

## PROPOSTA PARA AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DO CARVÃO ATIVADO NA REMOÇÃO DE ENXOFRE DA ÁGUA

### PROPOSAL FOR EVALUATING THE EFFICIENCY OF ACTIVATED CHARCOAL IN REMOVING SULFUR FROM WATER

Edson Roberto da Cruz<sup>i</sup>  
Gabriel Caetano Soares<sup>ii</sup>  
Gabriel de Souza Nascimento<sup>iii</sup>  
Matheus Henrique da Silva Vicente<sup>iv</sup>  
Tiago Akira Tashiro de Araújo<sup>v</sup>

#### RESUMO

O presente projeto propõe o desenvolvimento e simulação de um sistema automatizado para controle da dosagem de carvão ativado com o objetivo de reduzir a concentração de enxofre em águas contaminadas, utilizando Controlador Lógico Programável (CLP). A proposta visa aliar princípios de automação e tratamento ambiental, promovendo a simulação de um processo eficiente e sustentável de remoção de contaminantes. A metodologia inclui a programação de uma lógica de controle capaz de interpretar valores simulados de concentração de enxofre e acionar automaticamente uma bomba dosadora, com desligamento automático ao atingir os parâmetros de qualidade definidos. Espera-se que o sistema proposto demonstre, em ambiente de simulação, a eficácia do carvão ativado como adsorvente e a viabilidade do controle automatizado, contribuindo para práticas de reuso da água em ambientes industriais e para o desenvolvimento de tecnologias de controle ambiental de baixo custo.

**Palavras-chave:** carvão ativado; enxofre; automação; CLP; reuso de água

#### ABSTRACT

This project proposes the development and simulation of an automated system for dosing activated charcoal to reduce sulfur concentration in contaminated water, using a Programmable Logic Controller (PLC). The proposal aims to combine automation principles and environmental treatment to simulate an efficient and sustainable process for contaminant removal. The methodology includes programming a control logic capable of interpreting simulated sulfur concentration values and automatically activating a dosing pump, which shuts off upon reaching defined quality parameters. The expected outcome is that the proposed system will demonstrate, in a simulated environment, the effectiveness of activated charcoal as an adsorbent and the feasibility of automated control, contributing to water reuse practices in industrial settings and the development of low-cost environmental control technologies.

**Keywords:** activated charcoal; sulfur; automation; PLC; water reuse.

## 1 INTRODUÇÃO

A contaminação de corpos d'água por enxofre e seus derivados, como o sulfeto de hidrogênio ( $H_2S$ ) e os íons sulfetos ( $S^{2-}$ ), constitui um desafio ambiental

significativo, especialmente em áreas com atividade industrial intensa, como refinarias, fábricas de papel e indústrias petroquímicas. Esses compostos, além de conferirem odor desagradável à água, são tóxicos para organismos aquáticos e podem comprometer a potabilidade e o reuso do recurso hídrico (SOUZA; FONSECA, 2020). A presença de enxofre em águas industriais, quando não tratada adequadamente, contribui para o aumento da demanda química de oxigênio (DQO), acidificação e corrosão de tubulações, impactando diretamente a sustentabilidade dos processos industriais.

Diante desse cenário, torna-se essencial o desenvolvimento de soluções tecnológicas acessíveis e eficientes para a remoção desse contaminante. Um dos métodos mais promissores é a adsorção por carvão ativado, técnica amplamente empregada no tratamento de águas e efluentes industriais devido à sua alta porosidade, área superficial específica e capacidade de adsorver diversos compostos orgânicos e inorgânicos (CHEN et al., 2011). O carvão ativado atua por meio de forças físico-químicas, retendo as moléculas indesejadas em sua superfície porosa. Sua eficiência na remoção de enxofre, embora reconhecida, depende de variáveis como tempo de contato, granulometria, concentração inicial do contaminante e temperatura do meio (KURNIAWAN et al., 2006).

### **Objetivo Geral**

Desenvolver e validar, em ambiente simulado, uma lógica de controle automatizado programada em CLP para simular a dosagem de carvão ativado em águas contaminadas, visando a remoção eficiente de enxofre e o atendimento aos padrões de qualidade para reuso industrial.

### **Objetivos Específicos**

Pesquisar os fundamentos da adsorção de enxofre em carvão ativado e os parâmetros que influenciam sua eficiência no tratamento de águas contaminadas; Programar, em ambiente de simulação (como CODESYS, LOGO!Soft ou equivalente), uma lógica de controle capaz de acionar automaticamente uma bomba dosadora com base em valores simulados de concentração de enxofre; Estabelecer condições de controle com parâmetros como tempo de dosagem, taxa de redução da concentração e valor-limite para desligamento automático; Testar diferentes cenários de concentração inicial e verificar a resposta do sistema simulado, avaliando a estabilidade da lógica de controle; Documentar a arquitetura do sistema, o código de programação e os resultados obtidos para fins de validação e replicabilidade do modelo.

## **2 REVISÃO DE LITERATURA**

Ao mesmo tempo em que há o cenário apontado na Introdução, o avanço da automação industrial tem permitido maior controle, precisão e eficiência em processos ambientais, inclusive no tratamento de água. Nesse contexto, o uso de Controladores Lógicos Programáveis (CLPs) representa uma solução versátil e confiável para o controle automatizado de sistemas de dosagem e monitoramento de contaminantes. Os CLPs são dispositivos capazes de executar lógicas de controle com base em variáveis de entrada e saídas programadas, sendo largamente

aplicados em processos industriais para controle de bombas, válvulas, sensores e atuadores (MAITELLI, 2008). Com a integração de sensores de concentração, mesmo que em ambiente simulado, é possível acionar automaticamente uma bomba dosadora de carvão ativado conforme os níveis de enxofre presentes na água, garantindo maior eficiência no processo de tratamento.

Além disso, a adoção de tecnologias de automação no controle ambiental e reuso de água está alinhada com os princípios da produção mais limpa e da economia circular. A água é um recurso cada vez mais escasso, e sua reutilização segura em processos industriais depende da eliminação eficaz de contaminantes como o enxofre. Segundo a Resolução CONAMA nº 430/2011, que estabelece padrões para o lançamento de efluentes, é obrigatório que os parâmetros de qualidade da água sejam continuamente monitorados e mantidos dentro dos limites permitidos, reforçando a importância de sistemas confiáveis de controle.

Assim, este projeto propõe o desenvolvimento e a simulação de uma lógica de controle programada em CLP para gerenciar a dosagem de carvão ativado em águas contaminadas com enxofre, utilizando softwares de automação como CODESYS, LOGO!Soft ou similares. A proposta visa, de forma prática e didática, demonstrar a viabilidade da aplicação de sistemas automatizados no controle ambiental, aliando conhecimento técnico, sustentabilidade e inovação em engenharia de automação.

### **3 METODOLOGIA**

A execução deste projeto seguirá uma abordagem experimental em ambiente simulado, utilizando conceitos de automação aplicados ao controle ambiental. As atividades serão organizadas conforme as etapas a seguir:

**Etapa 1 – Levantamento teórico:**

Será realizada uma pesquisa bibliográfica sobre os processos de adsorção com carvão ativado, os impactos do enxofre na água e o uso de CLPs em sistemas de automação ambiental. Também serão consultadas normas técnicas relacionadas ao reuso da água e aos limites de qualidade permitidos para compostos sulfurosos.

**Etapa 2 – Definição da plataforma de simulação:**

Será selecionado um software de programação e simulação de CLP (como CODESYS, LOGO!Soft ou ZelioSoft), levando em consideração a acessibilidade, aplicabilidade e compatibilidade com os objetivos do projeto.

**Etapa 3 – Programação da lógica de controle:**

Será desenvolvida uma lógica de controle programada no CLP, com base em valores simulados de concentração de enxofre. Essa lógica permitirá o acionamento automático de uma bomba dosadora de carvão ativado, além do desligamento do sistema ao atingir os parâmetros de qualidade definidos.

**Etapa 4 – Testes em ambiente simulado:**

Serão realizados testes com diferentes concentrações iniciais de enxofre para verificar a resposta do sistema simulado, o tempo necessário para redução e a precisão do desligamento automático ao atingir o valor-alvo

Etapa 5 – Documentação dos resultados:

Serão registrados os testes e simulações por meio de capturas de tela, gráficos, tabelas e fluxogramas. Também será documentado o código utilizado e a estrutura lógica do programa para fins de validação e replicação.

#### **4 RESULTADOS PRELIMINARES**

Com a implementação do projeto, espera-se demonstrar, em ambiente simulado, a viabilidade técnica da automação do processo de dosagem de carvão ativado para a remoção de enxofre em águas contaminadas. O sistema, controlado por CLP, deverá apresentar comportamento eficiente e seguro, acionando a bomba dosadora automaticamente com base em valores simulados de concentração do contaminante.

#### **5 CONCLUSÃO**

Espera-se que o controle automatizado proporcione maior precisão na dosagem, evitando o desperdício de material adsorvente e otimizando o tempo de tratamento. Além disso, a lógica programada deverá permitir o desligamento automático do sistema ao atingir o valor-limite pré-definido, simulando condições reais de monitoramento e controle de qualidade da água.

Do ponto de vista ambiental, o projeto visa reforçar a importância de tecnologias sustentáveis e de baixo custo para o tratamento de efluentes industriais, especialmente em locais onde o reuso da água é essencial. Espera-se que o modelo proposto possa ser adaptado ou expandido futuramente para aplicações reais com sensores físicos e bombas atuando em tempo real.

Além disso, o projeto contribuirá para o desenvolvimento das competências técnicas dos alunos envolvidas na programação de CLPs, no entendimento dos processos de adsorção e na integração entre automação e meio ambiente, fortalecendo a formação profissional na área de controle e instrumentação.

#### **REFERÊNCIAS**

- CHEN, W. et al. Removal of sulfur compounds from aqueous solutions using activated carbon. *Water Research*, v. 45, n. 10, p. 3273–3281, 2011.
- KURNIAWAN, T. A. et al. Physico–chemical treatment techniques for wastewater laden with heavy metals. *Chemical Engineering Journal*, v. 118, p. 83–98, 2006.
- MAITELLI, A. L. A. Introdução à automação industrial com CLP. Brasília: Universidade de Brasília – UnB, 2008.
- SOUZA, A. P.; FONSECA, M. T. Remoção de enxofre e compostos relacionados em águas residuárias industriais: uma revisão. *Revista Engenharia Ambiental*, v. 17, n. 2, p. 95–108, 2020.
- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (Brasil). Resolução CONAMA nº 430, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes. Disponível em: <https://www.in.gov.br>. Acesso em: 13 jun. 2025

## **SOBRE O(S)AUTOR(ES)**

### **i EDSON ROBERTO DA CRUZ**

*Foto* Aluno do Curso Superior de Tecnologia em Automação Industrial do SENAI de Santos

### **ii GABRIEL CAETANO SOARES**

*Foto* Aluno do Curso Superior de Tecnologia em Automação Industrial do SENAI de Santos

### **iii GABRIEL DE SOUZA NASCIMENTO**

*Foto* Aluno do Curso Superior de Tecnologia em Automação Industrial do SENAI de Santos

### **iv MATHEUS HENRIQUE DA SILVA VICENTE**

*Foto* Aluno do Curso Superior de Tecnologia em Automação Industrial do SENAI de Santos

### **v TIAGO AKIRA TASHIRO DE ARAÚJO**

*Foto* Docente do Curso Superior de Tecnologia em Automação Industrial do SENAI de Santos