

**CONSTRUÇÃO DE NARRATIVAS NO ESTUDO DE PROCESSOS OXIDATIVOS
AVANÇADOS E NA AQUISIÇÃO DE CONHECIMENTOS AMBIENTAIS**

**BUILDING NARRATIVES IN THE STUDY OF ADVANCED OXIDATIVE PROCESSES AND
ENVIRONMENTAL KNOWLEDGE ACQUISITION**

**CONSTRUCCIÓN DE NARRATIVAS EN EL ESTUDIO DE PROCESOS OXIDATIVOS AVANZADOS Y LA
ADQUISICIÓN DE CONOCIMIENTOS AMBIENTALES**

Caio Moralez de Figueiredo¹, Renata Almeida Chagas^{1,2} & Salete Linhares Queiroz¹

¹Universidade de São Paulo, Brasil

²Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia, Brasil
caiomoralez@usp.br; renata.chagas@ifba.edu.br; salete@iqsc.usp.br

RESUMO | Este trabalho tem como objetivo relatar e analisar uma prática educativa realizada em um curso de Bacharelado em Química, com o propósito de desenvolver conhecimentos ambientais dos graduandos relacionados aos processos oxidativos avançados. Para tanto, foi solicitada a criação de narrativas no formato de vídeos curtos animados na plataforma Scratch, abordando o tratamento de efluentes industriais. As sete narrativas analisadas, todas disponíveis online, contemplaram conhecimentos de sistema, de ação e de eficácia, relacionados ao conhecimento ambiental. A articulação desses diferentes conhecimentos pelos estudantes aponta para o êxito da prática educativa, que incentiva comportamentos ambientalmente responsáveis.

PALAVRAS-CHAVE: Práticas de ensino, Meios audiovisuais, Ensino de Química, Sustentabilidade.

ABSTRACT | This work aims to report and analyze an educational practice carried out in a Bachelor's degree course in Chemistry, with the aim of developing undergraduates' environmental knowledge related to advanced oxidative processes. To this end, the students were asked to create narratives in the form of short animated videos on the Scratch platform, dealing with the treatment of industrial effluents. The seven narratives analyzed, all available online, covered knowledge of systems, action and effectiveness, related to environmental knowledge. The articulation of this different knowledge by the students points to the success of the educational practice, which encourages environmentally responsible behavior.

KEYWORDS: Teaching practices, Audiovisual media, Chemistry teaching, Sustainability.

RESUMEN | Este trabajo tiene como objetivo relatar y analizar una práctica educativa realizada en el curso de pregrado en Química, con el propósito de desarrollar conocimientos ambientales de los estudiantes relacionados a los procesos oxidativos avanzados. Por tal motivo, se solicitó la creación de narrativas en el formato de vídeos cortos animados en la plataforma Scratch, abordando el tratamiento de efluentes industriales. Las siete narrativas analizadas todas disponibles en online, contemplaron conocimientos de sistemas, de acción y de eficacia, relacionados a los conocimientos ambientales. La articulación de estos diferentes conocimientos por los estudiantes apunta para el éxito de la práctica educativa, que incentiva comportamientos ambientales responsables.

PALABRAS CLAVE: Prácticas de enseñanza, Medios audiovisuales, Enseñanza de la Química, Sostenibilidad.

1. INTRODUÇÃO

A crescente escassez e a poluição da água tornaram-se grandes problemas globais, representando uma ameaça à saúde humana, ao desenvolvimento econômico e aos ecossistemas (Bux, et al., 2025). O tratamento inadequado e o descarte indiscriminado de poluentes, realizados por diversas indústrias, são os principais responsáveis pela poluição da água. Os efluentes provenientes de vários setores industriais contêm uma variedade de compostos orgânicos persistentes com diferentes graus de toxicidade, bem como algumas moléculas inorgânicas e metais pesados (Madhavan, et al., 2019).

Ao longo dos anos, vários métodos têm sido desenvolvidos e implementados para tratar águas residuais, incluindo tratamento químico, adsorção, filtração e técnicas de troca iônica (Yang, et al., 2025). Entretanto, devido ao aumento das concentrações de emissões e a variedade de poluentes micro-orgânicos, os métodos convencionais atualmente empregados para o tratamento de água e águas residuais não são eficazes na remoção completa de vários grupos destes contaminantes antropogênicos (Trojanowicz, 2020; Yang, et al., 2025;). Há, portanto, um crescente interesse no desenvolvimento de métodos de tratamento mais eficientes e sustentáveis. Nessa perspectiva, os processos oxidativos avançados (POAs) têm atraído atenção.

Os POAs utilizam oxidantes como peróxido de hidrogênio, peroximonossulfato, persulfato e ozônio, auxiliados por processos térmicos, fotólise, eletrólise, produtos químicos e catalisadores, para gerar uma variedade de espécies reativas de oxigênio (Zhu, et al., 2025). Dessa forma, possuem a capacidade de oxidar poluentes persistentes, transformando-os em substâncias mais polares e menos prejudiciais, levando, por fim, à mineralização desses compostos em dióxido de carbono e água (Uluçtan, et al., 2025). O seu uso, quando comparado ao das técnicas convencionais, gera substâncias que possuem pouca ou nenhuma toxicidade à saúde humana e ao ambiente.

Frente ao exposto, cabe destacar que o sucesso na mitigação dos efeitos adversos da poluição da água exige não apenas o desenvolvimento de novas metodologias para o tratamento de efluentes e avaliação de seus produtos e subprodutos. É também fundamental elaborar estratégias de ensino que aprofundem o conhecimento ambiental (Frick, et al., 2004) dos estudantes, ampliando seus níveis de aprendizagem sobre o tema.

Nessa perspectiva, este trabalho tem como objetivo relatar e analisar uma prática educativa realizada em um curso de Bacharelado em Química, com o propósito de desenvolver conhecimentos ambientais dos graduandos relacionados aos POAs. Para tanto, foi solicitada a criação de narrativas no formato de vídeos curtos animados, abordando o tratamento alternativo de efluentes industriais por meio de POAs.

As narrativas foram analisadas sob a ótica da aquisição de conhecimentos ambientais, conforme explicitado por Frick et al. (2004). No tópico, a seguir, é discutida a potencialidade do uso de narrativas no ensino de ciências da natureza e são apresentadas as ideias do referido autor sobre conhecimentos ambientais.

Este relato de prática educativa busca contribuir para a implementação de ações semelhantes, que ampliem os conhecimentos discutidos nas aulas de química e, ao mesmo tempo, estimulem a produção de narrativas associadas ao desenvolvimento de conhecimentos ambientais. Dessa forma, é possível fomentar atitudes críticas, essenciais para que os futuros

profissionais possam responder com criatividade e eficácia aos desafios oriundos de problemas complexos, vinculados a questões ambientais.

2. FUNDAMENTAÇÃO E CONTEXTO

2.1 Narrativas digitais no ensino de ciências da natureza

As narrativas são caracterizadas por uma sequência de ações de protagonistas, marcadas temporalmente, que conduzem a um conflito e sua resolução (Bronckart, 1999). Geralmente, essa estrutura é dividida em três atos (início, meio e fim) que correspondem à apresentação dos personagens e do contexto, ao surgimento e à escalada de um conflito, à necessidade iminente de resolução e ao desfecho. As narrativas organizam ideias de forma didática (Avraamidou & Osborne, 2009), com o objetivo de ensinar ou persuadir o leitor. Sua estrutura facilita a memorização, pois cada parte evoca a próxima, e a necessidade de resolução mantém o envolvimento do leitor.

Trabalhos de Silva e Aguiar Junior (2014) e de Zabel e Averdunk (2024) descrevem práticas educacionais no contexto das ciências da natureza que utilizam narrativas. De fato, diferentes características das narrativas as tornam atrativas para o ensino. Descritas como psicologicamente privilegiadas, as narrativas são potencialmente eficazes pois promovem um aprendizado intrínseco a partir da leitura de uma história, exigindo menos esforço cognitivo para a compreensão quando a informação ou os dados estão bem integrados ao enredo (Fisch, 2000). Ademais, tornam as informações mais memoráveis do que os textos expositivos (Negrete, 2005) e são frequentemente percebidas como mais envolventes do que outros gêneros textuais (Avraamidou & Osborne, 2009). Dessa forma, podem promover uma compreensão mais profunda de conceitos e despertar o interesse e a curiosidade sobre pautas científicas.

Outra característica das narrativas é sua capacidade de humanizar o conhecimento científico (Matthews, 2015). Ao retratar a ciência como construção humana, contextualizada social e historicamente, elas contrastam com visões estáticas e dogmáticas do saber. Essa abordagem não apenas torna os conteúdos mais atraentes e memoráveis, como também promove práticas educativas colaborativas, estimulando a troca de ideias e a cocriação de conhecimento (Maharaj-Sharma, 2022).

Dentre os diferentes formatos em que uma narrativa pode ser veiculada, como filmes, peças de teatro e textos, o formato de narrativas digitais baseia-se na ideia de que as tecnologias vêm diversificando os modos de contar histórias ao incorporar elementos multimodais que enriquecem a palavra escrita (Bedin & Cleophas, 2023). Essa mídia traz também dinamicidade à mensagem, possui um alcance ampliado e um acesso facilitado, além de situar as narrativas no cenário atual, potencializando o seu efeito engajador (Souza & Oliveira, 2021).

Na prática educativa relatada aqui, os estudantes utilizaram a plataforma online Scratch¹ como ferramenta para a criação de animações. De acesso gratuito, essa plataforma serve como um ambiente de introdução às linguagens de programação e ao pensamento computacional, apresentando uma interface visual simples que permite a criação e compartilhamento de histórias, jogos e animações digitais. Sem exigir conhecimento prévio sobre programação ou

¹ <https://scratch.mit.edu/>

familiaridade com uma linguagem específica, o Scratch utiliza blocos coloridos conectáveis para construir linhas de código que traduzem as ações da animação. Dessa forma, o Scratch contribui para a promoção do pensamento computacional, o desenvolvimento de habilidades de resolução de problemas, a criação de processos de ensino e aprendizagem mais dinâmicos, além de incentivar a colaboração e a equidade no ensino de computação.

2.2 Conhecimentos ambientais

Os conhecimentos ambientais incluem, segundo Frick et al. (2004), o conhecimento de sistema, conhecimento de ação e conhecimento de eficácia, definidos, sucintamente, na Tabela 1.

Tabela 1 - Conhecimentos ambientais, segundo Frick et al. (2004).

Grupo de conhecimento	Descrição
Conhecimento de sistema	Características e processos de um ecossistema
Conhecimento de ação	Possíveis ações e suas implicações frente a um problema ambiental
Conhecimento de eficácia	Diferenças entre eficácia das diversas ações frente a um problema ambiental

O *conhecimento de sistema* é definido como “saber o que”, ou seja, refere-se ao entendimento do estado de um ecossistema a partir de sua caracterização física, química, biológica e social, bem como da descrição de problemas ambientais nele presentes. O *conhecimento de ação*, por sua vez, está relacionado a “saber como”, ou seja, diz respeito ao saber como agir, ao conhecimento de novos comportamentos e ações possíveis diante de um problema ambiental. O *conhecimento de eficácia* parte do pressuposto de que diferentes ações e comportamentos possuem distintos potenciais de mudança. Esse tipo de conhecimento está relacionado aos ganhos e benefícios relativos, ou seja, à efetividade da ação, sendo considerado essencial para a implementação bem-sucedida de intervenções ou mudanças de comportamento.

Os três grupos de conhecimentos estão inter-relacionados: o conhecimento de sistema fornece subsídios para a definição das opções de ação e para a avaliação de seus efeitos e consequências, o que, por sua vez, permite a escolha da ação com maior potencial de sucesso na implementação. Uma compreensão mais ampla, capaz de levar o indivíduo a mudanças de comportamento ambientalmente mais responsáveis, só pode ocorrer quando há a mobilização desses três grupos de conhecimentos ambientais.

A análise de conhecimentos ambientais, no âmbito do ensino de química, foi relatada por Lima et al. (2022), no que diz respeito à resolução de um estudo de caso sobre resíduos sólidos urbanos junto a graduandos da área.

3. DESCRIÇÃO DA PRÁTICA EDUCATIVA E SUA IMPLEMENTAÇÃO

A prática educativa foi aplicada em uma disciplina de comunicação científica, oferecida a estudantes do curso de Bacharelado em Química do Instituto de Química de São Carlos (IQSC-USP). Esta disciplina tem como objetivo o aprimoramento da habilidade de comunicação e divulgação de conhecimentos científicos para o grande público e a leitura crítica de Artigos Originais de Pesquisa (AOP). A disciplina foi ministrada para duas turmas, totalizando a participação de 59 estudantes (27 estudantes em uma turma e 32 em outra, doravante denominadas de turma A e B). Em cada oferecimento, o docente escolhe um tema para contextualizar a prática educativa. No oferecimento em questão, a temática de tratamentos de efluentes foi selecionada, pois exige, para o seu entendimento, conhecimentos compatíveis com os dos estudantes, que estão no segundo semestre do curso.

Os estudantes foram orientados a criar narrativas digitais no formato de vídeos animados de curta duração, abordando o tratamento alternativo de efluentes industriais de forma acessível ao público em geral. Para isso, a prática educacional foi estruturada em duas etapas: a primeira, voltada à aquisição de conhecimentos químicos e ambientais, e a segunda dedicada ao desenvolvimento dos textos narrativos e à produção dos vídeos. Antes da aplicação, o docente selecionou quatro artigos originais de pesquisa (AOP) para a leitura dos estudantes, seguindo três critérios principais: tratar de uma questão genuína de pesquisa, ter sido publicado em uma revista com rigorosa política editorial e possuir extensão limitada a seis páginas (Massi et al., 2009).

Dentre os AOP utilizados na atividade, dois exploravam o uso dos POAs e dois exploravam processos de eletrocoagulação/flotação como técnicas alternativas de tratamento de efluentes. Neste trabalho são consideradas para análise somente as narrativas geradas a partir da leitura e interpretação dos AOP relacionados aos POAs: “Processo UV/H₂O₂ como pós-tratamento para remoção de cor e polimento final em efluentes têxteis”, que discute a fotólise do peróxido de hidrogênio na degradação de corantes e remoção de cor da água (Nagel-Hassamer, et al., 2012); “Aplicação de radiação UV artificial e solar no tratamento fotocatalítico de efluentes de curtume”, que apresenta a fotocatalise heterogênea do TiO₂ como uma alternativa viável para o polimento final de efluentes, especialmente com concentração de material orgânico e presença de Cr(VI) (Pascoal, et al., 2007), doravante denominados de AOP 1 e AOP 2.

Na primeira etapa, que se estendeu por sete encontros, os estudantes foram organizados em grupos de três a quatro integrantes e receberam um AOP para análise. A turma A contou com sete grupos, enquanto a turma B com oito. O processo envolveu o estudo do artigo e a produção de duas apresentações orais de, no máximo, dez minutos cada: a primeira abordando a introdução e a parte experimental do AOP e a segunda explorando o artigo completo, com ênfase nos resultados e na discussão. Essas apresentações promoveram a troca de informações entre os grupos, possibilitaram o esclarecimento de dúvidas e permitiram ao docente acompanhar a capacidade de compreensão dos estudantes sobre os assuntos abordados nos AOP. Finalizada essa etapa, iniciou-se a segunda etapa, referente à elaboração das narrativas.

A segunda etapa ocorreu ao longo de seis aulas. Inicialmente, os estudantes participaram de uma exposição teórica voltada para a escrita do gênero narrativo, na qual foram apresentados elementos essenciais para sua construção, como cenário, temporalidade, personagens e enredo. Também foi discutida a estrutura tradicional da narrativa, composta por introdução, desenvolvimento do conflito, clímax e desfecho, as diferentes perspectivas do narrador

(personagem, observador ou onisciente) e os tipos de discurso empregados (direto e indireto). Para ilustrar a aplicação desses conceitos, os estudantes analisaram exemplos de narrativas desenvolvidas a partir de outros AOP, conforme discutido no trabalho de Lima et al. (2023).

Dando continuidade ao processo, os alunos foram introduzidos ao sistema LOCK, proposto por Bell (2004), que organiza a construção de um enredo em quatro pilares fundamentais: *Lead* (protagonistas), *Objective* (metas dos protagonistas na história), *Conflict* (desafios e obstáculos enfrentados) e *Knockout ending* (desfecho marcante). Com essas informações, os grupos preencheram o Mapa da Narrativa, um instrumento elaborado pelo docente para auxiliá-los na estruturação da história, garantindo a inclusão de todos os elementos essenciais. O mapa consistia em seis questões norteadoras: (1) *Contexto* – onde e quando a história ocorre? Quem são os personagens? (2) *Problema* – qual a questão central abordada? (3) *Objetivo(s)* – qual a meta do protagonista? (4) *Solução* – como a história se desenrola? Quais desafios são superados? (5) *Ambiente* – quais conceitos ambientais são explorados? (6) *Aprendizado* – qual mensagem ou reflexão a narrativa busca transmitir?

Após a elaboração do Mapa da Narrativa, os grupos apresentaram seus planos para a turma, e receberam feedbacks sobre os pontos fortes e os aspectos a serem aprimorados. Essas discussões serviram como base para que refinassem suas narrativas antes da produção final. O próximo momento foi destinado à aproximação com as principais ferramentas de criação do Scratch. A aula foi realizada na sala de informática e teve como foco a introdução às principais funcionalidades e blocos de código disponíveis na plataforma, incluindo, adição de elementos multimídia, alterações visuais nos personagens, transições entre cenas e controle do início e término das ações.

As aulas seguintes foram dedicadas à produção das narrativas digitais. No encerramento da prática educativa, cada grupo apresentou sua animação para a turma, compartilhando o vídeo produzido. Durante todo o processo, os estudantes tiveram suporte contínuo do docente, de um pós-graduando e de um estagiário vinculado ao Programa de Aperfeiçoamento de Ensino (PAE)².

Para análise neste trabalho, foram considerados os vídeos das narrativas baseadas nos dois AOP que discutem os POAs, totalizando sete vídeos, três da turma A e quatro da turma B.

4. AVALIAÇÃO DA IMPLEMENTAÇÃO DA PRÁTICA E PRINCIPAIS RESULTADOS

A indicação do AOP que subsidiou a criação das narrativas, o resumo e o intervalo de tempo em que cada uma delas se passa, assim como o endereço eletrônico para acesso do vídeo encontram-se na Tabela 2.

² <https://sites.usp.br/ppgbi/estagio-pae/>

Tabela 2 - AOP de referência, tempo de duração, endereço eletrônico e resumo das narrativas.

Texto	AOP	Tempo (mm:ss)	Endereço Eletrônico	Resumo
N1	1	06:20	scratch.mit.edu/projects/921954063/	A cidade de Celestópolis sofre com escassez de água. A química Luíza estuda o tratamento via POAs de um rio contaminado.
N2	2	03:40	scratch.mit.edu/projects/931733820/	O professor “Crômio” relata à classe que denunciou a contaminação do rio da cidade por Cr(VI) e propõe recuperá-lo por meio de POAs.
N3	2	11:20	scratch.mit.edu/projects/920459751/	Após superar uma doença grave, Miguel descobre que a contaminação de um rio pode ter sido a causa. Ele estuda o uso de POAs para mitigá-la.
N4	1	09:00	scratch.mit.edu/projects/930723250/	A peixinha Molly, após seus amigos adoecerem, investiga a causa da poluição de seu lar. Ao encontrar Eliza, usam POAs para tratar a fonte de poluição.
N5	2	05:25	scratch.mit.edu/projects/929352293/	Murilo adoece após beber água contaminada e descobre que a cientista Júlia pretende aplicar POAs para tratar a água da cidade.
N6	1	02:40	scratch.mit.edu/projects/939838258/	Estudantes discutem um artigo sobre tratamento de água via POAs e decidem coletar assinatura para compor um abaixo-assinado, que solicita a mudança no tipo de tratamento atualmente empregado.
N7	2	07:50	scratch.mit.edu/projects/939526069/	Bento descobre que sua irmã adoeceu depois de brincar no rio. Ele convence a química da empresa responsável pela contaminação a iniciar um tratamento via POAs e despoluir a água.

Nas narrativas criadas a partir do AOP 1, o corpo d’água afetado é um rio em N1 e o mar em N4. Os indícios de contaminação incluem coloração turva e presença de sólidos na água, o que impede a captação do rio para consumo e provoca o adoecimento da vida marinha e das algas. Em ambas as narrativas, o protagonista enfrenta o desafio de desenvolver uma nova técnica de tratamento que atenda às exigências específicas de cada contexto. A narrativa N6 se diferencia das demais, pois, enquanto as outras retratam os problemas ambientais dos AOP de referência como desafios vividos pelos personagens, essa narrativa apresenta estudantes discutindo o conteúdo do AOP de forma informal na universidade. O problema central, na N6, não está na contaminação em si, mas no desafio de convencer a população a apoiar a obrigatoriedade de um processo adicional no tratamento de efluentes industriais.

As narrativas baseadas no AOP 2 descrevem um rio contaminado. Em N2, os principais indícios de poluição incluem um grande número de peixes mortos e, assim como nas demais narrativas, o adoecimento de várias pessoas da cidade que tiveram contato com a água do rio. Além disso, N2 especifica um alto índice de câncer entre a população que vive ao redor do rio. Nas narrativas N2, N3 e N7, a maior barreira para a implementação dos novos processos de tratamento é a resistência dos donos das empresas, que priorizam questões econômicas.

Em N5, o destaque está na cientista, que, motivada pelos problemas de saúde da população, busca formas alternativas de tratamento. O foco das narrativas em questões de saúde pública, pode estar, em parte, associada com o enfoque dado à remoção do Cr(VI) dos efluentes de curtume e seu grande risco ao meio ambiente e à saúde.

A análise das narrativas digitais possibilitou a identificação de conhecimentos ambientais desenvolvidos pelos estudantes ao longo do processo de produção. A Tabela 3 ilustra os grupos de conhecimentos mobilizados e exemplos de trechos retirados das narrativas de cada um deles.

No que se refere ao conhecimento de sistema, todos os grupos demonstraram o entendimento da questão ambiental retratada nos AOP. Os trechos das narrativas apresentadas pelos grupos N1 e N4 descrevem o sistema, ou seja, a água contaminada, abordando suas características químicas, físicas e biológicas. Em seguida, dão sequência às narrativas discutindo as implicações da contaminação no meio ambiente. O trecho do grupo N5 destaca o significado de efluentes e faz uma analogia ressaltando a necessidade de tratamento de águas residuais.

Os grupos também contribuem para a caracterização do sistema ao descreverem as consequências sociais do desequilíbrio ambiental causado pela contaminação. Em N1, a contaminação de um rio agrava os problemas de acesso à água pela população. Em N2, a morte de peixes e as dificuldades econômicas representam os principais desafios enfrentados pela comunidade. Já nas narrativas N3, N4, N5 e N7, a contaminação das águas causa diversos problemas de saúde para aqueles que tiveram contato com ela.

Tabela 3 - Trechos retirados das narrativas digitais e os conhecimentos ambientais mobilizados.

Grupo de conhecimento	Exemplos
	<p>“...Ainda foi possível encontrar uma água levemente turva, com sólidos suspensos, uma coloração diferente causada pela presença de corantes na água que não foram decompostos durante o tratamento...” - N1</p>
Conhecimento de sistema	<p>“...o maior problema causado pela técnica antiga de tratamento biológico, era água permanecer turva e com coloração, o que afetava a produção de fotossíntese das algas partes dos corais da Baía de Babitonga. Isso prejudicava a qualidade de vida de todo o ecossistema aquático, pois afetava a teia alimentar desde a produção primária.” - N4</p>
	<p>“Efluentes são sobras de algum processo de fabricação de um produto. Ou seja, é como se fosse o “lixo” de uma casa, que precisa ser separado e cuidado para ser descartado corretamente.” - N5</p>

Grupo de conhecimento	Exemplos
Conhecimento de ação	“Luiza começa a pesquisar sobre novos métodos de tratamento, e encontrou uma proposta que vem sendo estudada e aplicada no tratamento e purificação de águas de abastecimento e de águas residuárias, onde ocorre a associação de processos biológicos e processos de oxidação avançada, que seria o uso de peróxido de hidrogênio (H ₂ O ₂) e radiação ultravioleta (UV)” - N1
	“...logo fui recolher amostras da água para fazer análises quando voltasse para faculdade...” - N2
	“Estava estudando e acho que acrescentar uma nova etapa do processo seria o ideal para limpar a água descartada! Pensei que esse novo processo deve ser um POA.” - N5
Conhecimento de eficácia	“Devemos lembrar que o cuidado com os recursos naturais é a chave para um futuro onde a água seja abundantemente preservada e utilizada de maneira responsável” - N1
	“Animado com suas descobertas, Miguel propõe a Sr. Ramon a implementação da fotocatalise heterogênea, destacando a eficácia do processo na degradação de compostos tóxicos. Ele sugere o uso de energia UV artificial e solar como catalisadores para acelerar a decomposição dos poluentes.” - N3
	“É nosso dever manter o equilíbrio dos ecossistemas. Podemos e devemos acreditar no poder da ciência para encontrar meios para isso.” - N4

O conhecimento relacionado à ação também foi observado nas narrativas de todos os grupos. O trecho do grupo N2 demonstra preocupação em analisar o sistema para investigar o que pode estar causando a poluição daquele corpo d'água. Enquanto, nos trechos dos grupos N1 e N5 nota-se que os estudantes demonstram a necessidade de pesquisar possíveis ações para resolver o problema da poluição da água. Dessa forma, propõe novos métodos e novas etapas, além das convencionais, como formas de tratamento mais eficazes.

São articuladas nas narrativas duas ações frente ao problema ambiental a ser enfrentado, sendo os POAs descritos nos AOP e o tratamento convencional, por via biológica. Nas narrativas N2, N3, N4 e N7, os antagonistas, donos das indústrias, demonstram relutância em implementar os POAs propostos, justificando que já realizam tratamento biológico. Diante dos indícios e das consequências da contaminação, novas ações devem ser tomadas pelos protagonistas para garantir a eficiência no tratamento específico daquele efluente. Essas narrativas evidenciam a estreita relação entre os três tipos de conhecimento, pois não é possível aplicar uma ação sem avaliar sua eficácia.

Na Figura 1, os quadros dos vídeos (a) e (b) ilustram como a narrativa N4 aborda a formação de radicais hidroxila a partir do peróxido de hidrogênio e da luz UV, promovendo a remoção da turbidez da água. Já a Figura 1(c), extraída da narrativa N5, apresenta um teste de eficiência de POAs na remoção de Cr(VI). O grupo responsável por essa narrativa, explorando a

liberdade de criação das animações, organizou os testes de eficiência em tabelas construídas a partir das informações do AOP e inseridas no Scratch, evidenciando o potencial de enriquecimento das narrativas digitais.

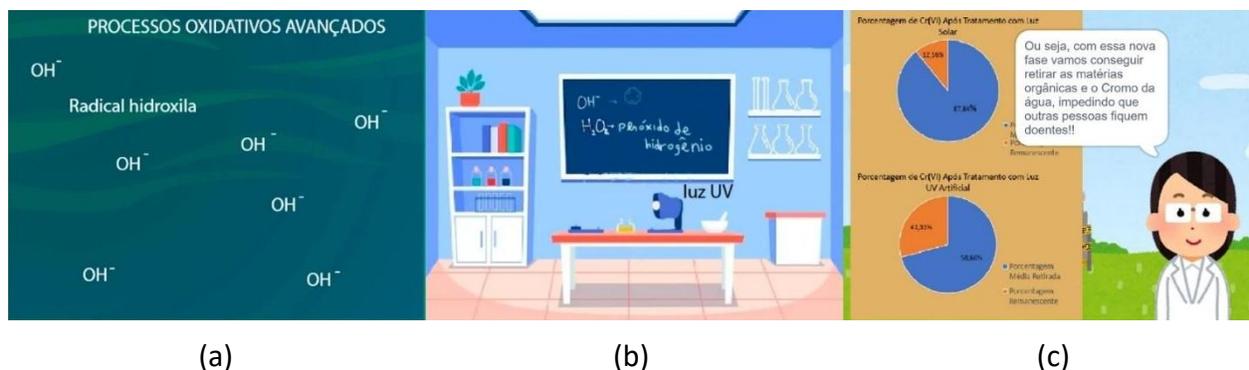


Figura 1 Quadros dos vídeos das narrativas N4 (a) e (b) e N5 (c), que ilustram o uso dos POAs e sua eficiência no tratamento do efluente. Fonte: scratch.mit.edu/projects/930723250/ e scratch.mit.edu/projects/929352293/

No que tange ao conhecimento de eficácia, todos os grupos também apresentaram informações nas suas narrativas indicando que esse conhecimento foi mobilizado no processo de sua produção. O trecho do grupo N3 ressalta que a implementação da fotocatalise heterogênea é eficaz no processo de degradação de compostos tóxicos. Os trechos dos grupos N1 e N4 enfatizam que ações e alterações de comportamentos (lembrar do cuidado com os recursos naturais; acreditar na ciência) podem auxiliar na preservação dos recursos hídricos.

As narrativas N1, N3, N4 e N5 discutem em seu enredo a eficiência na remoção de parâmetros indesejados da água do tratamento biológico e com uso de POAs, como evidenciados pelos trechos de N3 e N4, respectivamente: “Professora, não estou conseguindo diminuir os níveis de cromo e material orgânico dessa amostra. Já fiz o processo de tratamento primário e secundário: coagulação, floculação, decantação, aplicação de lodo ativado. Mas eles ainda se mantêm altos.” e “Nos ensaios realizados com concentrações de H_2O_2 de 200, 250, 350 e 500 mg L^{-1} , a eficiência de remoção após 1 h de irradiação UV foi praticamente a mesma, aproximadamente 96%.”.

É válido ressaltar que a diversidade de cenários e personagens na biblioteca interna do Scratch, somado à capacidade de adicionar arquivos externos e editá-los dentro da plataforma permitiu que os estudantes fizessem a transferência de ideias, conceitos e imagens dos AOP para as narrativas digitais, de forma dinâmica e criativa. A título de exemplo, na Figura 2 são apresentados quadros de vídeos extraídos das narrativas digitais dos grupos N5, N2 e N6, que estão associados aos diferentes grupos de conhecimentos ambientais mobilizados no processo de construção dessas narrativas: conhecimento de sistema, conhecimento relacionado à ação e conhecimento de eficácia, respectivamente.



Figura 2 Quadros de vídeos extraídos das narrativas digitais relacionados aos conhecimentos ambientais mobilizados, (a) conhecimento de sistema, (b) conhecimento relacionado à ação e (c) conhecimento de eficácia.

Fonte: scratch.mit.edu/projects/929352293/; scratch.mit.edu/projects/931733820/ e scratch.mit.edu/projects/939838258/

No quadro (a), a personagem descreve as características do cromo hexavalente, destacando que existe um problema ambiental, ou seja, a toxicidade para os seres humanos. No quadro (b) é evidente que os estudantes sugerem a utilização da legislação como uma possível ação diante do problema ambiental. Nesse contexto, o proprietário se recusou a investir no tratamento da água residual da sua fábrica, sendo denunciado e autuado. Enquanto que no quadro apresentado em (c), sugere-se uma mudança de comportamento do personagem frente a uma compreensão mais ampla do problema ambiental. Após verificar em fontes seguras, como artigos científicos, que empresas, comprovadamente, descartam resíduos tóxicos na natureza, a personagem decide criar um abaixo-assinado para alterar a legislação que regulamenta o descarte industrial.

Nos quadros de vídeo extraídos da narrativa do grupo N1, destacados na Figura 3, é possível perceber a inter-relação entre os três grupos de conhecimento. Em (a), a informação de que, em função da escassez de chuvas e o elevado consumo de água, será realizado racionamento, fornece subsídios para definir as opções de ação. Em (b), é evidenciado que a ação tomada foi investigar a possibilidade de realizar tratamentos convencionais para eliminar os contaminantes do “Rio Esmeralda”, tendo em vista a sua utilização e, assim, evitar o racionamento. Contudo, os resultados obtidos não foram satisfatórios, o que levou a personagem principal a buscar a melhor alternativa para implementá-la. Em (c), sugere-se que foram realizadas pesquisas e análises em busca do tratamento de água mais adequado para descontaminar o “Rio Esmeralda”.

O melhor resultado dos estudos realizados apontou para a utilização de peróxido de hidrogênio, na concentração de 250 mg/L, associado a um processo fotoquímico. Dessa forma, o conhecimento de sistema forneceu uma base necessária para o conhecimento relacionado à ação e o conhecimento de eficácia. Enquanto, o conhecimento relacionado à ação, por sua vez, também influenciou o conhecimento de eficácia (Frick, et al., 2004).

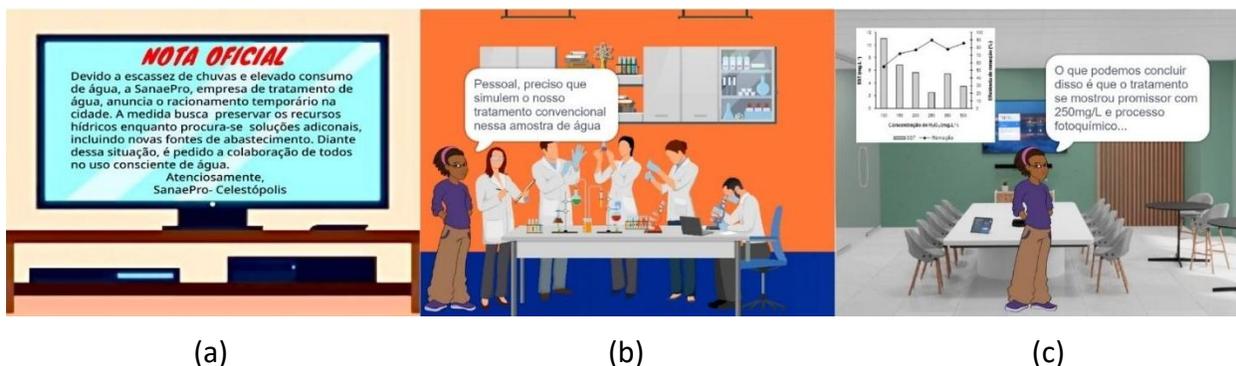


Figura 3 Quadros de vídeo extraídos da narrativa digital do grupo N1 e a inter-relação dos conhecimentos ambientais mobilizados, (a) conhecimento de sistema, (b) conhecimento relacionado à ação e (c) conhecimento de eficácia. Fonte: scratch.mit.edu/projects/921954063/

É importante destacar que, embora todos os grupos tenham participado efetivamente com apresentação de narrativas criativas, que demonstraram o desenvolvimento dos três grupos de conhecimento ambiental, nenhum deles propôs um método de tratamento de água diferente do proposto nos AOP. Dessa maneira, todos os grupos enfatizaram o uso dos POAs como desfecho para solucionar a questão ambiental retratada em cada narrativa.

5. CONCLUSÃO E IMPLICAÇÕES

Este estudo descreveu a aplicação de uma prática educativa voltada à promoção da aquisição de conhecimentos ambientais relacionados aos POAs, por meio da criação de narrativas direcionadas a um público amplo. A abordagem adotada buscou não apenas facilitar a compreensão conceitual dos POAs, mas também estimular o engajamento dos participantes na construção de conhecimentos científicos de forma acessível e contextualizada.

No que se refere à aquisição de conhecimentos ambientais sobre os POAs, todas as narrativas desenvolvidas mobilizaram os conhecimentos de sistema, de ação e de eficácia, demonstrando que os estudantes conseguiram articular esses diferentes grupos. A integração desses três tipos de conhecimento sugere uma apropriação dos conceitos abordados pelos AOP, mostrando o potencial das narrativas digitais como ferramentas pedagógicas para ampliar os níveis de aprendizagem sobre águas residuais industriais e os POAs.

Como destacam Avraamidou e Osborne (2009), as narrativas são veículos poderosos para transmitir conhecimento científico e cultural, podendo transformar percepções individuais. Frick et al. (2004) corroboram essa visão, mostrando que abordagens que integram diferentes conhecimentos ambientais ampliam a compreensão dos problemas e estimulam atitudes mais ambientalmente responsáveis. De fato, Reyes e Villanueva (2024) relatam que o uso de narrativas permite uma conexão mais profunda entre o conhecimento científico e a criatividade, curiosidade e o esforço humano, promovendo uma aprendizagem mais profunda e enriquecendo a experiência dos estudantes.

A escolha, por parte do docente, de solicitação das narrativas no formato digital incorporou elementos multimodais que enriquecem tanto o enredo quanto a forma de contar a história. Dessa forma, ferramentas tecnológicas como o Scratch se mostram poderosas aliadas

das práticas educativas que buscam adaptar formatos clássicos de comunicação a um cenário contemporâneo, estimulando a criação e o engajamento tanto dos estudantes quanto dos leitores com as mensagens transmitidas. Porém algumas dificuldades emergiram durante o processo. As principais dificuldades incluíram sincronização entre áudio e falas, transição entre personagens e cenários e a inserção de falas de narração.

Portanto, este relato busca ampliar os recursos disponíveis para práticas educativas capazes de promover uma compreensão abrangente de questões ambientais e desenvolver habilidades para a tomada de decisões conscientes frente a problemas reais. A utilização de ferramentas digitais, especificamente o Scratch, contribui para entendimento de linguagem computacional e moderniza as narrativas, tornando-as mais atraentes. No entanto, novos desafios relacionados à adoção dessa tecnologia surgem, apontando a necessidade em pesquisas futuras, do emprego de instrumentos que permitam identificar com maior precisão tanto as dificuldades encontradas pelos estudantes quanto o nível de aceitação desse recurso no contexto educacional.

REFERÊNCIAS

- Avraamidou, L., & Osborne, J. (2009). The role of narrative in communicating science. *International Journal of Science Education*, 31(12), 1683-1707. <https://doi.org/10.1080/09500690802380695>
- Bedin, E., & Cleophas, M. G. (2023). Storytelling como ferramenta educativa eficaz no ensino de história da química. *Alexandria*, 16(2), 355-382. <https://doi.org/10.5007/1982-5153.2023.e90867>
- Bell, J. S. (2004). *Plot & structure: techniques and exercises for crafting a plot that grips readers from start to finish*. Ohio: Writer's Digest Books.
- Bronckart, J. P. (1999). *Atividade de linguagem, textos e discursos: por um interacionismo sócio-discursivo*. São Paulo: EDUC.
- Bux, N., Tumrani, S. H., Soomro, R. A., Ma, Q., Zhou, J., & Wang, T. (2025). Catalytic degradation of organic pollutants in aqueous systems: A comprehensive review of peroxyacetic acid-based advanced oxidation processes. *Journal of Environmental Management*, 373, 1-22. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.123989>
- Engel, A., Lucido, K., & Cook, K. (2018). Rethinking narrative: leveraging storytelling for science learning. *Childhood Education*, 94(6), 4-12.
- Fisch, S. M. (2000). A capacity model of children's comprehension of educational content on television. *Media Psychology*, 2(1), 63-91. https://doi.org/10.1207/S1532785XMEP0201_4
- Frick, J., Kaiser, F. G., & Wilson, M. (2004). Environmental knowledge and conservation behavior: exploring prevalence and structure in a representative sample. *Personality and Individual Differences*, 37(8), 1597-1613. <https://doi.org/10.1016/j.paid.2004.02.015>
- Lima, M. S., Oliveira, I. M., & Queiroz, S. L. (2022). Estudo de caso interrompido na promoção de conhecimento ambiental de graduandos em química: resíduos sólidos urbanos em foco. *Química Nova na Escola*, 44(2), 149-159. <https://doi.org/10.21577/0104-8899.20160305>
- Lima, M. S., Pozzer, L., & Queiroz, S. L. (2023). Use of interrupted case studies to teach scientific communication: examples from the effects of mining on water resources in Brazil. *Journal of Chemical Education*, 100(2), 722-731. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.2c01146>
- Madhavan, J., Theerthagiri, J., Balaji, D., Sunitha, S., Choi, M. Y., & Ashokkumar, M. (2019). Hybrid Advanced Oxidation Processes Involving Ultrasound: An Overview. *Molecules*, 24(18), 3341. <https://doi.org/10.3390/molecules24183341>

- Maharaj-Sharma, R. (2022). Using storytelling to teach a topic in physics. *Education Inquiry*, 15(2), 227-246. <https://doi.org/10.1080/20004508.2022.2092977>
- Massi, L., Santos, G. R., Ferreira, J. Q., & Queiroz, S. L. (2009). Artigos científicos como recurso didático no ensino superior de química. *Química Nova*, 32(2), 503-510. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422009000200039>
- Matthews, M. R. (2015). *Science teaching: the contribution of history and philosophy of science* (20th anniversary revised and expanded edition). Oxford: Routledge.
- Nagel-Hasserman, M. E., Coral, L. A., Lapolli, F. R., & Amorim, M. T. S. P. (2012). Processo UV/H₂O₂ como pós-tratamento para remoção de cor e polimento final em efluentes têxteis. *Química Nova*, 35(5), 900-904. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422012000500007>
- Negrete, A. (2005). Facts via Fiction: Stories that Communicate Science. In N. Sanitt, *Motivating Science: Science communication from a philosophical, educational and cultural perspective* (pp. 95-102). Luthon. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.5110.1207>
- Pascoal, S. A., Lima, C. A., Sousa, J. T., Lima, G. C., & Vieira, F. (2007). Aplicação de radiação UV artificial e solar no tratamento fotocatalítico de efluentes de curtume. *Química Nova*, 30(5), 1082-1087. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422007000500006>
- Reyes, R. L., Villanueva, J. A. (2024). Narrative-Based concept representations: fostering visual cognition in the introductory chemistry classroom. *Journal of Chemical Education*, 101, 1106-1119. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.3c01151>
- Silva, N. S., & Aguiar Junior, O. G. (2014). A estrutura composicional dos textos de estudantes sobre ciclos de materiais: evidências de uso e apropriação da linguagem científica. *Ciência & Educação*, 20(4), 801-816. <https://doi.org/10.1590/1516-7313201400040000>
- Souza, M. F., & Oliveira, S. R. (2021). Um olhar para as pesquisas sobre o uso de vídeo no ensino de matemática. *Educação Matemática Pesquisa*, 23(2), 245-277. <https://doi.org/10.23925/1983-3156.2021v23i2p245-277>
- Trojanowicz, M. (2020). Removal of persistent organic pollutants (POPs) from waters and wastewaters by the use of ionizing radiation. *Science of the Total Environment*, 718, 134425. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134425>
- Uluçtan, P. S., Eroğlu, H. A., Kadioğlu, E. N. & Akbal, F. (2025). Decolorization of Acid Red 337 dye with hydroxyl and sulfate radical based advanced oxidation processes using different iron Catalyst: An experimental and statistical Investigation. *Journal of Photochemistry and Photobiology a Chemistry*, 459(1), 116105. <https://doi.org/10.1016/j.jphotochem.2024.116105>
- Yang, H., Lee, C.-G., & Lee, J. (2025). Piezocatalysis-combined advanced oxidation processes for organic pollutant degradation in water system. *Ultrasonics Sonochemistry*, 113, 107219–107219. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2024.107219>
- Zabel, J., & Averdunk, C. (2024). The potential of narrative for understanding protein biosynthesis in the context of viral infections. *Education Sciences*, 14(5), 1-29. <https://doi.org/10.3390/educsci14050521>
- Zhu, Z.-S., Wang, P., Liu, Y., Zhong, S., Duan, X., & Wang, S. (2025). Microenvironment modulation of carbon-based single-atom catalysts for advanced oxidation processes. *Environmental Functional Materials*. <https://doi.org/10.1016/j.efmat.2025.01.002>