



Universidade Federal Rural de Pernambuco
Departamento de Química
Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional –
PROFQUI

EXTRAÇÃO

PRODUÇÃO



Eletroquímica e Sustentabilidade no Ciclo de Vida dos Dispositivos Móveis

Guia Didático para Professores de Química do Ensino
Médio

DESCARTE

Antonia Celsa Rodrigues Costa

USO

Orientadora: Profa. Dra. Katia Cristina Silva de Freitas

Jaboatão dos Guararapes – 2026

Sumário

1. Apresentação.....	3
2. Fundamentação Teórica.....	5
3. Ficha Técnica da Sequência Didática.....	14
4. Descrição Sintética das Etapas da Sequência Didática.....	16
5. Avaliação da Aprendizagem.....	38
6. Referências.....	40
7. Apêndices.....	42

1. Apresentação

Este Guia Didático é um produto educacional vinculado à dissertação de mestrado intitulada "O Ensino de Eletroquímica em uma Perspectiva Ambiental a partir da Análise do Ciclo de Vida de Dispositivos Móveis", desenvolvida pela discente Antonia Celsa Rodrigues Costa no âmbito do Programa de Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional (PROFQUI/UFRPE), sob orientação da Profa. Dra. Katia Cristina Silva de Freitas.

A concepção desta pesquisa teve origem nas reflexões e experiências prévias da pesquisadora em sala de aula durante os caminhos investigativos a serem seguidos no mestrado. Sua motivação central parte de um paradoxo observável em praticamente qualquer sala de aula: os estudantes carregam no bolso um dispositivo cujo funcionamento envolve reações eletroquímicas, mas raramente estabelecem essa conexão ao estudar o conteúdo, como também os impactos ambientais associados à sua existência. Nesse sentido, a problemática não se limita à aprendizagem de conceitos, mas orienta-se pela problematização de situações, preferencialmente ancoradas em contextos reais (Cachapuz, 1999). Assim, amplia-se o foco formativo para a constituição de sujeitos capazes de compreender criticamente as inter-relações entre ciência, tecnologia, sociedade e ambiente.

A produção, o uso e o descarte de dispositivos móveis mobilizam processos que envolvem extração de recursos naturais, o consumo energético, a geração de resíduos e a liberação de substâncias tóxicas, como metais pesados. No entanto, tais dimensões são frequentemente invisibilizadas no ensino tradicional, que prioriza a memorização de tabelas de potencial, regras de NOX e semirreações, desvinculadas de seus contextos reais. Como consequência, os conteúdos deixam de ser apropriados como ferramentas analíticas para a compreensão de problemas ambientais contemporâneos.

Diante disso, esta proposta se ancora na perspectiva ambiental, propondo a aproximação entre os conceitos de Eletroquímica e a análise do ciclo de vida de dispositivos móveis, de modo a promover uma aprendizagem que integre compreensão científica e reflexão sobre os padrões de produção e consumo e suas consequências socioambientais.

A partir dessa definição, foi realizada uma pesquisa bibliográfica com o objetivo de fundamentar teoricamente essa articulação, bem como orientar a construção de uma proposta didática que integrasse conteúdos científicos a problemáticas socioambientais contemporâneas. Paralelamente, buscou-se compreender como a abordagem do ciclo de vida poderia favorecer a contextualização dos conceitos de oxirredução, processos eletroquímicos e impactos ambientais associados à produção, uso e descarte de dispositivos eletrônicos.

Na sequência, foram estabelecidas as condições para a elaboração da proposta didática, resultando na construção de uma sequência didática estruturada que articula momentos investigativos, experimentais e reflexivos. A pesquisa que originou este material foi realizada em uma turma de 2º ano do Ensino Médio de uma escola pública em Jaboatão dos Guararapes/PE. As atividades propostas incluem experimentações e discussões que mobilizam conceitos como reações de oxirredução, funcionamento de pilhas e baterias, corrosão, presença de metais pesados e impactos ambientais, compreendidos como ferramentas para a análise de uma problemática complexa e urgente na sociedade contemporânea.

O percurso metodológico foi organizado com base no Modelo Instrucional 5E (Engajar, Explorar, Explicar, Elaborar e Examinar), cujo fio condutor é a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) dos smartphones, que nesta proposta além de objeto contextualizador é também um elo integrador entre a teoria química e a responsabilidade socioambiental.

Nesse sentido, a proposta didática não se limita à abordagem conceitual da Eletroquímica, mas busca fomentar a reflexão crítica dos estudantes sobre seus hábitos de consumo, compreendidos no contexto da lógica capitalista, e suas consequências socioambientais. Ao articular os conteúdos químicos à análise do ciclo de vida dos smartphones, pretende-se evidenciar como escolhas cotidianas de consumo estão diretamente relacionadas a processos de extração de recursos, geração de resíduos e impactos ambientais, contribuindo para a formação de sujeitos mais conscientes e capazes de problematizar sua inserção nessas dinâmicas

Esperamos que o estudante possa compreender que as reações de oxirredução não são apenas modelos abstratos, mas fundamentos reais que tornam possível a extração do cobre de jazidas, o armazenamento de energia em baterias

de íon-lítio e a corrosão acelerada de metais pesados descartados em lixões, de forma a ressignificar o conhecimento químico como uma ferramenta de leitura da realidade tecnológica e ambiental.

A partir das evidências produzidas ao longo da aplicação e da análise dos resultados obtidos, tornou-se possível identificar potencialidades e aspectos a serem ajustados na proposta didática, sendo posteriormente submetida à validação por pares, resultando na versão final da proposta didática, apresentada nas seções seguintes.

Como Usar Este Guia

Este guia está organizado em seis seções. Recomenda-se a leitura integral antes da aplicação:

- Seções 1 e 2 — Apresentação e referenciais teóricos.
- Seção 3 — Ficha Técnica operacional da sequência didática.
- Seção 4 — Detalhamento das cinco etapas do Modelo 5E.
- Seção 5 — Critérios e instrumentos de avaliação da aprendizagem.
- Seção 6 — Referências bibliográficas e apêndices.

O material pode ser aplicado integralmente ou adaptado à realidade de cada escola. A carga horária total prevista é de aproximadamente 750 minutos (10 aulas de 50 minutos ou 8 aulas de duração variada). Os experimentos foram selecionados por sua baixa complexidade e custo acessível, sendo realizáveis em sala de aula comum ou laboratório escolar simples.

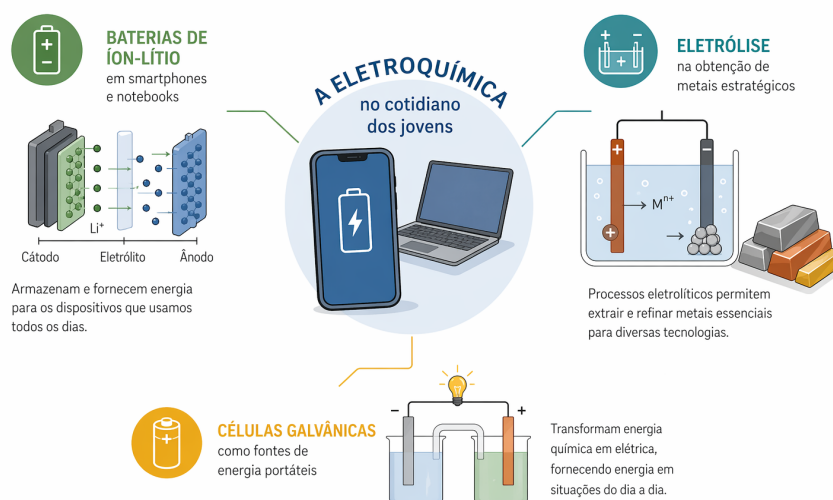
2. Fundamentação Teórica

2.1 Por que ensinar eletroquímica desta forma?

A eletroquímica é reconhecida por professores e estudantes do Ensino Médio como um dos conteúdos mais desafiadores da Química. Barreto, Batista e Cruz (2017) identificaram que as principais dificuldades concentram-se na distinção entre os processos de oxidação e redução, no estabelecimento dos agentes oxidante e redutor e na articulação entre as representações simbólicas (semi-reações e equações) e os fenômenos macroscópicos observáveis. Esse padrão de dificuldade persiste mesmo entre estudantes universitários, o que evidencia a insuficiência das abordagens tradicionais baseadas em memorização (Niaz e Chacón, 2003).

Ao mesmo tempo, a eletroquímica está no coração de algumas das tecnologias mais presentes no cotidiano dos jovens: baterias de íon-lítio em smartphones e notebooks, eletrólise na obtenção de metais estratégicos, células galvânicas como fontes de energia portáteis (Figura 1). Considerando que o Brasil é o quinto país com mais usuários de smartphones, totalizando cerca de 440 milhões de dispositivos no uso diário (Lopes, 2023; Meirelles, 2021), utilizar esses aparelhos como tema integrador é uma forma de aproximar a Eletroquímica da realidade dos estudantes do ensino médio. Essa abordagem conectada ao dia a dia estimula não apenas a compreensão dos conceitos, mas também abre espaço para debates sobre consciência socioambiental e consumo responsável (Brasil, 2018).

Figura 1 – Aplicações da Eletroquímica no cotidiano dos jovens



Fonte: Elaborado pela autora (2026), por meio do Gemini

Diante dos desafios no ensino de eletroquímica, torna-se necessário buscar estratégias de ensino que possibilitem a integração entre os aspectos tecnológicos e sociais do conhecimento químico. A contextualização, conforme defendida por Machado (2005), não é um recurso de motivação superficial, mas uma estratégia epistemológica que garante ao aluno condições de construir significações. Quando o conteúdo de oxirredução é introduzido a partir da extração do cobre de jazidas de calcopirita, processo industrial ancorado nos mesmos princípios de reações facilmente observadas em laboratório, o ensino favorece a leitura de mundo e de processos reais.

Neste guia didático, propõe-se a abordagem do conteúdo de eletroquímica através do desenvolvimento de uma sequência didática contextualizada por um tema integrador: O ciclo de vida de dispositivos móveis, considerando seus componentes químicos e os impactos socioambientais decorrentes do consumo e descarte.

A Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) é um conceito utilizado tradicionalmente utilizado na indústria com objetivo avaliar os impactos ambientais de um produto ou serviço em todo o seu processo de produção, distribuição, consumo e destinação final (Alexandrino; Bortoletto, 2021; Pereira; Carvalho, 2020) aqui nesta proposta de intervenção foi ressignificada como ferramenta didática com base em estudos pioneiros no campo da pesquisa em ensino de ciências, especialmente os de Juntunen e Aksela (2013a), que evidenciam seu potencial para a articulação entre conteúdos químicos, problemáticas ambientais e abordagens investigativas.

No contexto brasileiro, essa perspectiva tem sido ampliada tanto no ensino superior, com os trabalhos de Pereira (2019) e Pereira e Carvalho (2020), que exploram a ACV na formação de professores, quanto na educação básica, em propostas que a integram à educação ambiental e à contextualização de conteúdos científicos a partir de temas do cotidiano, como álcool (Hisatsugu et al., 2022), jeans (Bender, 2022), baterias de lítio (Alexandrino, 2021) e pilhas alcalinas (Bellini, Marques e Xavier, 2022). Esse conjunto de estudos sustenta a ACV como uma abordagem pedagógica consistente, capaz de promover a contextualização do ensino de Química, favorecer a compreensão integrada de conceitos científicos e estimular o desenvolvimento de uma consciência crítica orientada à sustentabilidade.

2.2 Pilares Teóricos: Metodologias Ativas

A proposta de intervenção pedagógica apresentada neste guia foi fundamentada a partir de uma articulação entre Metodologias Ativas, Teorias de Aprendizagem de viés cognitivista e humanista, a estruturação pelo Modelo Instrucional 5E, e o uso da Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) como eixo temático integrador. Essas escolhas foram ancoradas nas contribuições de três pilares teóricos cujos fundamentos encontram-se sintetizados na Figura 2.

- **A centralidade da experiência de John Dewey** : Dewey fornece a base para a aprendizagem experiencial e investigativa. A proposta fundamenta-se na ideia de que o conhecimento é edificado ativamente pelo aluno ao interagir com o ambiente e investigar problemas reais, conectando a teoria à prática.
- **A Educação Emancipatória de Paulo Freire**: Em oposição à "educação bancária" (onde o aluno é mero receptor passivo), a visão Freireana embasa a necessidade de estimular a autonomia e a criticidade. A proposta parte da problematização da realidade concreta dos alunos como o consumo e o descarte de smartphones para formar sujeitos capazes de refletir de forma crítica sobre a sociedade.
- **A Interação Social e Mediação de Lev Vygotsky**: A proposta entende que a aprendizagem ocorre em um contexto social e cultural. Através da mediação do professor e da interação com os colegas em sala de aula, o estudante é desafiado em sua Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP). Isso permite que conceitos complexos de eletroquímica sejam gradualmente internalizados de maneira significativa.

Figura 2: Referenciais teóricos que fundamentam a proposta didática

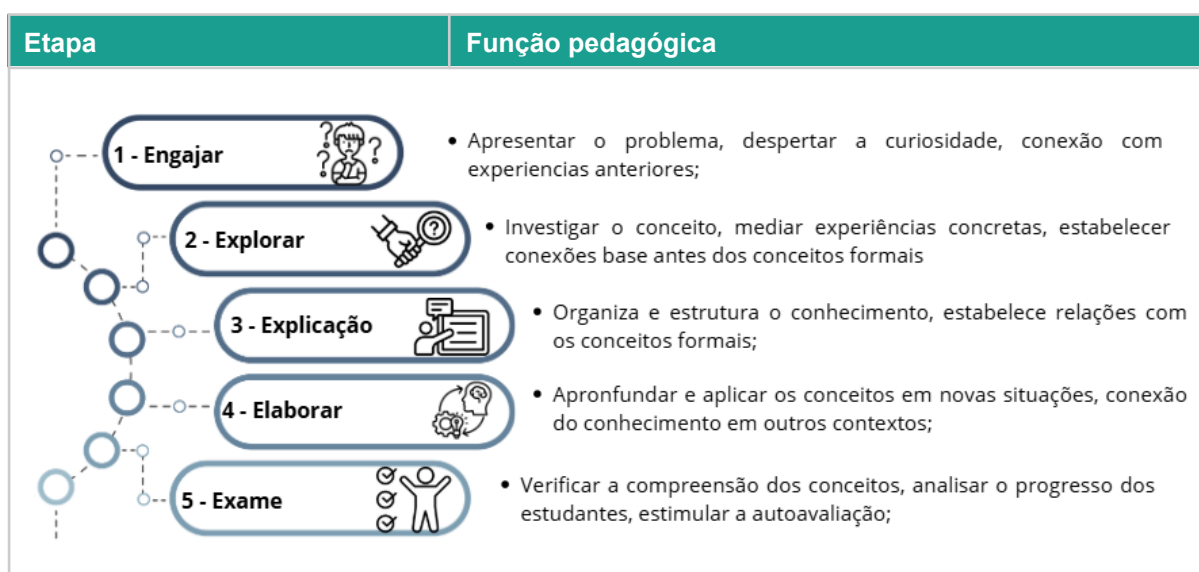


Fonte: Elaborado pela autora com base em Placides e Costa (2021) e Diesel, Baldez e Martins (2017)

2.3 O Modelo Instrucional 5E

O Modelo Instrucional 5E foi desenvolvido pelo Biological Sciences Curriculum Study (BSCS) e sistematizado por Bybee et al. (2006). Sua estrutura organiza o ensino em cinco fases progressivas: Engajar, Explorar, Explicar, Elaborar e Examinar que promovem a aprendizagem de forma cíclica e construtivista.

No contexto deste guia, o 5E não é aplicado como um protocolo rígido, mas como um design instrucional que orienta as escolhas pedagógicas do professor. Cada etapa tem uma função específica no processo de construção do conhecimento:



Fonte: Elaborado pela autora com base em Bybee *et al.*, (2006)

2.4 A Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) como ferramenta didática

A Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) é uma metodologia reconhecida internacionalmente para quantificar os impactos ambientais de um produto ao longo de toda a sua existência desde a extração de matérias-primas até o descarte final, processo conhecido como análise "do berço ao túmulo" (*cradle-to-grave*). Normatizada pelas ISO 14040:2009 e ISO 14044:2009, a ACV estrutura-se em quatro etapas:

- (1) Definição do objetivo e escopo;
- (2) Análise de inventário;
- (3) Avaliação de impacto;
- (4) Interpretação.

Figura 3: Fluxograma da estrutura da avaliação do ciclo de vida



Fonte: <https://sustenare.com.br/o-que-e-avaliacao-do-ciclo-de-vida/>

No ensino de Química, a ACV assume uma função diferente da que exerce na engenharia industrial: ela não é aplicada como uma ferramenta de cálculo quantitativo, mas como um organizador conceitual que permite aos estudantes pensar sistemicamente sobre os produtos que consomem. Juntunen e Aksela (2013a) foram pioneiras ao articular a ACV com a Aprendizagem Baseada em Investigação (IBL) no ensino de ciências, demonstrando que essa integração favorece o desenvolvimento do letramento ambiental e a consciência crítica dos estudantes.

Ainda que, no âmbito educacional, não se enfatize a dimensão quantitativa da ACV, dados da literatura contribuem para ilustrar a magnitude dos impactos envolvidos em cada etapa do ciclo de vida dos dispositivos. No caso dos smartphones, a Extração e Fabricação concentram os maiores impactos, sendo responsáveis por cerca de 74,1% das emissões de gases de efeito estufa (GEE) do aparelho.

Além do imenso gasto energético da indústria, a mineração de materiais (como lítio e cobalto) causa degradação do solo, poluição da água e, muitas vezes, envolve a exploração de trabalho infantil e condições desumanas. Já na Fase de Uso embora as emissões diretas sejam menores (inferiores a 18%), há impactos frequentemente invisibilizados relacionados à infraestrutura que sustenta o

funcionamento dos dispositivos, como redes de telecomunicações e centros de dados (Suckling e Lee, 2015).

Na fase de descarte o grande perigo está na toxicidade. Smartphones possuem dezenas de metais pesados (como chumbo, mercúrio e cádmio) que, ao serem descartados em lixões comuns, infiltram-se no solo e na água, contaminando os ecossistemas e causando doenças graves (como câncer e distúrbios neurológicos) aos seres humanos (Alexandrino; Bortoletto, 2021), a síntese dessas etapas, articulada aos processos eletroquímicos envolvidos (Figura 4), permite uma visão integrada do ciclo de vida dos dispositivos. .

Nesse cenário, a recuperação de matérias-primas torna-se uma estratégia central para a mitigação desses impactos. Metais como ouro, paládio, prata e cobre concentram cerca de 99% do valor reciclado de um celular, embora representem apenas 13,2% de sua massa, sendo que o ouro apresenta concentração até 200 vezes maior do que em minérios naturais (Suckling e Lee, 2015).

Apesar desse potencial, a literatura aponta que o desconhecimento sobre o descarte adequado e a baixa conscientização ambiental fazem com que muitos aparelhos em fim de vida útil não sejam encaminhados à reciclagem, permanecendo armazenados em residências (Suckling e Lee, 2015; Alexandrino; Bortoletto, 2021).

Figura 4: Etapas do ciclo de vida de um smartphone



Fonte:Elaborado pela autora (2026), por meio do Gemini

Desta forma a ACV deixa de ser apenas um conceito industrial e passe a atuar como uma temática sociocientífica e ferramenta educacional. Ao utilizar o ciclo

de vida dos dispositivos móveis, a eletroquímica deixa de ser abstrata. Os alunos passam a entender as reações de oxirredução ocorrendo na mineração de metais e no funcionamento das baterias, bem como os reflexos éticos e ecológicos de suas escolhas de consumo e descarte. Essa abordagem se alinha profundamente à Agenda 2030 e aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS).

2.5 Eletroquímica, ODS e BNCC

O tema deste guia estabelece conexões com a Agenda 2030 e, em particular, com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), ao evidenciar como processos químicos estão implicados em desafios contemporâneos de ordem energética, ambiental e tecnológica. A tabela 1 sistematiza essas relações, associando metas específicas dos ODS a aplicações da Eletroquímica.

Tabela 1: Relação entre Eletroquímica e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS).

ODS	Meta relacionada	Aplicações eletroquímicas
ODS 7 — Energia limpa e acessível	Garantir acesso à energia acessível, segura e sustentável	Baterias recarregáveis, células solares, pilhas galvânicas
ODS 9 — Indústria, inovação e infraestrutura	Industrialização inclusiva e sustentável	Inovações em materiais eletroativos e eletrocatalise verde
ODS 11 — Cidades e comunidades sustentáveis	Gestão sustentável de resíduos sólidos urbanos	Logística reversa de eletroeletrônicos, PNRS, pontos de coleta
ODS 12 — Consumo e produção responsáveis	Assegurar padrões de produção e consumo sustentáveis	Reciclagem eletroquímica de metais, ACV de baterias, obsolescência
ODS 13 — Ação climática	Tomar medidas urgentes para combater a mudança climática	Redução de CO ₂ via células a combustível e eletrólise verde

Fonte: Elaborado pela Autora (2026)

Ao estabelecer conexões com os ODS, reforça-se o potencial dessa abordagem para promover uma educação científica contextualizada, crítica e

orientada à tomada de decisões responsáveis, em consonância com as competências previstas na BNCC e com a formação de sujeitos capazes de intervir de forma consciente em questões socioambientais.

No que se refere à Base Nacional Comum Curricular (BNCC), a proposta articula as seguintes habilidades de Ciências da Natureza e suas Tecnologias do Ensino Médio ao deslocar o foco da memorização de conteúdos para a compreensão de fenômenos em contextos reais, a proposta dialoga com as Competências Gerais da Educação Básica, em especial:

Competência 2 (Pensamento científico, crítico e criativo)

Análise do ciclo de vida dos smartphones, investigação dos impactos ambientais e compreensão dos processos eletroquímicos (oxirredução, baterias, reciclagem)

Competência 7 (Argumentação)

Discussões sobre obsolescência programada, impactos ambientais e tomada de posição frente ao consumo tecnológico

Competência 10 (responsabilidade, autonomia e tomada de decisões éticas e sustentáveis)

Avaliação crítica dos hábitos de consumo e descarte de smartphones, incentivando escolhas mais sustentáveis

No campo das Ciências da Natureza, a proposta mobiliza habilidades como EM13CNT101 e EM13CNT301, ao investigar as etapas do ciclo de vida dos smartphones, com foco em processos de extração, fabricação e funcionamento de baterias, relacionando reações de oxirredução e fluxo de energia;

EM13CNT303 e EM13CNT304, ao discutir obsolescência programada, consumo e descarte de smartphones, análise crítica dos impactos socioambientais ao longo do ciclo de vida;

EM13CNT206 ao discutir sobre mineração de metais, descarte de eletrônicos e seus impactos ambientais, articulando com sustentabilidade e conservação de recursos naturais.

Habilidades da BNCC contempladas

(EM13CNT101) Analisar e representar as transformações e conservações em sistemas que envolvam quantidade de matéria, de energia e de movimento para realizar previsões em situações cotidianas e processos produtivos que priorizem o uso racional dos recursos naturais.

(EM13CNT206) Justificar a importância da preservação e conservação da biodiversidade, considerando parâmetros qualitativos e quantitativos, e avaliar os efeitos da ação humana e das políticas ambientais para a garantia da sustentabilidade do planeta

(EM13CNT301) Construir questões, elaborar hipóteses, previsões e estimativas, empregar instrumentos de medição e representar e interpretar modelos explicativos, dados e/ou resultados experimentais para construir, avaliar e justificar conclusões no enfrentamento de situações-problema sob uma perspectiva científica.

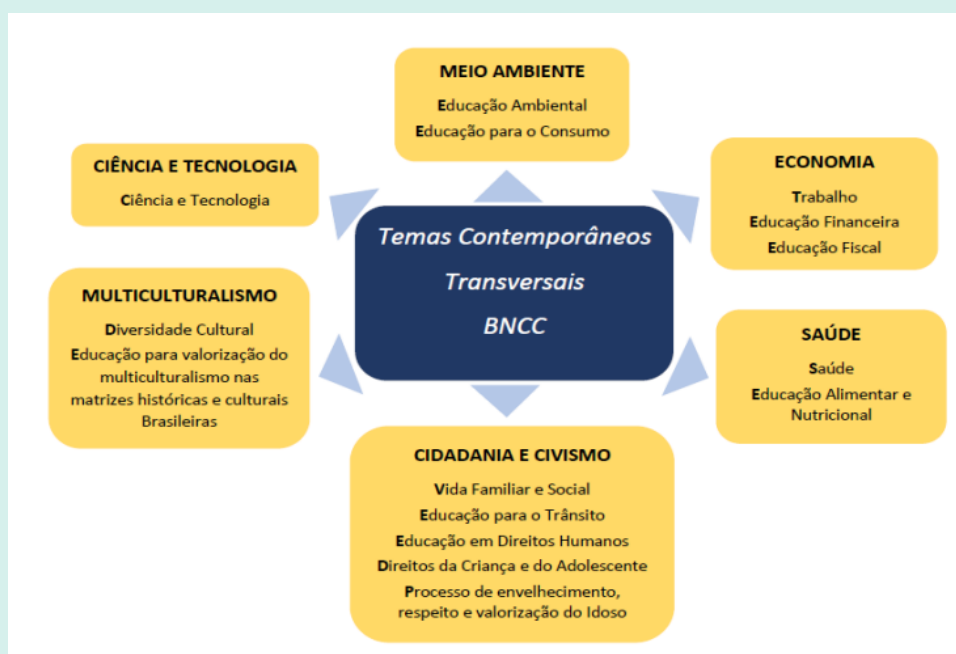
(EM13CNT303) Interpretar textos de divulgação científica que tratem de temáticas das Ciências da Natureza, disponíveis em diferentes mídias, considerando a apresentação dos dados, a consistência dos argumentos e a coerência das conclusões, visando construir estratégias de seleção de fontes confiáveis de informações.

(EM13CNT304) Analisar e debater situações controversas sobre a aplicação de conhecimentos da área de Ciências da Natureza com base em argumentos consistentes, éticos e responsáveis, distinguindo diferentes pontos de vista

Temas Contemporâneos Transversais

Educação Ambiental, Ciência e Tecnologia, Saúde.

Fonte: (BRASIL, 2019)



3. Ficha Técnica da Sequência Didática

Campo	Informação
Tipo de produto	Guia Didático para Professores
Autora	Antonia Celsa Rodrigues Costa
Instituição	PROFQUI / Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE)
Ano	2026
Público-alvo	Professores de Química do Ensino Médio
Nível de aplicação	2º ano do Ensino Médio
Carga horária total	750 minutos (≈ 10 aulas de 50 min ou 8 aulas de duração variada)
Metodologia base	Modelo Instrucional 5E (BSCS, Bybee et al., 2006)
Eixo temático	Avaliação do Ciclo de Vida de Dispositivos Móveis
Conteúdo químico	Número de oxidação, reações de oxirredução, pilhas galvânicas, eletrólise, baterias de lítio
ODS relacionados	ODS 7, 9, 11, 12 e 13
Habilidades BNCC	EM13CNT101, EM13CNT206, EM13CNT301, EM13CNT303, EM13CNT304

3.1 Pré-requisitos para os Estudantes

A sequência didática foi concebida para ser aplicada no início do estudo de eletroquímica. Recomenda-se que os estudantes já tenham trabalhado com:

- Ligações químicas e estrutura da matéria
- Reações químicas (conceito geral, reagentes e produtos)
- Propriedades periódicas básicas (número atômico, metais e não-metals)

4. Descrição Sintética das Etapas da Sequência Didática

ETAPA 1 – ENGAJAR		Tempo: 100 min	1º Aula
Atividades	Objetivo		Estratégia / Procedimento
Levantamento dos conhecimentos prévios	Identificar experiências dos alunos com dispositivos eletrônicos e descarte		Diálogo investigativo e aplicação de questionário
Exposição dialogada sobre obsolescência	Introduzir conceitos de obsolescência absoluta, percebida e programada		Aula expositiva dialogada com slides
Dinâmica dos post-its	Identificar tipos de obsolescência associados aos dispositivos descartados		Estudantes registram dispositivos em post-its coloridos e organizam no quadro
Leitura e bingo temático	Introduzir elementos químicos presentes em celulares e estimular vocabulário científico		Leitura coletiva de texto e atividade lúdica em formato de bingo
Recursos Necessários		Quadro, Piloto, Data Show, Post-its coloridos (3 cores), Cartelas do bingo	
Espaço Físico		Sala de aula	
Organização dos alunos		Em filas ou círculo dependendo do espaço disponível em sala de aula	

ETAPA 2 – EXPLORAR		Tempo: 2 aulas (100 minutos)	2º Aula
Atividades	Objetivo		Estratégia / Procedimento
Coleta de dispositivos obsoletos	Proporcionar contato direto com os objetos de estudo		Estudantes trazem dispositivos eletrônicos antigos e a pesquisadora disponibiliza materiais adicionais
Exploração dos componentes	Identificar partes dos dispositivos e discutir sua composição química		Manipulação e análise dos componentes em grupos
Construção de diagramas	Representar a constituição e evolução dos dispositivos		Construção de diagramas de decomposição ou representação hierárquica
Recursos Necessários		Aparelho desmontado com peças separadas, amostras de pilhas e baterias, Aparelhos antigos e novos, texto de apoio	
Espaço Físico		Sala de aula ou laboratório	
Organização dos alunos		Em grupos	

ETAPA 3 – EXPLICAR		Tempo: 4 aulas (350 minutos)	3º, 4º, 5º, 6º Aulas
Atividades	Objetivo		Estratégia / Procedimento
Aula expositiva sobre número de oxidação	Revisar conceitos de NOX e reações de oxirredução		Aula com exemplos do cotidiano e resolução de exercícios

Aula prática e expositiva sobre oxirredução e cobre	Compreender reações de oxirredução e obtenção do cobre	Exibição de vídeo e experimento com palha de aço e sulfato de cobre
Aula expositiva sobre Avaliação de Ciclo de Vida	Introduzir o conceito de ACV e impactos ambientais	Discussão de notícias, aula dialogada, vídeo educativo e reconstrução dos Diagramas produzidos na Etapa 2.
Aula expositiva sobre pilhas	Compreender as reações de oxirredução em uma pilha	Exposição do conteúdo e demonstração de uma pilha de moedas
Recursos Necessários	Slides, Data Show, Videos, Ficha de aula, Diagramas, Material para as práticas	
Espaço Físico	Sala de aula ou laboratório	
Organização dos alunos	Em grupos	

ETAPA 4 – ELABORAR	Tempo: 2 aulas (100 minutos)	7ª Aula
Atividades	Objetivo	Estratégia / Procedimento
Produção de trabalhos em grupo	Aplicar os conhecimentos em temas relacionados ao ciclo de vida e eletroquímica	Escolha de temas e produção de vídeos ou apresentações
Recursos Necessários	Slides, Data Show, Material de apoio	
Espaço Físico	Sala de aula	
Organização dos alunos	Em grupos	

ETAPA 5 – EXAMINAR	Tempo: 2 aulas (100 minutos)	8ª Aula
Atividades	Objetivo	Estratégia / Procedimento
Socialização das produções	Avaliar a compreensão dos estudantes	Apresentação dos trabalhos, debate coletivo e questionário final
Recursos Necessários	Slides, Data Show	
Espaço Físico	Sala de aula ou auditório	
Organização dos alunos	Em grupos	

Fonte: Elaborado pela autora (2026)

4.1 Detalhamento das Etapas

Etapa 1 – Engajar



Duração: 100min, equivalente a duas hora/aula.



Espaço: Escola/Sala de aula



Organização: Individual (questionário) e coletiva (dinâmicas)



Objetivo: Levantar os conhecimentos prévios dos estudantes sobre consumo e descarte de dispositivos eletrônicos; introduzir os conceitos de obsolescência e os elementos químicos presentes nos celulares.

Contrato pedagógico e Levantamento de Conhecimentos Prévios

Neste momento apresente os objetivos da sequência didática para a turma, e inicie momento pedagógico com um diálogo investigativo, no qual os alunos serão convidados a refletir sobre suas experiências com dispositivos eletrônicos levantando questões como:

- *Você já parou para pensar em quantos celulares teve na vida?*
- *Que motivo te levaria a trocar de aparelho?*
- *O que acontece com os celulares e fones de ouvido que você não usa mais?*



Fonte: Canva

Essas questões propõe despertar o interesse e introduzir o tema.

Nota para o(a) professor(a) — Questionário Inicial (Apêndice A)

Neste guia elaboramos um Questionário Inicial (Apêndice A) em quatro blocos: perfil socioeconômico, hábitos de consumo de dispositivos, práticas de descarte e conhecimentos sobre composição química e origem dos materiais. Você pode usá-lo como modelo e ao final da aplicação, compartilhar com a sua turma alguns dados gerais como, por exemplo, a porcentagem

de alunos que nunca pesquisou o impacto ambiental de um dispositivo antes de comprar. Isso serve como primeiro gatilho de conflito cognitivo.

Exposição Dialogada sobre Tipos de Obsolescência

Apresente os três tipos de obsolescência tecnológica, incentivando os alunos a compartilhar exemplos de dispositivos que descartaram recentemente:

- Obsolescência absoluta: o dispositivo para de funcionar fisicamente.
- Obsolescência percebida: o dispositivo funciona, mas o usuário o percebe como desatualizado.
- Obsolescência programada: o dispositivo foi projetado pelo fabricante para ter vida útil limitada.

Vídeo sugerido

"O que é obsolescência programada?" — duração: 12 min

Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=csdjNU0tA0Y>

Slides de aula disponíveis no apêndice B

Dinâmica dos Post-its

Com o objetivo tornar esse momento mais dinâmico realize com os alunos uma atividade dinâmica com post-its coloridos para que eles classifiquem um dispositivo eletrônico que tenham descartado ou substituído escrevendo em um post-it cuja cor correspondia ao tipo de obsolescência associada (Figura 5).

- Absoluta (Verde): Dispositivos que não funcionam fisicamente ou cujo conserto é inviável.
- Percebida (Amarelo): Dispositivos funcionais que os consumidores desejam substituir devido à percepção de que são antiquados.
- Programada (Azul): Dispositivos projetados pelo fabricante para ter uma vida útil limitada de forma intencional.

Figura 5: Representação gráfica dos tipos de obsolescência:



Fonte:Elaborado pela autora (2026), por meio do Gemini

Peça que cada estudante escreva em um post-it um dispositivo descartado ou substituído e o cole no quadro, na coluna correspondente. Após a organização visual, contabilize as quantidades e estime, em conjunto com a turma, o volume de lixo eletrônico gerado por um único grupo.

Questões para problematização coletiva:

- *Quantos dispositivos eletrônicos descartados nosso grupo gerou?*
- *Qual é o nosso impacto coletivo como turma?*
- *Você tem aparelhos eletrônicos sem utilidade em casa? Traga-os para a próxima aula!*

Aproveite este momento para solicitar aos estudantes que procurem em casa aparelhos eletrônicos sem utilidade, como celulares antigos, fones de ouvido danificados, carregadores inutilizados, pilhas ou baterias descarregadas ou outros dispositivos obsoletos e tragam para o próximo encontro.

Leitura e Bingo Temático

Distribua o texto "Composição Química dos Celulares" e conduza a leitura coletiva com pausas para esclarecimentos.

Texto sugerido

[Texto: Composição Química dos Aparelhos Celulares — CRQ-V](#)

Na sequência, aplique o Bingo Temático (cartelas no Apêndice C): o(a) professor(a) anuncia a aplicação ou função de um elemento químico, e os estudantes marcam o símbolo correspondente em suas cartelas. A atividade estimula a atenção ao texto e o reconhecimento inicial do vocabulário científico.

Etapa 2– Explorar



Duração: 100min, equivalente a duas hora/aula.



Espaço: Sala de aula ou Laboratório



Organização: Grupos de 5-6 estudantes



Objetivo: Proporcionar contato direto com dispositivos eletrônicos e seus componentes; construir representações visuais (diagramas) do ciclo de vida dos materiais com base na observação e na leitura de texto de apoio.

Preparação Prévia

Separe um aparelho obsoleto e desmonte parcialmente, expondo a bateria, o display, a placa-mãe, os alto-falantes e o sistema vibratório (Figura 6) . Se possível, apresente também aparelhos antigos para que os alunos possam comparar a evolução da miniaturização dos componentes e a transição dos materiais como a mudança das baterias de níquel para as de lítio e o aumento da complexidade das placas de circuito impresso (Figura 7).

Figura 6: Aparelho desmontado



Fonte: <https://blog.cacursos.com.br/desmontagem-do-motorola-moto-g3/>

Figura 7: Evolução de aparelhos



Fonte: Autora (2026)

Prepare também amostras de diferentes tipos de pilhas e baterias (zinco-carbono, alcalinas, níquel-hidreto metálico, íon-lítio) com as especificações técnicas visíveis (Figura 8).

Figura 8: Amostras de pilhas e baterias



Fonte: Autora (2026)

Exploração do Material

Disponha todo o material em uma mesa central (Figura 9). Distribua os estudantes em grupos de 5–6 e peça que observem, manipulem e comparem os dispositivos durante a leitura do Texto de Apoio (Apêndice D). A proposta do texto é que, durante a manipulação das partes, os alunos recorram a ele para buscar suporte teórico sobre os materiais que estão observando.

Perguntas orientadoras para o professor durante a exploração:

- *"Por que aparelhos mais antigos são mais pesados do que os atuais?"*
- *"Qual a diferença entre as pilhas zinco-carbono e as de íon-lítio expostas aqui?"*
- *"O que acontece com esses materiais quando o aparelho vai para o lixo?"*

Figura 9: Disposição dos materiais



Fonte: Autora (2026)

Mediação Conceitual

Após a exploração livre, conduza uma mediação mais estruturada. Aponte para as pilhas e baterias e pergunte:

- *Que tipo de energia é essa?*
- *O que está se movimentando dentro dela para gerar corrente elétrica?*

Esse diálogo investigativo permite mapear os conhecimentos prévios sobre eletroquímica antes da formalização conceitual da Etapa 3.

Construção dos Diagramas de Ciclo de Vida

Distribua uma folha para cada grupo e peça que representem graficamente o ciclo de vida de um dos dispositivos analisados, respondendo às seguintes perguntas organizadas em três momentos temporais:

PASSADO: *De onde vêm os materiais desse dispositivo? Quais recursos naturais foram necessários? Quais processos de extração?*

PRESENTE: *Qual é a condição atual desses materiais? São reutilizáveis, recicláveis ou descartáveis?*

FUTURO: *O que vai acontecer com esse dispositivo? Que opções existem (reciclagem, reuso, aterro)?*

Nota para o(a) professor(a)

Guarde os diagramas produzidos nesta etapa eles serão revisitados e reestruturados na Etapa 3, após a apresentação formal do conceito de ACV.

Etapa 3– Explicar



Duração: 4 aulas ~350 minutos



Espaço: Sala de aula + laboratório (ou apenas sala de aula com materiais simples)



Organização: Expositiva com participação, grupos nos experimentos



Objetivo: Sistematizar os conceitos de oxidação, redução, NOX, pilhas galvânicas e ACV; articular os modelos científicos às observações das etapas anteriores.

Esta etapa tem o objetivo de sistematizar os conceitos de oxidação, redução, NOX, pilhas galvânicas e ACV articulando os modelos científicos com as observações das etapas anteriores e foi dividida em 4 aulas:

Aula	Tema
Aula 4 (100 min)	Número de Oxidação e Reações de Oxirredução
Aula 5 (100 min)	Extração do Cobre e Prática Experimental (Experimento 1)
Aula 6 (100 min)	Avaliação do Ciclo de Vida e Reestruturação dos Diagramas
Aula 7 (50 min)	Pilhas Galvânicas — Princípios e Experimento 2

Aula 4 — Número de Oxidação e Reações de Oxirredução (100 min)

Inicie a aula conectando os conceitos às observações da Etapa 2:

- *"Quando vimos as pilhas sendo descarregadas, o que está acontecendo em nível atômico?"*

Esta aula deve contemplar:

- Revisão de regras de determinação do NOX com exemplos cotidianos (escurecimento da prata, corrosão do ferro, enferrujamento de grades).
- Definição formal de oxidação (perda de elétrons, aumento de NOX) e redução (ganho de elétrons, diminuição de NOX).
- Identificação de agentes oxidantes e redutores.

Sugestão para o(a) professor(a)

Para tornar esse momento mais concreto e menos pautado na memorização, sugere-se a apresentação comparativa entre o cobre metálico e o sulfato de cobre de maneira a evidenciar visualmente que um mesmo elemento químico pode assumir diferentes estados de oxidação (nox). Cobre Metálico (Cu^0): Representa o elemento em seu estado de oxidação zero. Sulfato de Cobre (Cu^{2+}): Representa o elemento na forma de cátion, evidenciando a mudança de propriedades químicas e físicas (como a cor).



Sulfato de cobre (CuSO_4) e cobre metálico (Cu).

Fonte: Autora (2026)

Aula 5 — Extração do Cobre e Prática Experimental (100 min)

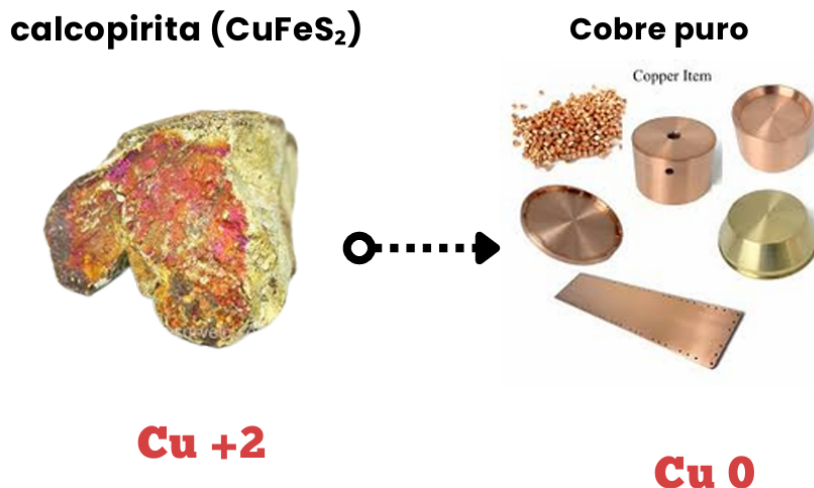
Introdução

Esta aula articula os conceitos formalizados na aula anterior ao processo industrial de obtenção de metais. Inicie questionando:

- *Quais materiais são essenciais para os dispositivos eletrônicos que usamos?*
- *De onde eles vêm?*
- *Vocês acham que eles são encontrados puros na natureza?*

Apresente uma imagem do minério calcopirita (Figura 10) e sua composição fazendo questionamentos sobre a carga do cobre no mineral, questionado a variação necessária para que o elemento se apresentasse na forma metálica utilizada em fios condutores.

Figura 10: Calcopirita do minério ao cobre puro



Fonte: Elaborado pela Autora (2026), usando Canva

Exibição do Vídeo

Após os questionamentos, exiba o vídeo sobre o processo industrial de extração do cobre destacando as etapas envolvidas e seus impactos ambientais. Conecte explicitamente este processo ao ODS 9 (industrialização sustentável) e ao ODS 12 (consumo responsável).

Vídeo sugerido

Extração industrial do cobre — aprox. 12 min (selecionar trechos mais relevantes)

Disponível em:

<https://www.youtube.com/watch?v=NYxRPfNky40&t=382s&pp=ygUQZXh0cmHDp8OjbyBjb2JyZdIHQmuCgGHKiGM7w%3D%3D>

Destaca as etapas de extração e seus impactos ambientais

Realização do Experimento

Experimento 1 — Reação de Oxirredução do Cobre

Detalhamento do Experimento 1

Objetivo: Observar uma reação de oxirredução simples e compreender a transferência de elétrons.

Materiais:

- 1 béquer ou copo de vidro transparente;
- solução de sulfato de cobre CuSO_4 (preparada com sulfato de cobre em água destilada até cor azul intensa);
- 1 pedaço de palha de aço ou prego de ferro limpo.

Procedimento:

- (1) Adicione o ferro na solução de sulfato de cobre;
- (2) Observe as mudanças ao longo do tempo (5–15 min) e anote na tabela abaixo.



Material	Aspecto inicial	Após 5 min	Aspecto final
Solução de sulfato de cobre			
Palha de aço / prego de ferro			

Questões para discussão após o experimento:

- O que aconteceu com os íons Cu^{2+} da solução? Eles perderam ou ganharam elétrons para virar cobre metálico? Essa foi uma oxidação ou uma redução?
- O que aconteceu com o ferro (Fe) da palha de aço? Essa foi uma oxidação ou uma redução?
- Qual metal tem maior tendência a perder elétrons (oxidar) e qual tem maior tendência a ganhar elétrons (reduzir)?
- Para obter cobre (Cu) da calcopirita (CuFeS_2), o íon cobre precisa ganhar ou perder elétrons? Esse processo é uma oxidação ou uma redução?

- Escreva: (a) a semi-reação do ferro; (b) a semirreação do Cu^{2+} ; (c) a reação global.
- Quais desafios (energia, equipamentos, resíduos) uma grande indústria enfrenta para extrair toneladas de cobre de seus minérios diariamente?

Descarte seguro: A solução resultante (sulfato de ferro + vestígios de cobre) não deve ser descartada na pia. Guardar em frasco rotulado para descarte em ponto de coleta de resíduos químicos. Este cuidado é também uma oportunidade pedagógica sobre gestão de resíduos (ODS 12).

Aula 6 — Avaliação do Ciclo de Vida e Reestruturação dos Diagramas (100 min)

Introdução

Inicie apresentando duas notícias reais relacionadas a dispositivos móveis e sustentabilidade para provocar conflito cognitivo:

Notícia 1: Decisão da Apple de retirar os carregadores das caixas dos iPhones.

Fonte: [Terra: Por que a Apple tirou o carregador da caixa do iPhone](#)

Notícia 2: Regulamentação da UE que padronizou carregadores com entrada USB-C (em vigor desde dezembro/2024).

Fonte: [Poder360: Regra da UE sobre carregador padrão USB-C entra em vigor](#)

Após apresentação das notícias, conduza a discussão incentivando os alunos a compartilhar suas percepções sobre os benefícios e malefícios das medidas tomadas pela empresa e pelo órgão regulador.

- Decisão da Apple: Quais são as vantagens e desvantagens ambientais reais dessa medida?
- Decisão da UE: Como a padronização USB-C beneficia consumidores e reduz lixo eletrônico? (ODS 12)
- Análise comparativa: Qual ação tem maior potencial de impacto positivo e duradouro? Por quê?

- Com base em que critérios científicos essas decisões são tomadas?

Após a discussão, introduzir formalmente o conceito de ACV abordando:

- Definição e importância da Avaliação do Ciclo de Vida;
- Principais etapas do ciclo de vida de um produto (extração de matéria-prima, produção, distribuição, uso e descarte);
- Impactos ambientais associados a cada etapa;
- Exemplos práticos de aplicação da ACV na indústria e na formulação de políticas ambientais.

Vídeo sugerido

"Avaliação de Ciclo de Vida" — Braskem — aprox. 5 min

Disponível em: [Consumo Consciente e ACV](#)

Após o vídeo, devolva os diagramas construídos na Etapa 2 e solicite que os grupos os reestruturem com base nas novas informações sobre impactos ambientais da ACV. Observe a evolução das representações e registre para fins avaliativos (EM13CNT301).

Aula 7 — Pilhas Galvânicas: Princípios e Experimento 2 (50–100 min)

Esta aula conecta os conceitos de oxirredução ao funcionamento das pilhas e baterias.

No início da aula retome as pilhas e baterias apresentadas na etapa 2 (exploração). A partir das interações com os alunos questione:

- Por que pilhas descarregam e baterias podem ser recarregadas?
- Como uma pilha ou bateria fornece energia para um dispositivo?
- Por que antigamente era comum dizer que uma bateria estava viciada?
- Além das amostras que outros tipos de pilhas e baterias vocês conhecem?

Em seguida inicie a abordagem conceitual sobre as reações de oxirredução e o funcionamento de pilhas e baterias.

Como atividade prática, o professor pode montar uma pilha usando materiais extraídos do momento de exploração, como fios de cobre, além de outros materiais simples como moedas de níquel e cobre e vinagre como apresentado no EXPERIMENTO 2. Essa experiência prática possibilita a percepção direta da transformação de energia química em energia elétrica.

Experimento 2 — Pilha de Moedas

Detalhamento do Experimento 2

Objetivo: Compreender como uma bateria gera eletricidade; explorar a transformação de energia química em elétrica.

Materiais:

- Moedas de 5 centavos (aço revestido de cobre);
- arruelas galvanizadas (revestidas de zinco);
- papel-toalha cortado em círculos;
- vinagre (eletrólito);
- multímetro digital;
- LED (opcional);
- superfície isolante.

Procedimento:

- (1) Umedeça os discos de papel com vinagre (úmidos, não encharcados);
- (2) Monte células na sequência: cobre (base) → papel molhado → arruela de zinco (topo);
- (3) Empilhe células sucessivas formando a pilha de Volta;
- (4) Meça a ddp com o multímetro.



Questões para discussão:

- Quais materiais atuam como eletrodos e qual atua como eletrólito?
- O zinco (Zn^{2+}/Zn) tem potencial de redução padrão de $-0,76\text{ V}$; o cobre (Cu^{2+}/Cu) tem $+0,34\text{ V}$. Qual deles tende a ser oxidado? Qual tende a ser reduzido?
- Na sua pilha: quem sofreu oxidação? Quem sofreu redução? Qual é o ânodo e qual é o cátodo?
- Por que o papel umedecido em vinagre é essencial para o funcionamento da pilha?
- Calcule a ddp teórica da célula: $\Delta E^\circ = E^\circ_{\text{red}}(\text{cátodo}) - E^\circ_{\text{red}}(\text{ânodo})$.
- A pilha de moedas é "descartável" (primária). A bateria do celular é "recarregável" (secundária). Pesquise: Como as reações de oxirredução da bateria de íon-lítio podem ser revertidas ao carregar o celular?

Descarte seguro: Os papéis umedecidos com vinagre e as moedas/arruelas podem ser descartados no lixo comum após secagem. O vinagre diluído não representa risco ambiental em pequenas quantidades.

Etapa 4– Elaborar



Duração: 1 aula (50 min) + 1 tempo de pesquisa e produção



Espaço: Sala de aula para orientação + espaços variados para produção (Biblioteca, Laboratórios, etc).



Organização: Grupos de 5–6 estudantes



Objetivo: Aprofundar e aplicar os conhecimentos construídos nas etapas anteriores por meio de produção autoral; desenvolver autonomia investigativa e habilidades de comunicação científica.

Nesta etapa, cada grupo escolhe um dos temas do Quadro de Organização Temática (Quadro 2) e produz um material de apresentação do formato de sua escolha:

Como sugestão os estudantes poderiam apresentar:

- Exposição oral, Pôster ou Cartilha educativa com a síntese do trabalho;
- Demonstração de experimento alusivo a problemática;
- Construção de maquetes ilustrativas;
- Produção audiovisual.

Quadro 2 - Organização dos temas

Tema do grupo	Pergunta norteadora	Relação com o ciclo de vida	Conteúdos
Extração e origem dos materiais	De onde vêm os metais usados nas baterias dos celulares e quais os impactos dessa extração?	Extração de matérias-primas	Reações redox na mineração, potencial padrão de eletrodo
Consumo e durabilidade das baterias	Como funcionam as baterias dos celulares e por que precisam ser trocadas?	Uso e consumo	Pilhas e baterias, eletrólise
Descarte inadequado	O que acontece se jogarmos baterias e celulares no lixo comum?	Descarte e impacto ambiental	Reações redox no meio ambiente, lixiviação
Consumo consciente e responsabilidade social	Como nossas escolhas de consumo influenciam os impactos ambientais dos eletrônicos?	Visão sistêmica da ACV e obsolescência	ACV como ferramenta de decisão, ética no consumo
Reciclagem e reutilização	Como os metais dos celulares podem ser reaproveitados?	Reciclagem e reutilização	Lixiviação e recuperação eletroquímica

Fonte: Elaborado pela Autora

Indique fontes confiáveis: IBGE, INPE, sites de universidades, artigos da Química Nova na Escola.

Fontes de pesquisa confiáveis sugeridas para os grupos

IBGE — Resíduos sólidos no Brasil: <https://www.ibge.gov.br/>

INPE — Dados ambientais: <https://www.inpe.br>

Artigos:

Funcionamento de pilhas e baterias, classificando-as em primárias ou secundárias e alertando sobre os riscos do descarte tóxico.

<https://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc11/v11a01.pdf>

Pesquisa que avaliou o desempenho ambiental da produção de smartphones no Brasil e propõe melhorias através de três cenários, concluindo que a transição para matrizes energéticas eólica e fotovoltaica representa a melhor opção para reduzir os impactos do processo produtivo.

<https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/2ec3d57f-0422-4c85-8ed9-45aad8383fd6/content#page=21.10>

Investiga o gerenciamento de resíduos eletroeletrônicos e a logística reversa, focando na conscientização e no descarte correto.

https://wiki.sj.ifsc.edu.br/images/1/1e/TCC_Aline_da_Silva_Damasio.pdf#page=14.08

Braskem, Vídeos sobre ACV: <https://www.youtube.com/watch?v=rjYqLOxsPFc>

Portal ABDI — Logística reversa de eletroeletrônicos: <https://www.abdi.com.br>

Relatórios sobre lixo eletrônico:

<https://ewastemonitor.info/the-global-e-waste-monitor-2024/>

Ministério do Meio Ambiente — PNRS: <https://www.gov.br/mma>

Etapa 5– Examinar



Duração: 1 encontro (100 min)



Espaço: Sala de aula ou auditório



Organização: Apresentações em grupo + debate coletivo



Objetivo: Avaliar a aprendizagem por meio da socialização das produções; identificar evidências de evolução conceitual e de sensibilização socioambiental

Nesta etapa, os alunos demonstram suas habilidades e o professor que já acompanhou o processo de avaliação informal durante as fases anteriores, pode coletar evidências do progresso dos alunos em relação aos objetivos educacionais (Bybee et al, 2006).

Apresentações dos Grupos

Cada grupo dispõe de 8–10 minutos para apresentar sua produção. Oriente os grupos para que não apenas exponham informações, mas respondam à pergunta norteadora do seu tema e explicitem a conexão com os conceitos eletroquímicos e com o ciclo de vida dos dispositivos. Após cada apresentação, abra brevemente para perguntas da turma.

Debate Coletivo

Após todas as apresentações, conduza um debate coletivo. Perguntas disparadoras:

- O que você pensava sobre o seu celular antes e o que pensa agora?
- Você sabe onde descartar seu dispositivo quando ele for obsoleto?
- O que o governo, as empresas e os consumidores podem fazer de diferente?
- Que ação concreta você pretende adotar a partir do que aprendeu?

Durante o debate, é provável que os estudantes manifestem tensões entre a preocupação com o destino adequado de seus dispositivos e barreiras estruturais

(custo, falta de informação, ausência de pontos de coleta). Apresente de forma acessível a PNRS (Lei nº 12.305/2010):

O que é a PNRS? (Lei nº 12.305/2010)

A Política Nacional de Resíduos Sólidos estabelece princípios, objetivos e diretrizes para a gestão ambientalmente adequada dos resíduos sólidos no Brasil.

Atribui responsabilidade compartilhada entre poder público, setor empresarial e sociedade civil.

Institui a LOGÍSTICA REVERSA: os fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes são obrigados a estruturar sistemas de retorno de produtos após o uso.

Produtos eletroeletrônicos e seus componentes têm logística reversa OBRIGATÓRIA (Decreto nº 10.240/2020).

O consumidor tem direito de devolver gratuitamente seus aparelhos usados em: assistências técnicas autorizadas, lojas varejistas que vendem eletrônicos, Pontos de Entrega Voluntária (PEVs) e eventos de coleta promovidos por fabricantes.

Fonte:

<https://www.gov.br/ibama/pt-br/assuntos/emissoes-e-residuos/residuos/politica-nacional-de-residuos-solidos-pnrs>

Questionário Final

Ao final do encontro, aplique o Questionário Final (Apêndice E). Ele replica parcialmente as questões do Questionário Inicial, permitindo comparar a evolução das concepções dos estudantes sobre consumo, descarte e composição química dos dispositivos. Os dados coletados podem ser utilizados na avaliação da aprendizagem.

5. Avaliação da Aprendizagem

Alinhado com os princípios das metodologias ativas, nesta guia a avaliação permeia todas as etapas da sequência didática de forma articulada ao processo de aprendizagem.

5.1 Princípios Avaliativos

1. Processualidade: A aprendizagem é avaliada ao longo de todo o percurso. Cada etapa do modelo 5E oferece oportunidades de observação e registro das hipóteses, dúvidas, avanços e recuos dos estudantes.
2. Diversidade de instrumentos: A proposta valoriza múltiplas formas de evidenciar a aprendizagem: registros escritos, diagramas, experimentos, apresentações orais, produções audiovisuais e debates.
3. Função formativa: Mais do que mensurar, a avaliação deve informar a ação docente, sinalizando quando é necessário retomar conceitos, ajustar estratégias ou propor novas mediações.

5.2 Instrumentos e Critérios por Etapa

Etapa	Instrumento avaliativo	O que observar
Engajar	Questionário inicial + participação na dinâmica dos post-its	• Concepções prévias sobre consumo, descarte e composição química; • engajamento nas discussões
Explorar	Diagramas de ciclo de vida (versão inicial)	• Capacidade de representar visualmente processos; • Identificação das etapas do ciclo de vida; • Reconhecimento de componentes materiais
Explicar	Resolução de exercícios de NOX + relatório do experimento de	• Aplicação correta das regras de NOX;

	oxirredução + diagramas reestruturados	• identificação de agentes oxidantes e redutores; compreensão das reações de oxirredução; • incorporação do conceito de ACV aos diagramas
Elaborar	Produção autoral do grupo	• Articulação entre conceitos eletroquímicos e impactos socioambientais; • qualidade da pesquisa; • clareza na comunicação; • criatividade
Examinar	Apresentação oral + participação no debate + Autoavaliação	• Capacidade de síntese e argumentação; • Evolução conceitual em relação ao questionário inicial; • O que aprendi sobre eletroquímica que não sabia antes? • Como minha visão sobre o consumo de dispositivos eletrônicos mudou? • Quais dificuldades enfrentei durante a sequência e como as superei? • Que ações concretas pretendo adotar a partir do que aprendi?

6. Referências

- ALEXANDRINO, D. M.; BORTOLETTO, A. Avaliação do Ciclo de Vida como Instrumento para Educação Ambiental. **Revista Brasileira de Educação Ambiental**, v. 16, n. 3, p. 45–61, 2021.
- BARRETO, B. S. J.; BATISTA, L. A.; CRUZ, F. O. Dificuldades de Aprendizagem em Eletroquímica no Ensino Médio: um mapeamento bibliográfico. **Química Nova na Escola**, v. 39, n. 2, p. 115–124, 2017.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília: MEC, 2018. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br>. Acesso em: jan. 2026.
- BRASIL. [Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010]. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, ano 147, n. 147, p. 3, 3 ago. 2010.
- BRASIL. [Decreto nº 10.240, de 12 de fevereiro de 2020]. Regulamenta o Sistema de Logística Reversa de Produtos Eletroeletrônicos. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, n. 31, p. 4, 13 fev. 2020.
- BYBEE, R. W. *et al.* **The BSCS 5E Instructional Model**: Origins and Effectiveness. Colorado Springs: BSCS, 2006.
- DEWEY, John. **Reconstrução em filosofia**. São Paulo: Ícone, 2011.
- DOVERS, S. R.; HANDMER, J.W. Uncertainty, sustainability and change. **Global Environmental Change**, v. 2, n. 4, p. 262–276, 1992. DOI: [https://doi.org/10.1016/0959-3780\(92\)90044-8](https://doi.org/10.1016/0959-3780(92)90044-8).
- FREIRE, P. **Pedagogia do Oprimido**. 50. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2011.
- JUNTUNEN, M.; AKSELA, M. Education for Sustainable Development in Chemistry — Challenges, Possibilities, and Pedagogical Models in Finland and Elsewhere. **Chemistry Education Research and Practice**, v. 15, n. 4, p. 488–500, 2013.
- LOPES, R. **O Brasil e os smartphones**: panorama do mercado em 2023. São Paulo: IDC Brasil, 2023.
- MACHADO, A. H. **Aula de Química**: discurso e conhecimento. 2. ed. Ijuí: Unijuí, 2005.
- MEIRELLES, F. S. **Pesquisa Anual — Administração e Uso de TI nas Empresas**. 32. ed. São Paulo: FGV/EAESP, 2021.
- NIAZ, M.; CHACÓN, E. An Examination of High School and University Chemistry Textbooks in Venezuela for Presenting the Concept of Oxidation-Reduction. **Journal of Chemical Education**, v. 80, n. 11, p. 1325–1329, 2003.
- PEREIRA, R. S.; CARVALHO, F. M. S. Avaliação do Ciclo de Vida aplicada ao Ensino de Química: possibilidades e limitações. **Química Nova**, v. 43, n. 4, p. 541–548, 2020.

SUCKLING, J.; LEE, J. Redefining Scope: The True Environmental Impact of Smartphones?. **International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 20, n. 10, p. 1181–1196, 2015.

VYGOTSKY, L. S. **A Formação Social da Mente**: o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores. 7. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2007.

7. Apêndices

7.1 Apêndice A — Estrutura do Questionário Inicial e Final

Questionário inicial

https://docs.google.com/document/d/13N61axKSFXdvtX7zd7aJ8QyHe70gsC_F_Y8dNmyxgSs/edit?usp=sharing

Questionário Final

https://drive.google.com/file/d/1Kn_szdZW90jjDYUBt1FWPDUlswyWLZhK/view?usp=sharing

7.2 Apêndice B — Roteiro de Slides sobre Obsolescência e seus tipos

<https://drive.google.com/file/d/1AzzJqTKrGsTTwJ2jicWfNcpzgdVwkQs5/view?usp=sharing>

7.3 Apêndice C — Cartelas do Bingo Temático

https://drive.google.com/file/d/1PWNzpH_nofIL9PYEmlv4yi1mrAtdAvbk/view?usp=sharing

7.4 Apêndice D — Texto de Apoio: Dispositivos Móveis e seus Componentes Químicos

Fonte primária para o professor adaptar:

[CRQ-V: Composição Química dos Aparelhos Celulares](#)

Texto produzido pela pesquisadora:

https://drive.google.com/file/d/1dPe981pZTNdczK8nEflJOrliwKz2O_PL/view?usp=sharing

7.4 Apêndice E — Questionário final

<https://drive.google.com/file/d/135HeWdy829u-ffIS4NkDBh811F1I1Hf7/view?usp=sharing>

