



## Uma abordagem de aprendizagem baseada em projetos para tratamento de efluente de açúcar invertido

Ademir Geraldo Cavallari Costalonga, Gabriel Sanches Cerezer  
Instituto Federal de São Paulo (IFSP), Capivari, Brazil

### ARTICLE INFO

**Recebido:** 21 de Julho de 2023

**Aceito:** 17 de Outubro de 2023

**Disponível on-line:** 30 de Novembro de 2023

**Palavras chave:**

STEAM, resolução de problemas, efluente industrial.

**E-mail:**

[ademirgcc@ifsp.edu.br](mailto:ademirgcc@ifsp.edu.br)  
[gabrielcerezer123@gmail.com](mailto:gabrielcerezer123@gmail.com)

ISSN 2007-9842

© Instituto de Educación en Ciencias A.C.

### ABSTRACT

The STEAM methodology was used as an educational approach to define and implement a practical project for the biological treatment of industrial effluent. The aim of this work was to evaluate and verify the possibility of using a rotary bioreactor to biodegrade an industrial effluent. The steps of the STEAM methodology are detailed, including problem identification, exploration, solution development, implementation and testing, and communication. The results of the experiment showed that the choice of method offers a solution that fits the problem and confirms that its use in biological treatment has good effluent treatment efficiency. As the experiment is a project-based learning approach, there is learning about science and the development of critical thinking skills, problem solving, hypothesis formulation, data collection and the choice of solutions that best fit the problem.

Utilizou-se a metodologia STEAM como uma abordagem educacional para definir e implementar um projeto prático de tratamento biológico de efluente industrial. Neste trabalho pretendeu-se avaliar e verificar a possibilidade de emprego de um biorreator rotativo na biodegradabilidade de um efluente industrial. Os passos da metodologia STEAM são detalhados, incluindo a identificação do problema, exploração, desenvolvimento de soluções, implementação e teste, e comunicação. Os resultados do experimento demonstrou que a escolha do método oferece uma solução que se ajusta ao problema e confirma que a sua empregabilidade no tratamento biológico possui uma boa eficiência do tratamento do efluente. Como o experimento é uma abordagem de aprendizagem baseada em projetos, tem-se uma aprendizagem sobre ciências e desenvolvimento de habilidades de pensamento crítico, resolução de problemas, formulação de hipóteses, coleta de dados e a escolha de soluções que melhor de ajustam ao problema.

### I. INTRODUÇÃO

A metodologia STEM é um enfoque educacional interdisciplinar que foca na integração de quatro áreas-chave: Ciência (Science), Tecnologia (Technology), Engenharia (Engineering) e Matemática (Mathematics) (Office of Science and Technology, 2013). O termo educação STEM possui diferentes conotações, dependendo do contexto (científico, acadêmico, educativo e/ou político) em que é utilizado (Breiner et al., 2012), ao lugar geográfico (Ritz & Fan, 2014) e sua fundamentação teórica (Bybee, 2013 e Sanders, 2009).

No contexto educacional, o termo STEM além de identificar as quatro áreas, incentiva a aprendizagem interdisciplinar e com uma abordagem científica busca explorar uma curiosidade ou problema para melhorar a sua compreensão. Essa metodologia pode promover o desenvolvimento de tecnologias inovadoras que podem contribuir para a sustentabilidade.

A metodologia STEAM é baseada no STEM, com a adição de "Arts" (Artes), concordando, assim, com a importância da expressão artística e da criatividade e nas áreas abordadas no STEM. Yakman e Lee (2012) definiram a educação STEAM como a interpretação da ciência e da tecnologia através da engenharia e das artes, já Escalona *et al.* (2018) definiram STEAM como a integração interdisciplinar de ciências, tecnologia, engenharia, artes e matemática para a resolução dos problemas da vida diária dos estudantes.

A finalidade da metodologia STEAM é desenvolver e integrar essas disciplinas de maneira estruturada, inovando e possibilitando alternativas de acordo com as experiências do estudante.

De acordo com Cotta (2019), dentro da metodologia STEAM o que importa e desenvolver atividades que aprimorem o pensamento crítico dos alunos. Para isso, é importante que as atividades possuam um roteiro aberto para permitir que os estudantes elaborem hipóteses dentro do assunto trabalhado e as testem, encontrando conclusões que estejam bem fundamentadas.

Neste trabalho, temos uma abordagem usando a metodologia STEAM visando encontrar um processo que possa minimizar o impacto ambiental no descarte de efluentes.

O experimento é uma abordagem de aprendizagem baseada em projetos, nessa abordagem os estudantes aprendem sobre ciências e desenvolvem suas habilidades de pensamento crítico, resolução de problemas, trabalho em equipe, formulação de hipóteses, coleta de dados, realização de experimentos e a escolha de soluções que melhor se ajustam ao problema. O processo de investigação é centrado na concepção de um produto que possa resolver o problema, esse método melhora o interesse e o aprendizado.

## II. ETAPAS PARA RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS

Na metodologia STEM/STEAM embora não haja uma única metodologia fixa, e como engenharia é uma componente chave desta metodologia, temos que o processo "STEAM" está intimamente alinhado às etapas que um engenheiro seguiria para encontrar a solução de um problema, tem-se cinco passos gerais frequentemente usados para implementar projeto:

- 1) Identificação do Problema ou Desafio:  
Escolher um problema ou desafio que estimule o interesse.
- 2) Exploração e Pesquisa:  
Coleta de informações relevantes, conceitos, análise de dados e a revisão de literatura
- 3) Planejamento de Soluções:  
Geração de ideias e soluções para resolver o desafio ou o problema.
- 4) Implementação e Teste:  
Construção de um modelo com propostas de solução.
- 5) Melhoramento da Solução:  
Compartilhar e tornar a solução melhor

### 1) - Identificação do Problema ou Desafio:

A função de uma estação de tratamento de efluentes é a remoção dos principais poluentes da água, para retorná-la aos corpos d'água sem alterar sua qualidade. Ao realizar o devido tratamento da água, reduzem-se os custos da operação, por se tratar de um bem econômico que, apesar de renovável, deve ter sua qualidade preservada (Giordano, 2004).

A implementação de um sistema de tratamento de efluentes eficiente em uma empresa pode aperfeiçoar seu ciclo produtivo, promover uma imagem positiva, tornando-a 'eco friendly', além de evitar multas ambientais que podem até paralisar as atividades. (PNUMA, 2004)

Para o início de um estudo, é necessária uma descrição das origens do resíduo, seu grau de heterogeneidade, de modo que se possa aplicar o correto método de separação de fases, caso necessário. Devem-se levar em conta outras

informações, como o processo de origem e sua atividade industrial, seus principais constituintes e suas interações (NBR, 2004).

Todo e qualquer processo de tratamento passa por três etapas (Silva, 2009). A primeira consiste na separação de partículas sobrenadantes e líquidos que não serão tratados no processo, como óleo e gordura, que podem ser separados por meios físicos. O segundo processo tem foco na remoção de compostos solúveis e sólidos suspensos, a partir do método biológico escolhido para o tratamento, podendo ser anaeróbio ou aeróbio. O terceiro e último processo tem uma característica mais refinada, ele se propõe a retirar contaminantes específicos que interferem na qualidade do efluente como nitrogênio e fósforo podem favorecer a proliferação de algas, causando eutrofização dos corpos d'água em que serão despejados.

Ao término do levantamento dos possíveis tratamentos, da destinação final do efluente e se será despejado nos leitos fluviais ou se será empregado no ciclo produtivo da empresa, foi escolhido a um sistema de reator de Discos Biológicos Rotativos para o tratamento de efluentes gerados na indústria de produção de açúcar invertido, especificamente as águas residuais oriundas do processo industrial.

## 2) Exploração e Pesquisa:

### Tratamentos Biológicos

O tratamento biológico de efluente se utiliza de microrganismo para a degradação da matéria orgânica presente no efluente. Há duas classes de microrganismo empregadas, os aeróbios e os anaeróbios (Oliveira *et al.*, 2021).

O processo de tratamento por via aeróbica se resume na aplicação de bactérias que utilizam o oxigênio em seu metabolismo para a degradação de moléculas orgânicas, liberando energia, gás carbônico e água. A reação ocorre com base na presença de um doador de elétrons, o efluente a ser tratado, e um receptor de elétrons, o oxigênio, representado pela equação simplificada da oxidação da glicose. Por consumir oxigênio, é necessária a utilização de métodos de aeração para manter a microbiota viva no reator (Libardi Junior, 2020).

No sistema anaeróbio, a digestão é feita por microrganismos em ausência de oxigênio. Eles transformam a matéria orgânica por meio de vários processos bioquímicos, produzindo metano e gás carbônico (Chernicharo, 1997).

Dentre os possíveis tipos de tratamentos temos a Lagoa de Estabilização, o Lodo ativado, as Membranas e o Reator com biodiscos rotativos.

### Lagoa de Estabilização

Lagoa de estabilização é um dos meios de tratamento mais simples, pois são escavações chamadas comumente de tanques, pouco profundas, construídas em formas retangulares ou quadradas (Mendonça & Mendonça, 2017).

### Lodo ativado

O processo de tratamento de lodo ativado é o mais difundido dentre os tratamentos de águas residuais. O lodo ativado consiste em uma massa ativa de microrganismos que têm a capacidade de estabilizar contaminantes (Silva, 2009).

### Membranas

O uso de membranas para o tratamento tem como objetivo a separação de uma ou mais fases líquidas e além de sólidos imiscíveis, o que substitui a necessidade do uso de decantadores, reduzindo a área ocupada, esse é o tratamento com o maior custo e não é empregado para tratamento de efluentes brutos (Libardi Junior, 2020).

### Reator com biodiscos rotativos

O sistema de biodiscos rotativos é um tipo de tratamento biológico com microrganismos aeróbios em fluxo contínuo. Nesses sistemas, os microrganismos formam um biofilme que se encontra disposto sobre discos distribuídos em série ao longo de um reator e que são suportados por um eixo conectado a um motor que rotaciona o conjunto. De

modo geral, são eficientes na remoção da matéria orgânica, são de baixo custo de manutenção e o tratamento do efluente é realizado de modo contínuo, com controle da vazão de acordo com a necessidade (Assan, 2006).

### 3) Planejamento de Soluções:

#### Obtenção do Efluente

O efluente proveniente do processo de lavagem de equipamentos, tambores, caminhões e containers foi coletado no tanque de armazenamento de resíduos.

#### Obtenção do microrganismo

Utilizou-se lodo proveniente da estação de tratamento de uma usina de cana de açúcar para dar início a formação de biofilme nos biodiscos, a água com lodo foi deixado 3 dias no reator, sendo agoniado o motor em intervalos de 3 horas e os deixando ligados por 30 minutos para a aeração do sistema, também foi adicionado açúcar cristal para aumentar os nutrientes assim auxiliando no aumento do lodo e sua fixação no suporte de bucha vegetal.

#### Montagem do Sistema

Na construção do reator foi utilizado um cano de PVC com dimensionamento de 110x10x5 cm com 5.500 cm<sup>3</sup>, um motor de passo para rotação, barra rosqueada, biodiscos de bucha vegetal seca (*Luffa Cylindrica*) e motor bomba submersa para aquário com regulagem de vazão. Na Figura 1 se observa um modelo da montagem do reator de biodiscos rotativos

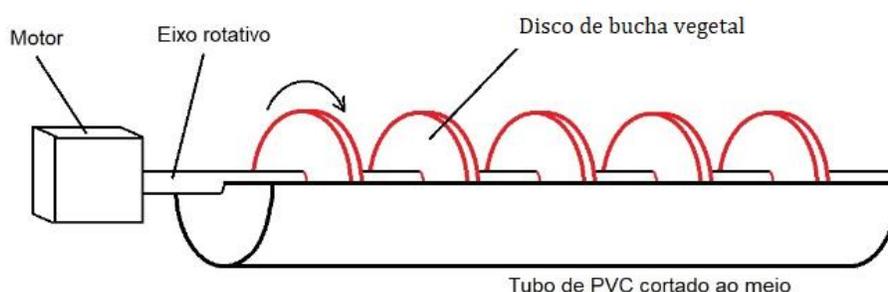


FIGURA 1. Esquema da montagem do reator de biodiscos rotativos, destacando-se o motor, o eixo rotativo, os biodiscos.

### 4) Implementação e Teste:

#### Avaliação do sistema

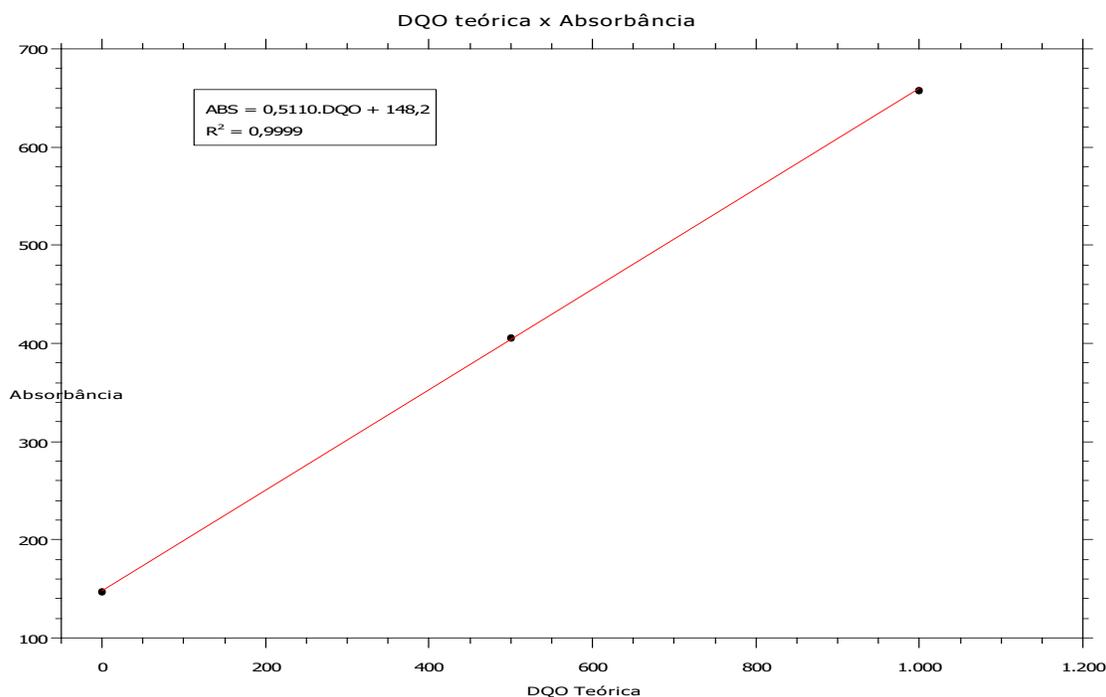
A demanda química de oxigênio (DQO) é uma forma indireta de se medir a matéria orgânica suspensa em água através da estimativa da quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica, biodegradável ou não.

Tal medida pode ser quantificada pelo uso de um forte oxidante químico, usualmente o dicromato de potássio, que é reduzido. Essa reação de oxirredução pode ser monitorada através de um método colorimétrico (Valente et al., 1997).

#### Parâmetros para avaliação do tratamento

Para avaliar o sistema foi definido que a diminuição da DQO seria a análise crítica e, portanto, foram escolhidos dois pontos para realização do procedimento de medida. O primeiro ponto foi a DQO do Efluente Bruto e o segundo ponto foi a DQO do Efluente Tratado.

Para a devida medida da DQO foi necessário construir uma curva de calibração utilizando-se de soluções padrão de biftalato de potássio (KHP) com concentração de 425 mg/L que possui uma DQO teórica de 500 mg de O<sub>2</sub>/L e uma com DQO teórica 1000 mg de O<sub>2</sub>/L, além do branco. A curva de calibração pode ser observada na figura 2.



**FIGURA 2.** Curva de calibração para DQO utilizando-se de soluções padrão de biftalato de potássio (KHP) com concentração de 425 mg/L que possui uma DQO teórica de 500 mg de O<sub>2</sub>/L e uma com DQO teórica 1000 mg de O<sub>2</sub>/L.

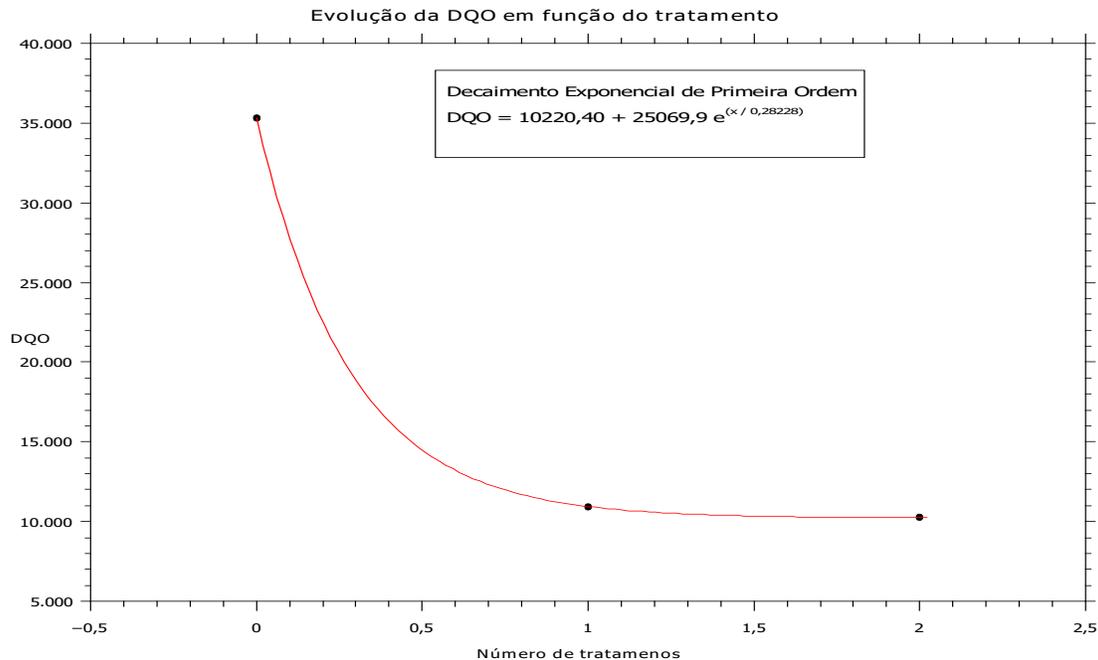
O método utilizado para a quantificação da DQO foi realizado com auxílio do kit de análise HANNA DQO HI93754B-25, digestor e espectrofotômetro na medida de onda de 600 nm.

O mesmo procedimento foi realizado para a determinação da DQO do efluente bruto e tratado, no entanto realizou-se uma diluição de 1:40 ml enquanto para as soluções padrões e branco não.

Com a curva de calibração, foi possível determinar a quantidade de oxigênio necessária para oxidar quimicamente toda a matéria orgânica dissolvida na amostra de efluente bruto e nas amostras após a passagem pelo reator. A medida obtida para o efluente bruto foi de 35.290 mg/L. Uma DQO extremamente alta o que nos diz que o resíduo tem uma alta carga orgânica. Os dados obtidos para o efluente bruto e para as amostras podem ser observados na tabela I e na figura 3. Pode-se observar que o sistema apresentou remoção satisfatória, diminuindo drasticamente a carga orgânica do efluente, medido pela estimativa da quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica.

**Tabela I.** Medida de absorbância para amostra de efluente bruto e amostras após o tratamento e valores obtidos da quantidade de Oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica presente em cada etapa.

Amostra	Absorbância	Quantidade O <sub>2</sub> ( mg/L)
Bruto	0,599	35290,3
Tratado 1x	0,288	10945,9
Tratado 2x	0,279	10241,4



**FIGURA 3.** Curva de evolução da DQO em função do número de tratamento. O primeiro ponto se refere ao efluente bruto e segundo e terceiro se refere a primeira e segunda passagem pelo reator de biodisco. Observou-se um decaimento de primeira ordem para os dados obtidos.

Os resultados obtidos com a construção desse primeiro reator de Discos Biológicos Rotativos confirmam que seu emprego no tratamento biológico aeróbio para degradar o efluente de açúcar invertido é eficaz e responde bem com uma boa diminuição da DQO do efluente.

## 5) Melhoramento da Solução:

Nessa etapa foi realizada uma avaliação e um levantamento de problemas e das observações encontradas nos testes realizados com o reator de Biodiscos, abaixo temos algumas dessas observações:

- Avaliar a inserção de um aerador artificial para maior oxigenação do meio e verificação de sua eficiência.
- Para melhor compreensão da atuação dos microrganismos contidos no lodo provenientes da estação de tratamento, fazer um estudo microbiológico caracterizando-o, verificando sua replicação celular e em quais condições se multiplicam em maior quantidade.
- Avaliar também qual a influência do sistema de rotação que provém aeração para o meio, fazendo testes com rotações variadas e até mesmo sem.
- Realizar análises complementares para a verificação da remoção de compostos importantes para classificar se o efluente tratado está de acordo com as legislações ambientais para seu devido descarte.

Após esta discussão dos problemas encontrados deve-se retornar para a primeira etapa do Processo (1. - Identificação do Problema ou Desafio) e recomeçar novamente todo o processo cinco passos gerais e seguir para encontrar a solução de um ou mais dos problemas para implementar projeto.

### III. CONCLUSÃO

Os resultados do experimento demonstraram que a escolha do método oferece uma solução que se ajusta ao problema e confirma que a seu emprego no tratamento biológico possui uma boa eficiência para esse tipo de efluente.

Como o experimento é uma abordagem de aprendizagem baseada em projetos, tem-se uma aprendizagem sobre ciências e desenvolvimento de habilidades de pensamento crítico, resolução de problemas, formulação de hipóteses, coleta de dados e a escolha de soluções que melhor se ajustam ao problema.

Aplicação em problemas reais complementa a aprendizagem de conteúdos científicos e tecnológicos, promovendo o desenvolvimento do pensamento divergente e aumentando a criatividade dos estudantes, essas são características muito valorizadas em um mundo complexo e em constante evolução.

A educação STEAM é uma metodologia que pode promover o desenvolvimento de tecnologias inovadoras que podem ajudar nesse processo com uma contribuição positiva para a sustentabilidade. Essa abordagem promove uma compreensão prática e estimula na busca por soluções para desafios reais.

### REFERENCIAS

Assan, M. A. de Carvalho. (2006). Avaliação do Desempenho de um Reator Biológico de Discos Rotativos (Biodisco) no Tratamento de Efluentes da Indústria Sucroalcooleira. (p. 113) [Dissertação (mestrado)]. <https://dev-portal.unaerp.br/documentos/273-marco-andre-de-carvalho-assan/file>

Breiner, J. M., Harkness, S. S., Johnson, C. C., & Koehler, C. M. (2012). What Is STEM? A Discussion About Conceptions of STEM in Education and Partnerships. *School Science and Mathematics*, **112**(1), 3–11. <https://doi.org/10.1111/j.1949-8594.2011.00109.x>.

Bybee, R. W. (2013). The case for STEM education : challenges and opportunities. National Science Teachers Association.

Chernicharo, C. D. L. (1997). Reatores anaeróbios. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental–UFMG, **5**(2), 380.

Cotta, T. M. (2019). Projetando atividades STEAM para estudantes dos cursos de engenharia. *Lat. Am. J. Sci. Educ*, **6**(12004), 1–7. [https://www.lajse.org/may19/2019\\_12004.pdf](https://www.lajse.org/may19/2019_12004.pdf)

Escalona, T. Z., Cartagena, Y. G., & González, D. R. (2018). Educación para el sujeto del siglo XXI: principales características del enfoque STEAM desde la mirada educacional. *Contextos: estudios de humanidades y ciencias sociales*, (41).

Giordano, Gandhi. (2004). Tratamento e Controle De Efluentes Industriais (pp. 1–84). <http://metalcleanaguas.com.br/pdf/tratamento-controle-efluentes-industriais.pdf>

Libardi Junior, N. (2020). Sistemas de tratamento para águas e efluentes (Edição: 1a, p. 55p). Editora: Contentus.

Mendonça, L. C., & Mendonça, S. R. (2018). Sistemas sustentáveis de esgotos: orientações técnicas para projeto e dimensionamento de redes coletoras, emissários, canais, estações elevatórias, tratamento e reúso na agricultura. Editora Blucher.

Mendonça, S. R., & Mendonça, L. C. (2017). Sistemas sustentáveis de esgotos: orientações técnicas para projeto e dimensionamento de redes coletoras, emissários, canais, estações elevatórias, tratamento e reúso na agricultura. (2a ed., p. 364). Editora Blucher.

NBR, A. (2004). 10004: Classificação dos resíduos sólidos. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas.

Office of Science and Technology. (2013). Federal Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Education: 5-Year Strategic Plan (p. 143). ReateSpace Independent Publishing Platform. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED570924.pdf>.

- Oliveira, D. C. da S., Azevedo, P. G. F. de, & Cavalcanti, L. A. P. (2021). Processos biológicos para o tratamento de efluentes: uma revisão integrativa. *Revista Brasileira de Gestão Ambiental E Sustentabilidade*, **8**(18), 397–415. [https://doi.org/10.21438/rbgas\(2021\)081826](https://doi.org/10.21438/rbgas(2021)081826)
- PNUMA. (2004). A produção mais limpa e o consumo sustentável na América Latina e Caribe (p. 134). CETESB-Secretaria de Meio Ambiente do Governo de São Paulo. Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA). [https://cetesb.sp.gov.br/consumosustentavel/wp-content/uploads/sites/20/2013/11/pl\\_portugues.pdf](https://cetesb.sp.gov.br/consumosustentavel/wp-content/uploads/sites/20/2013/11/pl_portugues.pdf)
- Ritz, J. M., & Fan, S.-C. (2014). STEM and technology education: international state-of-the-art. *International Journal of Technology and Design Education*, **25**(4), 429–451. <https://doi.org/10.1007/s10798-014-9290-z>
- Sanders, B. M. (2009). STEM, STEM Education, STEMmania, 20–26.
- Silva, M. K. (2009). Biorreatores com Membranas: uma Alternativa para o Tratamento de Efluentes. (pp. 1–196) [Tese de Doutorado]. <http://hdl.handle.net/10183/18994>
- Valente, J. P. S., Padilha, P. M., & Silva, A. M. M. (1997). Oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e demanda química de oxigênio (DQO) como parâmetros de poluição no ribeirão Lavapés/Botucatu - SP. *Eclética Química*, **22**(0), 49–66. <https://doi.org/10.1590/s0100-46701997000100005>
- Yakman, G., & Lee, H. (2012). Exploring the exemplary STEAM education in the US as a practical educational framework for Korea. *Journal of the Korean Association for Science Education*, **32**(6), 1072-1086.