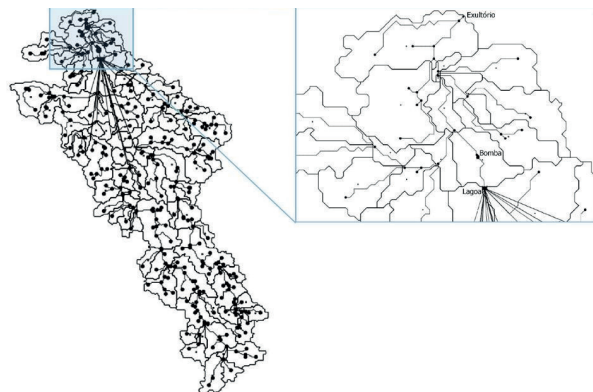


Fig.9 - Modelo hidráulico para simulações do SWMM

## Conclusão

A partir do estudo pôde-se concluir que o uso de ferramentas de geoprocessamento se mostrou satisfatório para a obtenção de dados espaciais de bacias hidrográficas, desde a delimitação das sub-bacias, hidrografia, forma do reservatório, até a determinação da cobertura do solo. Tais dados possuem potencial para subsidiar estudos iniciais em regiões com escassez de monitoramento, proporcionando um leque de alternativas indiretas de obtenção de variáveis necessárias para modelagem de um sistema hidrológico-hidráulico em uma bacia, como exemplificado, cabendo a complementação com dados climatológicos.

Sugere-se avaliar os resultados gerados a partir de um modelo completo gerado com dados obtidos com a metodologia apresentada neste trabalho para verificação da conformidade dos dados simulados com observações de campo.

## Referências Bibliográficas

- BRASIL, (1997). Lei Federal n° 9433, de 8 de janeiro de 1997.
- FAUSTINO, J. (1996). Planificación y gestión de manejo de cuencas. Turrialba: CATIE. 90p.
- JENSEN, J. R. (2009). Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres. Tradução EPIPHANIO, J. C. N. São José dos Campos: Parênteses, 2009. 598 p.
- LOPES, José W.B., JOSÉ, C. de Araújo. (2019) Simplified Method for the Assessment of Siltation in Semiarid Reservoirs Using Satellite Imagery, Water, v.11, n. 5. 998.
- MARTINS, F. B. et al. (2005). Zoneamento Ambiental da sub - bacia hidrográfica do Arroio Cadena, Santa Maria (RS). Estudo de caso. Cerne, Lavras, v.11, n.3, p.315-322, jul./set. 2005.
- RAMME, E.J.; KRÜGER, C.M. (2007). "Delimitação de Bacias Hidrográficas com Auxílio de Geoprocessamento" in Anais do XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, São Paulo.
- REIG, E.; BOUCHER M. A.; TREMBLAY, É. (2020). Ensemble hydrological forecasts for reservoir management of the Shipshaw River catchment using limited data. Canadian Water Resources Journal, 45(4), 372-390.
- SANTANA, D. P. (2003). Manejo Integrado de Bacias Hidrográficas. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2003. 63p. (Embrapa Milho e Sorgo. Documentos, 30).
- SEMACE (2016). RELATÓRIO FINAL DE CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL E DOS MAPEAMENTOS. REESTRUTURAÇÃO E ATUALIZAÇÃO DO MAPEAMENTO DO PROJETO ZONEAMENTO ECOLÓGICO-ECONÔMICO DO CEARÁ - ZONA COSTEIRA E UNIDADES DE CONSERVAÇÃO COSTEIRAS. FORTALEZA, NOV. 2016.
- SWMM (2010). Storm Water Management Model - User's Manual. U. S. Environmental Protection Agency, EPA, Cincinnati, jul. 2010.
- TUCCI, C. E. M. (Org.). (2004). Hidrologia Ciência e Aplicação. 3. ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS/ABRH.
- TUCCI, C. E. M.; PORTO, R. L.; BARROS, M. T. B. (Org.). (1995) Drenagem Urbana. 1. ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS/ABRH.



# AVALIAÇÃO DA INTRUSÃO MARINHA NO MANANCIAL SUBTERRÂNEO NA SUB-BACIA DO BAIXO JAGUARIBE NO MUNICÍPIO DE ITAIÇABA – CE



Raimundo Jovenildo do Nascimento<sup>(1)</sup>; Neyla Cristina de Oliveira Lima<sup>(2)</sup>; José Ronaldo Pessoa<sup>(3)</sup>; José Alcides da Silva Júnior<sup>(4)</sup>; Renato Régis de Melo<sup>(5)</sup>

1. Tecnólogo em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental (CENTEC). Especialista em Elaboração e Gerenciamento de Projetos para Gestão Municipal de Recursos Hídricos (IFCE). Mestrando em Climatologia (UECE). Coordenador de Serviços e Expansão da UNBBJ – CAGECE.
2. Tecnóloga em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental (CENTEC), Licenciada em Ciências Biológicas (UECE) e Bacharel em Psicologia (UNP). Especialista em Sistemas de Águas de Abastecimento e Residuais (CEFET), Especialista em Gestão Pública (UECE) e Especialista em Neuropsicologia (Católica do RN). Mestranda em Saúde Coletiva (UNIFOR). Coordenadora de Gestão Administrativa da UNBBJ – CAGECE.
3. Tecnólogo em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental (CENTEC) e Bacharel em Enfermagem (UNIFAMETRO). Especialista em Educação Comunitária em Saúde Pública (ESP-CE), Especialista em Enfermagem do Trabalho (UNIASELVI) e Especialista em Educação Ambiental (UNIASELVI). Supervisor Administrativo-Financeiro da UNBBJ – CAGECE.
4. Técnico em Meio Ambiente (IFCE). Tecnólogo em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental (IFCE). Supervisor de Redes de Água e Esgoto da UNBBJ – CAGECE.
5. Tecnólogo em Eletromecânica (CENTEC) e Bacharel em Engenharia Civil (IFCE). Especialista em Saneamento Básico (UNIFOR). Supervisor de Combate a Perdas e Medição da UNBBJ – CAGECE.

## Resumo

O presente estudo tem o intuito de avaliar a intrusão marinha através da variação temporal da qualidade de água de uma bateria de 10 (dez) poços tubulares instalados no estuário do Rio Jaguaribe, na microbacia hidrográfica do Baixo Jaguaribe/Ceará. As coletas de água foram realizadas semestralmente pela Companhia de Água e Esgoto do Ceará no período de 2016 a 2023. Para análise da presença de intrusão marinha no aquífero foram investigados os indicadores Cloretos (Cl), Sódio (Na), Magnésio (Mg), Relação Na/Cl e Mg/Cl. Identificou-se um aumento significativo no teor de cloretos em todos os poços monitorados, chegando ao patamar de elevação na ordem de 765% em um dos pontos estudados. Com base nos indicadores utilizados para análise da intrusão salina, a possibilidade da ocorrência do fenômeno no aquífero subterrâneo no município de Itaiçaba/Ceará é de 80%, com exceção do indicador do parâmetro de magnésio, os demais indicadores aplicados corroboram para a ocorrência do processo de salinização do manancial por intrusão salina. Desta forma, os órgãos competentes terão a possibilidade de buscarem alternativas para minimizar e/ou retardar o processo de salinização das águas doces, seja através de obras civis ou por meios de instrumentos de gerenciamento dos recursos hídricos.

**Palavras-chave:** Rio Jaguaribe; Intrusão Marinha; Bacia do Baixo Jaguaribe;

Este texto é um resumo do artigo 'Avaliação da Intrusão Marinha no Manancial Subterrâneo na Sub-bacia do Baixo Jaguaribe no Município de Itaiçaba – CE' de Lima, N. C. O. et al, publicado em 2024, disponibilizado no 35º Congresso Nacional de Saneamento e Meio Ambiente – Encontro Técnico AESABESP

## Introdução

A disponibilidade de água potável para atender as demandas das populações está seriamente comprometida devido ao crescimento populacional, maiores demandas de água nos processos produtivos, poluição dos recursos hídricos e alterações climáticas ocorridas desde a Revolução Industrial, acarretando um aumento significativo na queima dos combustíveis fósseis, com uma crescente quantidade de dióxido de carbono lançada na atmosfera, ocasionando mudanças no regime de precipitação em diversas partes do planeta, levando o aumento dos anos de estiagem, com prolongamento de secas na Região Semiárida do Brasil.

Essa região é caracterizada por distribuição irregular da precipitação no tempo, solos rasos, rios intermitentes e escassos recursos hídricos subterrâneos, onde a gestão dos recursos hídricos na região e a implementação de políticas públicas requer medidas de planejamento, visando atender à demanda da população, de forma permanente (INSA, 2012).

O modelo desenvolvido por Ranjan et al (2006) simula a redução de disponibilidade de água doce subterrânea em aquíferos costeiros face às alterações climáticas e ao uso da terra. As análises desenvolvidas evidenciam que os resultados do modelo são muito sensíveis a alterações na condutividade hidráulica e na recarga de aquíferos.

No Ceará, especificamente no interior do Estado, as águas subterrâneas são consideradas fontes preciosas de abastecimento hídrico, principalmente em áreas sedimentares e aluvionares localizadas ao longo de rios e/ou nos limites litorâneos, que são as principais fontes de água subterrânea de boa qualidade. Já os poços em áreas cristalinas, captam, geralmente, água salobras com teor em sólidos dissolvidos totais muito acima do permitido para consumo humano (GOMES, 2005).

O Município de Itaiçaba é banhado pelo Rio Jaguaribe, sendo este o maior rio do Estado do Ceará, apesar de não ser uma fonte superficial perene, no entanto até o ano de 2015 o Rio Jaguaribe era a fonte de captação para o abastecimento das sedes municipais dos municípios de Aracati, Itaiçaba e Palhano, do distrito de Cabreiro no Aracati e da Localidade de Tomé Afonso do município de Itaiçaba porém em virtude de um longo período de estiagem a perenização do Rio Jaguaribe pelo Açude Castanhão, tornou-se inviável.

A interrupção na perenização do Rio Jaguaribe cul-

minou na necessidade de outras fontes de captação para o abastecimento das regiões supracitadas, que outrora utilizavam o manancial superficial. Diante dessa situação surgiu a necessidade de recorrer ao manancial subterrâneo. Para exploração do aquífero aluvionar da área em estudo, com uma demanda que suprisse a vazão necessária para os Sistemas de Abastecimento de Água – SAA de Itaiçaba, Palhano, Tabuleiro do Cabreiro e Tomé Afonso, se fez necessário a perfuração de uma bateria de poços, visando assim manter a continuidade no abastecimento desses sistemas.

Considerando a demanda de alta vazão requerida para atender o abastecimento humano e considerando a exploração do manancial para outras atividades, tais como: carnicultura e irrigação, aliado as baixas recargas ocorridas nos últimos anos, além da interrupção do curso de água que perenizava o Rio Jaguaribe no trecho que banha o município, é necessário adotar mecanismos de gestão para adequar a água bruta aos padrões de potabilidade para os usos diversos. Nesse contexto, a realização deste estudo visa avaliar a influência da intrusão salina no aquífero, elencar as causas que intensificam o processo de salinização das águas subterrâneas na área de estudo por meio de comparação de dados de qualidade da água do aquífero.

## Objetivo

A presente pesquisa busca avaliar o avanço da intrusão marinha no aquífero de água doce na Região do Baixo Jaguaribe, no município de Itaiçaba/Ceará.

## Metodologia

Área de Estudo – A área de estudo fica no município de Itaiçaba, no Estado do Ceará, situada na Região do Baixo Jaguaribe, distando em torno de 129km de Fortaleza, com uma área de aproximadamente 212,10km<sup>2</sup>. Apresenta clima tropical quente semiárido brando, com pluviosidade média de 675mm/ano. O relevo no município é composto por depressões sertanejas e planícies pluviais. A Região Hidrográfica do Baixo Jaguaribe – RHBJ, integrante da Bacia do Rio Jaguaribe, localiza-se na porção nordeste do Estado do Ceará, ocupando uma área de 7.216,35km<sup>2</sup>.

A referida Região Hidrográfica, tem como rio prin-

cial o Rio Jaguaribe no trecho localizado entre a confluência do rio com a ponte da BR-116, na localidade de Peixe Gordo no município de Tabuleiro do Norte e a sua foz no município de Fortim. O principal afluente nessa região, é o rio Palhano, na sua margem esquerda (Fuck Júnior, 2008).

Por sua localização privilegiada, situando-se a margem esquerda do Rio Jaguaribe, o município de Itaiçaba não costumava ter muitos problemas em decorrência da estiagem, principalmente no tocante ao abastecimento humano. No entanto, na última década em virtude da longa estiagem ocorrida, bem como, pelo crescente aumento na demanda da água subterrânea na carcinicultura e outras atividades agrícolas, podem ter contribuído para justificar o avanço da intrusão marinha.

**Pontos de Coletas** – Foram realizadas coletas semestrais no período de janeiro de 2016 a dezembro de 2023, em 10 poços tubulares instalados na área da Estação de Tratamento de Água e no entorno, operados pela Companhia de Água e Esgoto do Ceará – CAGECE, na cidade de Itaiçaba/Ceará.

**Análise Qualitativa da Água do Aquífero** – O estudo foi realizado no manancial subterrâneo, a partir do uso dos dados de monitoramento da qualidade da água bruta do aquífero, realizado pela Companhia de Água e Esgoto do Ceará – CAGECE. Além de informações da qualidade, foram utilizados outros dados técnicos dos poços monitorados, com intuito de identificar profundidade, perfil geológico, entre outros, permitindo assim realizar uma correlação dessas características com a alteração na qualidade da água bruta, focando principalmente em parâmetros que corroboravam com a possibilidade de intrusão salina.

**Materiais e métodos** – O estudo utilizou como fonte de dados, os laudos de qualidade da água de uma bateria de 10 (dez) poços tubulares, sendo estes explorados como fonte hídrica dos Sistema de Abastecimento de Água de Itaiçaba, Palhano, Tabuleiro do Cabreiro (localidade que pertence ao município de Aracati) e Tomé Afonso (localidade que pertence ao município de Itaiçaba). A demanda necessária para suprir o abastecimento dos quatro sistemas de abastecimento de água é da ordem de 85 a 90m<sup>3</sup>/h. A análise da presença de intrusão marinha no aquífero foi investigada através dos seguintes indicadores Cloretos (Cl), Sódio (Na), Magnésio (Mg),

Relação Na/Cl e Mg/Cl, conforme Tabela 2. Os dados de qualidade dos poços tubulares denominados como PT – 01, PT – 02, PT – 03, PT – 04, PT – 05, PT – 06, PT – 07, PT – 08, PT – 09 e PT – 10, permitiram analisar o grau de avanço da intrusão salina em cada poço tubular.



Figura 1 – Localização dos poços tubulares monitorados

## Resultados e discussão

A investigação do avanço da intrusão salina foi realizada com base nos indicadores Cloretos (Cl), Sódio (Na), Magnésio (Mg), Relação Na/Cl e Mg/Cl, o que permitirá uma avaliação do grau de intrusão salina que está ocorrendo na área em estudo, pois estes parâmetros são enriquecidos quando há ocorrência de avanço de intrusão salina. Essa análise de dados será realizada com base em parâmetros indicadores de contaminação das águas subterrâneas, conforme tabela abaixo:

Indicador	Referência	Significado	Ref. Bibliográfica
Sódio (mg.L <sup>-1</sup> )	0,1 – 10	Águas subterrâneas	Custódio e Llamas (1983)
Magnésio (mg.L <sup>-1</sup> )	1- 40	Águas subterrâneas	Custódio e Llamas (1983)
Cloretos (mg.L <sup>-1</sup> )	<100	Águas subterrâneas	Custódio e Llamas (1983)
Na/Cl	<0,557	Intrusão da água do mar	Shammas e Jacks (2007)
Mg/Cl	0,05 – 0,14	Contaminação por água do mar	Olofsson (1996) e Shammas e Jacks (2007)

Tabela 2 – Parâmetros para avaliação de contaminação da água subterrânea

### Cloretos (Cl<sup>-</sup>)

O cloreto, ânion Cl<sup>-</sup>, é encontrado naturalmente nas águas subterrâneas devido a percolação da água através de solos e rochas. Em geral, efluentes industriais apresentam altos níveis de cloretos, como a

indústria de petróleo, algumas indústrias farmacêuticas, curtumes, e etc. A intrusão da Cunha Salina em áreas costeiras, também, provoca altas concentrações de cloretos (CETESB, 2018).

### Sódio (Na<sup>+</sup>)

Um dos metais alcalinos mais importantes e abundantes na água subterrânea, ocorrendo principalmente na forma de cloretos, sendo o principal causador da salinidade das águas naturais. A concentração de sódio aumenta gradativamente nas águas subterrâneas, a partir da zona de recarga do aquífero em direção as porções mais confinadas ou dos seus exutórios. Sua concentração varia de entre 0,1 e 10mg/L nas águas subterrâneas, entre 1 e 150mg/L em águas doces e alcançando 11.100mg/L nas águas do Oceano Atlântico (CUSTÓDIO e LLAMAS, 1983).

### Magnésio (Mg<sup>2+</sup>)

Responsável pela dureza e sabor salobro nas águas, ocorrendo sob a forma em geral de bicarbonato. A água do Oceano Atlântico possui concentração com valor médio de 1410mg/L, por outro lado as águas subterrâneas possuem valores entre 1 e 40mg/L (Custódio e Llamas, 1983).

### Relação Na/Cl

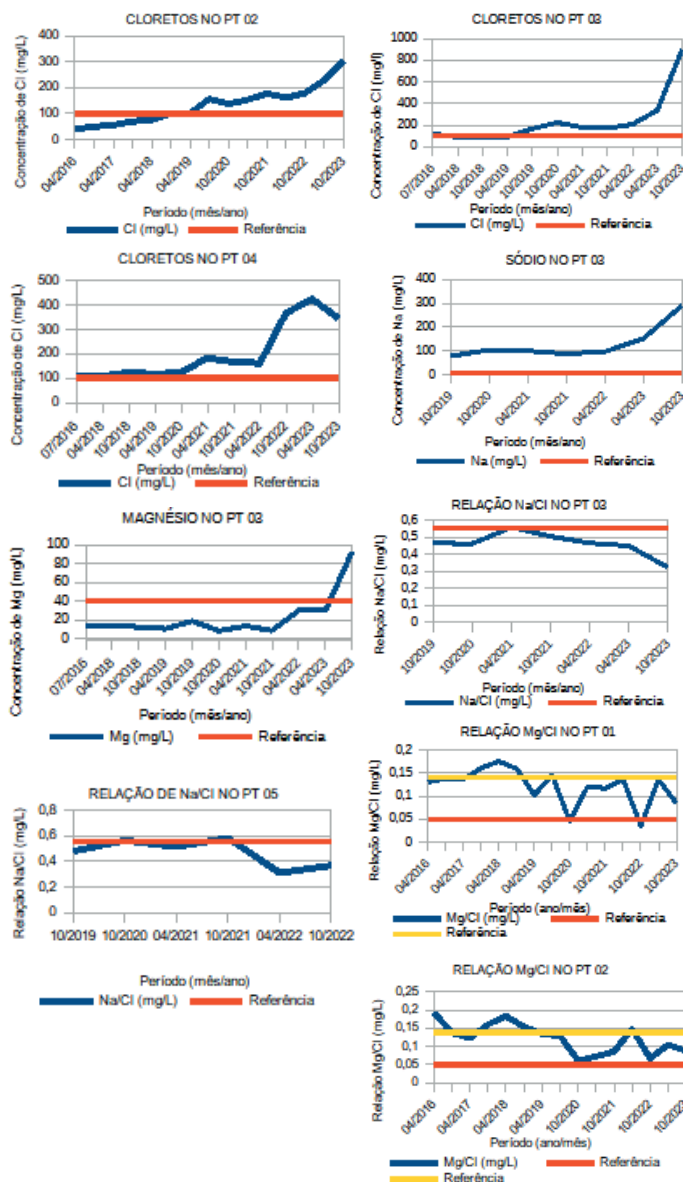
Segundo Shamma e Jacks (2007), a relação Na/Cl pode indicar intrusão salina e descarga de água doce, sendo que valores abaixo de 0,557 indicam a primeira e aqueles acima de 0,604, a segunda. Observa-se que a relação entre Na/Cl há uma distribuição de poços nas duas faixas de valores (Shamma e Jacks, 2007).

### Relação Mg/Cl

Quando a relação Mg/Cl é próxima ou igual a 0,14, significa que há uma mistura de descarga de água doce e intrusão de água do mar (Shamma & Jacks, 2007), e valores acima de 0,05 significam que há contaminação por água do mar (Olofsson, 1996).

A probabilidade de ocorrência de intrusão marinha será de acordo com a quantidade de indicadores atingidos e será considerado 100% quando todos os indicadores forem atingidos no ponto monitorado, conforme determinado na Tabela 2.

A seguir apresentaremos os resultados dos indicadores que apresentaram maiores variações e que contribuíram para reforçar o evento da intrusão marinha nos poços tubulares:



## Análise e discussões

Os resultados evidenciaram que os indicadores ligados a intrusão salina foram atingidos em quase todos os pontos. Usando-se como referência os valores dos indicadores estabelecidos na Tabela 2, e considerado todos os pontos amostrados, podemos destacar o aumento significativo no teor de cloretos em todos os poços monitorados, chegando a um incremento nos valores de cloretos na ordem de 470% no PT 01, de 765% no PT 02, 748% no PT 03, 312% no PT 04, 496% no PT 05, 278% no PT 06, 243% no PT

<sup>1</sup> Fonte: Pesquisa Foco Opinião e Mercado (2022)

07, 122% no PT 08, 369% no PT 09 e 213% no PT 10.

Vale salientar que a partir do ano de 2019, todos os poços monitorados, apresentaram valor para cloretos superior ao limite de 100mg/l, valor de referência para o parâmetro em água subterrânea em aquífero costeiro ou aluvionar. Destaca-se ainda, que dentre os dez poços monitorados pela Companhia de Água e Esgoto do Ceará – CAGECE, nas últimas amostras analisadas em outubro de 2023, apenas o PT 07, apresentou resultado de cloretos dentro da faixa estabelecida pelo Anexo XX da Portaria Consolidação de 05/2017 do Ministério da Saúde, que trata do controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, definindo como limite máximo para valores de cloretos em 250mg/L.

As variáveis de sódio e magnésio são outros dois indicadores que corroboram com a tese de avanço da intrusão salina na área em estudo. Em todos os pontos amostrados o teor de sódio presente encontra-se com valores superior ao limite estabelecido para o parâmetro em águas subterrâneas sem intervenção de água marinha, conforme Tabela 2. Em relação ao indicador magnésio este se apresenta de forma discreta, permanecendo sempre muito próximo ao limite estabelecido para o parâmetro em água subterrânea (40mg/l).

O indicador relação Na/Cl, apresentou-se favorável ao processo de avanço da intrusão salina na área em estudo, com resultados a partir do ano de 2021 inferiores a 0,557 em quase todos os poços monitorados, a exceção do PT 06, que veio apresentar essa característica apenas em 2022.

O último indicador usado no estudo a relação Mg/Cl, também mostrou-se favorável para a comprovação do estudo. Os valores obtidos dessa relação ao longo do período amostrado sempre estiveram na faixa de 0,05 a 0,14, valores estes que indicam a mistura de água doce com ou água do mar quando o resultado se encontra próximo de 0,14 e valores acima de 0,05 indicam a intrusão salina, fato que ocorreu com frequência em todos os pontos amostrados.

Diante do exposto, e com base nos indicadores utilizados para análise do avanço da intrusão salina, a possibilidade da ocorrência do processo de salinização do aquífero subterrâneo no município de Itaiçaba no Ceará é de 80%, com exceção do indicador

do parâmetro de magnésio, os demais indicadores aplicados corroboram para a ocorrência do processo de salinização do manancial por avanço da intrusão salina.

Desta forma, o estudo pode evidenciar que o avanço da intrusão salina é uma realidade na área de estudo e que medidas mitigadoras precisam ser tomadas. Que as condições climáticas aliados aos conjuntos de ações antrópicas supracitadas, são fatores determinantes para que este processo esteja ocorrendo.

## Considerações finais

A identificação da intrusão marinha no manancial subterrâneo na Região do Baixo Jaguaribe, os impactos gerados por este processo na qualidade de vida das comunidades da área de estudo e os danos causados no meio ambiente se constituem como principal propósito deste estudo.

A partir dos dados obtidos e da confirmação da existência do fenômeno, os órgãos competentes terão a possibilidade de buscarem alternativas para minimizar e/ou retardar o avanço do processo de salinização, seja através de obras civis ou por meios de instrumentos de gerenciamento dos recursos hídricos.

A pesquisa possibilitou também a criação de cenários futuros da salinização do aquífero da área em estudo, realizando simulações com o aumento da vazão de exploração, podendo ser observado, o quanto isso aceleraria o processo de salinização, assim como o uso de outras variáveis que contribuam para maximizar o processo de intrusão marinha.

Em resumo, o resultado da pesquisa auxiliou no esclarecimento das seguintes questões:

- a) Que a intrusão marinha é um processo natural, e caso não ocorra intervenções antrópicas, esse processo levará centenas de anos para ocorrer;
- b) A intermitência do fluxo da água no trecho do Rio Jaguaribe referente a área em estudo, após 2015, contribuiu de forma significativa para o avanço da intrusão marinha;
- c) A exploração desordenada do aquífero é fator primordial para o avanço da intrusão salina.

## Referências Bibliográficas

1. COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL (CETESB). (2018). Apêndice E – Significado Ambiental e Sanitário das Variáveis de Qualidade das Águas e dos Sedimentos e Metodologias Analíticas e de Amostragem Disponível em: <Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/12/2018/03/Apendice-E-Significado-Ambiental-e-Sanitario-das-Variaveis-de-Qualidade-2016.pdf> >. Acesso em: junho. 2024.
2. CUSTODIO, E.; LLAMAS, M.R. (1983). Hidrologia Subterrânea. 2. ed. Barcelona: Omega. 2 v.
3. FUCK JÚNIOR, S.C. de F. Subsídio à Gestão Ambiental: descrição fisiográfica e análise funcional das Bacias Hidrográficas do Ceará. Geoambiente On-Line. Revista Eletrônica do Curso de Geografia do Campus Jataí – UFG In:<http://www.jatai.ufg.br/geografia/jgg>. Jataí-GO. N.10. Jan-jun/2008
4. GOMES, D.F. Estudo hidroquímico, isotópico e da dinâmica do nível estático das águas subterrâneas e superficiais da região de Limoeiro do Norte – Baixo Jaguaribe. Tese de Doutorado. Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Ceará – UFC. 218p. 2005
5. INSA. Recursos hídricos em regiões semiáridas: estudos e aplicações. Campina Grande, PB: Instituto Nacional do Semiárido.2012. 258p. Disponível em: <<https://portal.insa.gov.br/images/acervo-livros/Recurso.pdf>>. Acesso em: 02 ago.2019.
6. OLOFSSON, B.O. (1996) Salt groundwater in Sweden-occurrence and origin. In: SALT-WATER INTRUSION MEETING, 14, 1996, Malmo Anai Malmo. p. 91-100.
7. Ranjan, S.Priyantha, So Kazama and M. Sawamoto. (2006). Effects of climate and land use changes on groundwater resources in coastal aquifers, Journal of Environmental Management 80, pp 25-35; Strack, O. D. L.(1989):
8. SHAMMAS, M.I.; JACKS, G. (2007) Seawater intrusion in the Salalah Plain Aquifer, Oman. Environmental Geology, v. 53, p. 575-587. <https://doi.org/10.1007/s00254-007-0673-2>



# **O GRUPO DE APOIO DO INSTITUTO BIA DOTE: TRABALHANDO O LUTO COM AS FAMÍLIAS SOBREVIVENTES DE SUICÍDIO**

Helissandra Helena Silva Botão (1)

---

1. Geógrafa pela Universidade Estadual do Ceará (UECE). Mestre em Geografia pela Universidade Estadual do Ceará (UECE). Geógrafa da Companhia de Água e Esgoto do Ceará (CAGECE).

## **Resumo**

Discutir o suicídio é de grande importância para o campo da saúde mental atualmente, pois este é um tema tabu e que é estigmatizado, sendo um dos principais problemas de saúde pública. O suicídio durante muito tempo foi entendido e explicado como um ato intencional é uma decisão da pessoa. Hoje, esta visão passa a ser mais global por causa do aumento nos números de suicídio acentuados no mundo, onde a cada 40 segundos notifica-se um suicídio e morrem aproximadamente 804 mil pessoas todos os anos no mundo. O Brasil ocupa o 8º lugar no número de suicídios no mundo, portanto a cada 30 minutos morre uma pessoa por suicídio em nosso país, tornando-se um problema de saúde pública e que deverá ser criada políticas públicas direcionadas para a prevenção do suicídio no Brasil. Esse trabalho mostra que foi criado o Instituto Bia Dote com o objetivo de trabalhar a prevenção e pós-venção do suicídio na cidade de Fortaleza e Região Metropolitana, devido ao fato do suicídio de Bia Dote e que através da criação de uma ferramenta bastante eficaz para trabalhar o luto com pessoas que perderam seu ente querido por suicídio que é o Grupo de Apoio as famílias enlutadas por suicídio do Instituto Bia Dote, sendo este criado como o principal objetivo para acolher essas pessoas e trabalhar esse processo de luto.

**Palavras-chave:** Grupo de Apoio, Suicídio e Famílias Sobreviventes.



## Metodologia

Dentro dessa perspectiva de trabalhar a prevenção e a posvenção do suicídio surge na cidade de Fortaleza e Região Metropolitana de Fortaleza no ano de 2013 o Instituto Bia Dote que foi criado devido ao fato do suicídio de Bia Dote no ano de 2008. O Instituto Bia Dote de Amor e Paz ou Instituto Bia Dote é uma instituição jurídica constituída sem fins lucrativos, e trata-se de uma associação de defesa e promoção dos direitos sociais e humanitários, que visa oferecer suporte e prevenção do suicídio e valorização da vida. Essa Instituição foi criada no ano de 2013 motivada pela permanência do amor de uma menina que aos treze anos suicidou-se, Bia Dote. Portanto, a partir da dor e das experiências vividas após sua partida, familiares e amigos próximos se uniram na intenção de trabalhar em prol da preservação da vida.

Além disso, busca desenvolver ações que possam contribuir para a valorização da vida através da prevenção do suicídio e de todas as questões que perpassam essa temática, levando a informação ao maior número de pessoas, com o objetivo de serem identificadas precocemente as pessoas com ideação suicida e assim poder realizar um tratamento adequado. E também busca proporcionar aos familiares e sobreviventes, meios para lidar com sentimentos como o luto, a perda, as incógnitas e a dor pelo suicídio. Essa pesquisa se propõe a descrever quais são as atividades desenvolvidas e direcionadas para as famílias sobreviventes de suicídio na cidade de Fortaleza e Região Metropolitana, através de uma abordagem qualitativa, onde pode-se verificar que todos os serviços e ações realizadas são de forma gratuita.

Sendo assim, foram realizadas 08 (oito) visitas semanalmente ao Grupo de Apoio às famílias Sobreviventes para poder se inteirar das atividades e ações realizadas nesses encontros e também ter a dimensão de como é trabalhar com as famílias sobreviventes de Suicídio. Esses encontros eram realizados sempre as quintas-feiras às 18h, na sala do Instituto Bia Dote sediado em Fortaleza. No início de cada encontro era lido pela presidente do Instituto as regras desse Grupo, pois tudo que fosse falado nessa reunião era sigiloso. Em seguida as pessoas iniciavam a sua fala apresentando a sua história com o ente querido que morreu por suicídio e assim era da mesma forma para os demais participantes, onde esse momento era de maior emoção. Ao final, depois de 2 horas de escuta acolhedora era feita a leitura

de uma parte de um livro cujo tema era sobre luto e depois as pessoas poderiam falar sobre o que entendeu, essa atividade era realizada em 10 minutos finais e em 05 minutos para terminar o encontro a Presidente tomava a palavra e agradecia a todos os participantes. Em todas as reuniões haviam pessoas com diferentes histórias.

O Instituto Bia Dote realiza diversas ações de prevenção do suicídio e de promoção da vida, buscando sempre acolher o próximo de forma mais direta respeitando a sua subjetividade e dor através das seguintes atividades: Realização de Palestras, Debates e Rodas de Conversa; Promoção, Divulgação e Facilitação de Informações sobre Suicidologia e a Prevenção do Suicídio; Atendimento Psicológico gratuito; Atendimento Fonoaudiológico gratuito; Atendimento Nutricional – Transtorno Alimentar; Grupo de Apoio para as Famílias Sobreviventes; Grupo de Estudo sobre o Luto e Desapego; Grupo Terapêutico – Ansiedade; Grupo Terapêutico – Jovens; e o Projeto Abraço de Bia.

Todas as ações realizadas pelo Instituto Bia Dote são gratuitas com o objetivo principal de acolher o outro em seu sofrimento respeitando a sua subjetividade e buscando diminuir o risco de suicídio iminente. Estas ações estão voltadas para a prevenção e posvenção do suicídio na cidade de Fortaleza e Região metropolitana, tendo sua sede própria e funcionando diariamente de segunda a sexta em horário comercial.

## Resultados e Discussão

### AS FAMÍLIAS SOBREVIVENTES DE SUICÍDIO: VIVENDO O LUTO

Os sobreviventes são pessoas impactadas por um suicídio, que inclui familiares, amigos ou qualquer outra pessoa que se sinta afetada pelo ato (I Simpósio Paulista de Prevenção e Posvenção em suicídio, 2017). São impactadas diretamente de 5 a 10 pessoas e indiretamente são afetadas de 60 a 80 pessoas. O impacto de uma tentativa de suicídio ou de um suicídio não se limita a pessoa em processo de sofrimento. Verifica-se que esse impacto estende-se também as pessoas na família e nas relações sociais e de trabalho.

Observa-se que segundo o Conselho Federal de Psi-

cológia, no livro *O Suicídio e os desafios para psicologia* (2013), quando nos fala sobre os sobreviventes:

Um entendimento desse impacto (tentativa de suicídio ou do próprio suicídio) na sociedade e na cultura está associado ao entendimento da experiência de conviver com o risco ou de perder alguém por meio de um suicídio. Conviver com o risco significa saber ou intuir que alguém que amamos ou com quem convivemos pode se matar. Perder alguém para o suicídio significa saber que a pessoa tirou a sua própria vida e, em decorrência, sentir-se submetido à necessidade de dar sentido a esse ato, de ter de justificar e sustentar o valor de nossas próprias vidas, especialmente em momentos mais difíceis. Chamamos quem vive esse processo de “sobrevivente”. O impacto de ser sobrevivente é tão significativo que ter se relacionado com alguém que se matou é um dos principais indicadores de risco futuro de suicídio. Ou seja, colegas amigos, e familiares de pessoas que se mataram estão em maior risco do que a maioria das pessoas.

Quando estudamos os processos de ser sobrevivente entende-se que irá nos ajudar a compreender também o processo de sofrimento antecipatório de uma família que está acompanhando uma pessoa em sofrimento grave com ameaça de suicídio. Mas também existem famílias que são surpreendidas com o acontecimento em seu meio principalmente por não ter percebido, compreendido ou valorizado em tempo a natureza do risco de suicídio iminente do seu familiar amado. Mas extremamente necessário de se identificar e elaborar sentimentos de raiva e culpa. Podendo se agregar a esse processo o conhecimento do risco por parte dessa família e dessa forma surge sentimentos de impotência e fracasso nos cuidados com o ente querido se agregam a esse processo.

Diante da falta de informações de como se apresentam os fatores de risco de uma pessoa com comportamento e ideação suicida se tornando um processo bastante doloroso para essa família por não terem percebido o risco, e também podendo surgir reações como: o medo, a culpa, a raiva, a tristeza, a ansiedade, a vergonha, a saudade. Além dessas observam-se nos sobreviventes diversas outras emoções intensas que são: negação, depressão, isolamento, não aceitação daquela ausência, problemas de ajustamento, dificuldades de estabelecer novas relações, sensação de desamparo, queda de produtividade, desenvolvimento de transtornos mentais, aumento

do uso de drogas ou álcool e desinvestimento em sua própria vida.

Uma das ações que podemos realizar para as famílias sobreviventes é inseri-las em um grupo de apoio a pessoas enlutadas por suicídio, pois este reúne pessoas que passaram pelo mesmo acontecimento em seu meio e podem se expressar para os demais, sendo um lugar seguro, onde o enlutado pode sentir a vontade de falar abertamente sobre a sua dor, sentimentos e pesares. Pode falar abertamente quando estiver completamente à vontade, mas também falando de suas experiências e de como está se sentindo. Sendo importante ressaltar que o grupo de apoio se faz com a participação de todos e que todos os envolvidos tenham a oportunidade de falar. Os impactos relacionados ao luto por suicídio aparecem em quatro categorias que são: imediato, curto, médio e longo prazos, que tem como consequências impactos físicos, cognitivos, sociais, psicológicos e no sistema familiar.

Segundo Shneidman (1973) (in Relatório do I Simpósio Paulista de Prevenção e Posvenção de Suicídio (2017)): “A morte de uma pessoa não é somente um fim: é também um começo para os sobreviventes”. Isto é, essa família passa a conviver mais com seu ente amado e a partir desse momento terá que dar andamento a sua vida sem a pessoa que partiu, portanto, passar a conviver com um luto por suicídio poderá ser mais complicado devido a outras questões que surgem como a culpa, o medo e ausência da pessoa, isto é um novo recomeço de vida para os que ficaram.

Nesse processo de luto pode-se verificar que existem diferenças significativas na intensidade e duração do luto, como também o aumento de sintomas depressivos e um impacto no sistema familiar. Tendo essa família, portanto, novas necessidades como auxílio e aconselhamento práticos, informações após a morte do seu ente querido, suporte principalmente uma assistência particular como terapia com profissionais de saúde mental, e também realizar conversas com outras pessoas que estão enlutadas por suicídio.

Outros tipos de sentimento e comportamentos que os enlutados podem sentir são os seguintes: choque; culpa; vergonha; busca incessante do motivo; sentimentos intensos de responsabilidade, rejeição e abandono; maior dificuldade em dar sentido à morte; isolamento; autoacusação; e mudanças na dinâmi-

ca familiar (in Relatório do I Simpósio Paulista de Prevenção e Posvenção de Suicídio, 2017). O processo do luto é necessário para que seja restabelecido o equilíbrio e para que a pessoa possa completar o processo do luto. No entanto segundo WORDEN (1974) esse processo pode ser composto por quatro tarefas básicas que são: aceitar a realidade da perda; reconhecer e elaborar a dor da perda; ajustar-se a um ambiente onde está faltando à pessoa que faleceu; e reposicionar em termos emocionais a pessoa que faleceu e continuar a vida.

Podemos destacar que o luto segundo PARKES (1977 in WORDEN, 1974) define-se em quatro fases do processo de luto, a fase I é o torpor que acontece perto do período da perda, a fase II e a "fase de anseio", no qual a pessoa que ficou deseja que pessoa perdida retorne e tende a negar a permanência da perda, a raiva tem um papel importante nessa fase. Já a fase III é a de desorganização e desespero, a pessoa enlutada tem sérias dificuldades de funcionar no ambiente e a fase IV é a fase de conduta reorganizada, onde o enlutado começa a retomar a sua vida. No entanto as pessoas enlutadas por suicídio passam também por todas essas fases, mas devido a perda do seu ente querido ter sido por suicídio poderá ser vivido esse luto de forma diferenciada, pois acrescenta-se aí a culpa, a não resposta da motivação, o que poderia ter feito para evitar, enfim ainda existe uma outra carga de perguntas sem respostas que poderá dificultar o processo de luto e assim tornar-se um luto complicado, isso dependendo de cada pessoa que passa por esse processo.

### **O GRUPO DE APOIO AS FAMÍLIAS SOBREVIVENTES DE SUICÍDIO DO INSTITUTO BIA DOTE**

A palavra grupo vem do vocabulário "gropo" ou "grupo" que surgiu no século XVII, quando se refere principalmente ao ato de retratar, artisticamente, um grupo de pessoas. Quando nos referimos ao processo grupal partimos de que estamos constantemente nos relacionando com outras pessoas no qual temos vários objetivos. Portanto, essa interação com um grupo de pessoas pode ser de forma consciente ou não. Mas também nos damos conta de que participamos de vários grupos e geralmente nos agregamos a esses grupos por vontade própria, tendo como exemplo um grupo de amigos (PESSOA, 2016). Os grupos são divididos em espontâneos ou naturais, mas também podem ser organizados com finalidades específicas, com é o caso do Grupo de Apoio

as Famílias Sobreviventes de Suicídio. Este grupo de apoio às famílias enlutadas por suicídio podem ser divididos em três tipos: coordenado por profissional; coordenado por sobreviventes e profissional; e coordenados por sobreviventes. Sendo, portanto o tipo mais comum de ajuda aos sobreviventes. Estes grupos também podem ser divididos por tipo como abertos, fechados e com ou sem limite do número de encontros. Como também pode receber mais especificações como grupos formados somente de sobreviventes enlutados, como sobreviventes enlutados e de tentativa de suicídio e somente tentativa. Uma forma de acolher as famílias enlutadas por suicídio é o Grupo de Apoio as Famílias Sobreviventes de Suicídio que tem como finalidade principal receber essas famílias em reuniões semanais em sua sede própria.

O Grupo de Apoio as Famílias Sobreviventes de Suicídio do Instituto Bia Dote foi criado no ano de 2016 e tem como objetivo acolher pessoas enlutadas, familiares sobreviventes de suicídio, incluindo parceiros e amigos. Esse grupo é aberto e não tem limite de participantes, onde a proposta é que o enlutado tenha oportunidade de expressar os seus sentimentos diante do luto, da perda, do apego.

Nessas reuniões as pessoas enlutadas podem se expressar quando estiver a vontade, pois é um local de confiança; sendo um espaço onde essas pessoas se expressar, da sua própria maneira, sobre o luto, sobre o que sente diante da morte de alguém que ama. Poder falar sobre os seus sofrimentos, suas raivas, suas angústias, sem receio de que seja julgada.

Esse grupo é mediado por uma psicóloga que utiliza várias ferramentas em cada reunião, com o objetivo de deixar as pessoas à vontade para expressar a sua dor e seus sentimentos. A reunião do grupo deverá ter, no mínimo, 90 minutos de duração e deverá iniciar com uma rápida explanação sobre o funcionamento do grupo (acordo, conduta etc.); apresentação das pessoas, depoimentos, e finalização com uma dinâmica. A reunião do Grupo de Apoio ocorrerá na sala 1108, no nono andar da torre Quixadá, com início às 19:00 da segunda e última terça do mês com previsão de encerramento as 20:30min.

### **Conclusão**

O presente trabalho teve como finalidade apresen-

tar uma ferramenta de suma importância para as famílias enlutadas por suicídio a partir da criação do Grupo de Apoio as Famílias Sobreviventes de Suicídio do Instituto Bia Dote. Esse grupo foi idealizado pela família da Bia Dote, pois no período que ocorreu o suicídio dela esta se sentiu completamente desamparada e sem saber qual o rumo tomaria as suas vidas. Portanto, esse grupo parte de um desejo de acolher famílias, familiares amigos e pessoas que passaram por um suicídio sendo a ferramenta de suma importância para dar significado as suas vidas, pois este espaço proporciona a roca de experiência de vivencia de passar por um suicídio em seu meio, permitindo a essas pessoas tentar e dá uma ressignificação as suas vidas após a morte de seu ente querido por suicídio.

O profissional da psicologia que media as reuniões desse grupo de apoio tem alguns desafios que são seguintes: administrar o tempo de fala; administrar as diferentes necessidades; promover o cuidado e auto-cuidado; evitar comparação de dores; capacitar sobreviventes e profissionais para coordenar grupos; realizar acompanhamento dos participantes falantes; e divulgar o grupo para novos sobreviventes.

Segundo SCAVACINI, 2011 (in Relatório do I Simpósio Paulista de Prevenção e Posvenção de Suicídio, 2017), existe uma importância com os “cuidados especializados para o manejo do processo de luto, minimizando, dentre outras coisas, o risco”. Observa-se ainda que sem a ajuda apropriada o luto pode se tornar traumático e complicado e o grupo é uma ferramenta de suma importância pra a posvenção.

Portanto, conclui-se que o Grupo de Apoio as Famílias Sobreviventes de Suicídio é uma das principais ações desenvolvidas pelo Instituto Bia Dote e que proporciona as famílias enlutadas uma melhoria clara da qualidade de suas vidas pós morte do seu ente querido, proporcionado pelas trocas de vivências com outros enlutados e também principalmente por resignificar essa dor dando continuidade as suas vidas sem mais aquela pessoa que partiu.ca familiar (in Relatório do I Simpósio Paulista de Prevenção e Posvenção de Suicídio, 2017). O processo do luto é necessário para que seja restabelecido o equilíbrio e para que a pessoa possa completar o processo do luto. No entanto segundo WORDEN (1974) esse processo pode ser composto por quatro tarefas básicas que são: aceitar a realidade da perda; reconhecer e elaborar a dor da perda; ajustar-se a um ambiente

onde está faltando à pessoa que faleceu; e reposicionar em termos emocionais a pessoa que faleceu e continuar a vida.

## Referências Bibliográficas

1. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PSIQUIATRIA. Suicídio: informando para prevenir. Comissão de Estudos e Prevenção de Suicídio. Brasília, CFM/ABP, 2014.
2. CONSELHO FEDERAL DE PSICOLOGIA. O Suicídio e os desafios para a psicologia. Brasília: CFP, 2013.
3. FONTENELLE, Paula. Suicídio: o futuro interrompido: guia para sobreviventes. São Paulo: Geração Editorial, 2008.
4. INSTITUTO BIA DOTE. Plano de Ação: movidos por amor. Fortaleza, 2017.
5. MINISTÉRIO DA SAÚDE – BRASIL. Prevenção do suicídio: manual dirigido a profissionais das equipes de saúde mental. Brasília: 2006.
6. MINISTÉRIO DA SAÚDE – BRASIL. Prevenção do suicídio: manual dirigido a profissionais das equipes de saúde mental. São Paulo: Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, 2014.
7. PESSOA, Karine Lima Verde. Processo Grupal. Fortaleza, 2016.
8. TRIGUEIRO, André. Viver é a melhor opção: a prevenção do suicídio no Brasil e no mundo. São Bernardo do Campo, SP: Correio Fraternal, 2015.
9. I Simpósio Paulista de Prevenção e Posvenção do Suicídio. Centro Universitário São Camilo. São Paulo: 2017.
10. WORDEN, J. William. Terapia do luto: um manual para o profissional de saúde mental. São Paulo: Artes Médicas, 1974.
11. WORLD HEALTH ORGANIZATION. Preventing suicide: a global imperative. Geneva: WHO, 2014 [acesso em: 07 de dezembro 2017]. Disponível em: [http://www.who.int/entity/mental\\_health/suicide-prevention/world\\_re-//www.who.int/entity/mental\\_health/suicide-prevention/world\\_re-report\\_2014/en/index.html](http://www.who.int/entity/mental_health/suicide-prevention/world_report_2014/en/index.html).



INOVAÇÃO  
EM  
FOCO



INOVAÇÃO  
EM  
FOCO

REGIA • INOMI •  
FESTAG • INOMI •  
PROS • INOMI •  
REGIA • INOMI •



**CEARÁ**  
GOVERNO DO ESTADO  
SECRETARIA DAS CIDADES