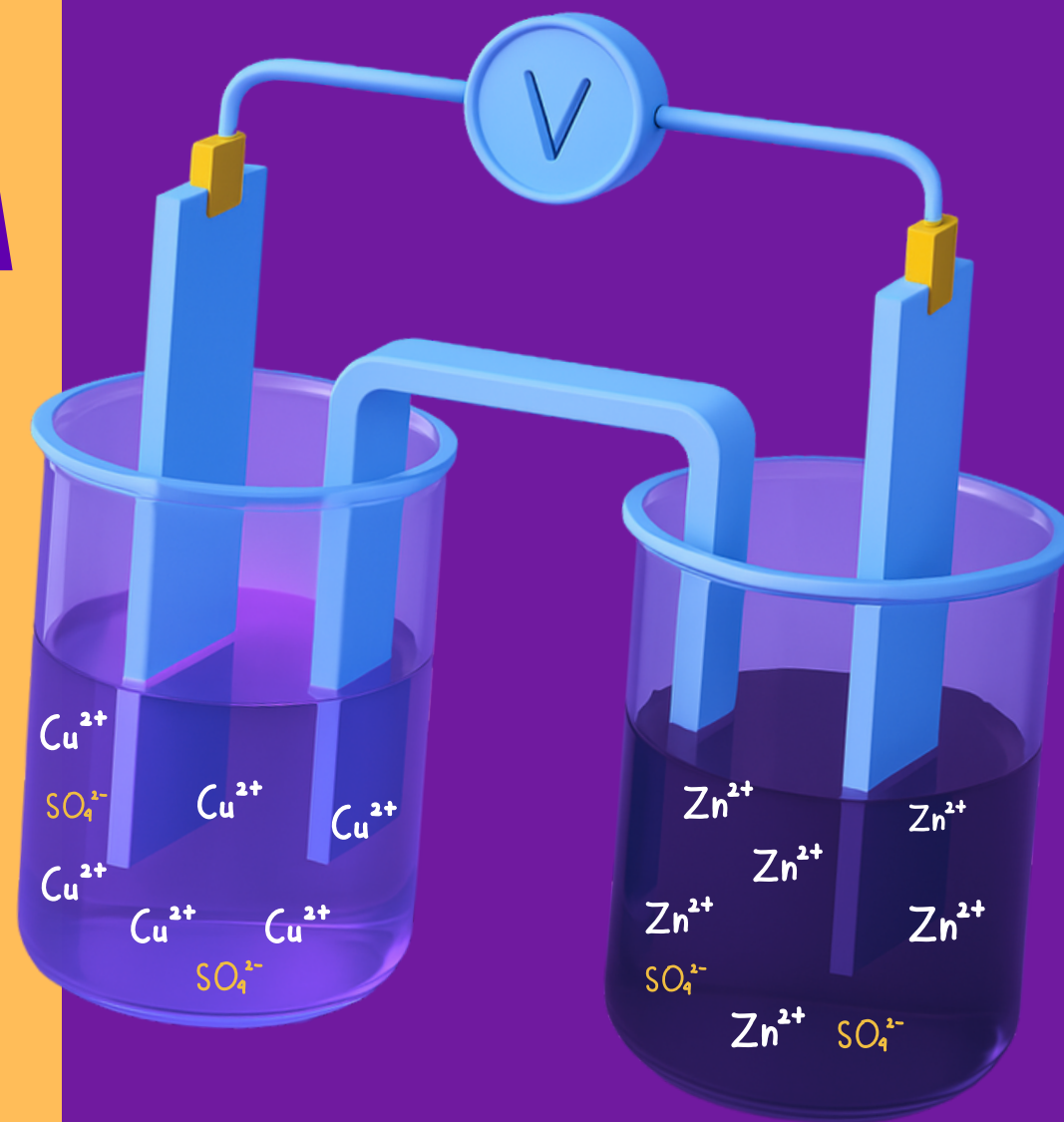


ELETROQUÍMICA NA PONTA DOS DEDOS

uma proposta de ensino inclusivo para apoiar professores no desenvolvimento de materiais didáticos para aprendizagem de alunos com deficiência visual e baixa visão

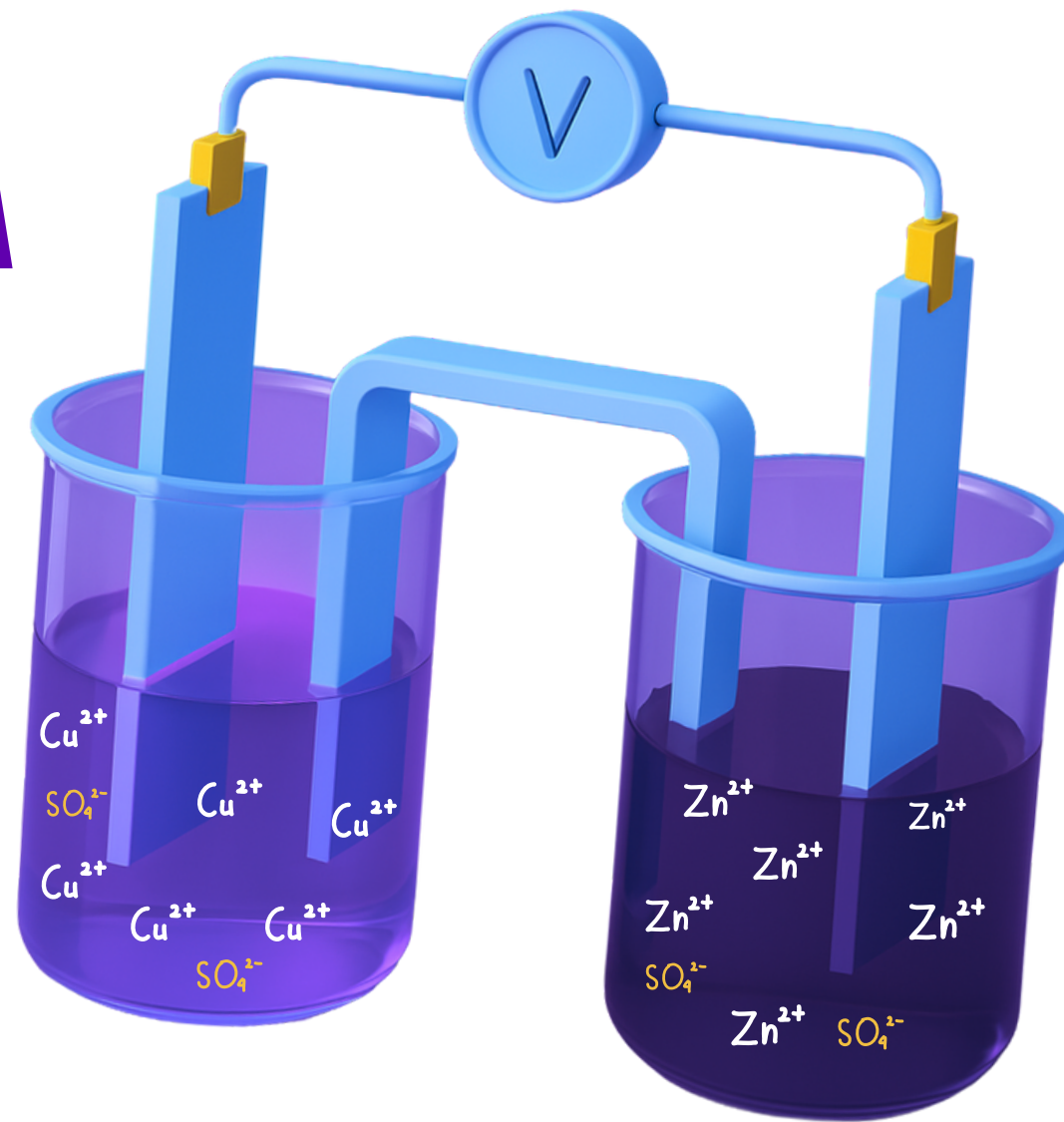
GUIA DIDÁTICO PARA PROFESSORES



Katharine Coimbra Toledo
Régia Chacon Pessoa Lima
Ivanise Maria Rizzatti

ELETROQUÍMICA NA PONTA DOS DEDOS

uma proposta de ensino inclusivo para apoiar professores no desenvolvimento de materiais didáticos para alunos com deficiência visual e baixa visão



Eletroquímica na Ponta dos Dedos:

uma proposta de ensino inclusivo para apoiar professores no desenvolvimento de materiais didáticos para alunos com deficiência visual e baixa visão

GUIA DIDÁTICO PARA PROFESSORES

Autora:

Katharine Coimbra Toledo

Co-autoria e orientação

Régia Chacon Pessoa Lima
Ivanise Maria Rizzatti

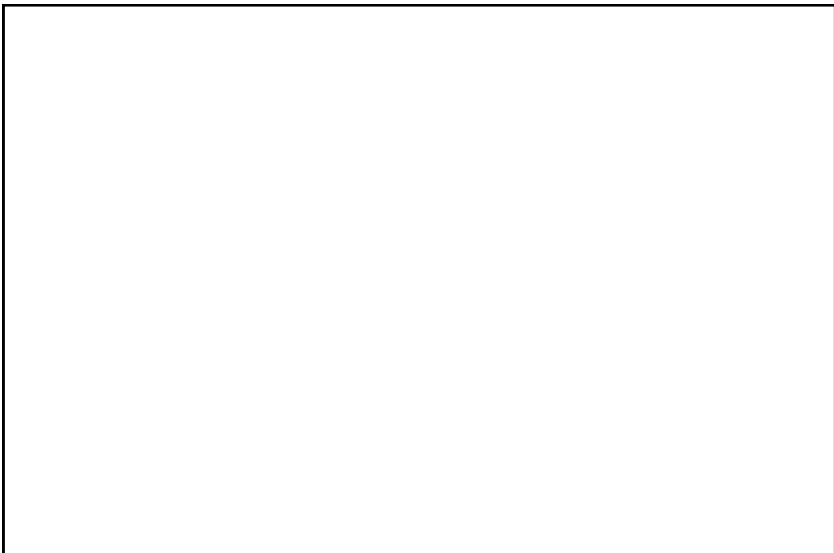
Diagramação e finalização

Katharine Coimbra Toledo

Imagens

Arquivo pessoal do autor, Freepik e ChatGpt

Ficha Catalográfica



Nível de ensino a que se destina o produto:

Ensino Médio, com possibilidade de adaptação para o Ensino Superior introdutório.

Área de conhecimento:

Ciências da Natureza, com foco em Química (Eletroquímica).

Público alvo:

Professores do ensino médio e outros educadores interessados.

Categoria deste produto:

Material didático pedagógico inclusivo.

Finalidade:

Auxiliar professores na confecção de materiais didáticos inclusivos

Disponibilidade

Irrestrita, mantendo-se o respeito a autoria do produto, não sendo permitido uso comercial por terceiros.

URL*

Produto acessível em:

https://propei.uerr.edu.br/ppgec/?page_id=536

<https://educapes.capes.gov.br/>

Idioma
Português.

Cidade
Boa Vista.

País
Brasil.

Ano 2025

***[Nota]** Este produto educacional foi construído especialmente para distribuição e uso em versão eletrônica (digital). Na versão física (impressa), caso tenha alguma dificuldade técnica no acesso ou download dos materiais, sugerimos consultar as URL informadas ou entrar em contato por meio dos endereços eletrônicos e canais listados ao final do Guia.

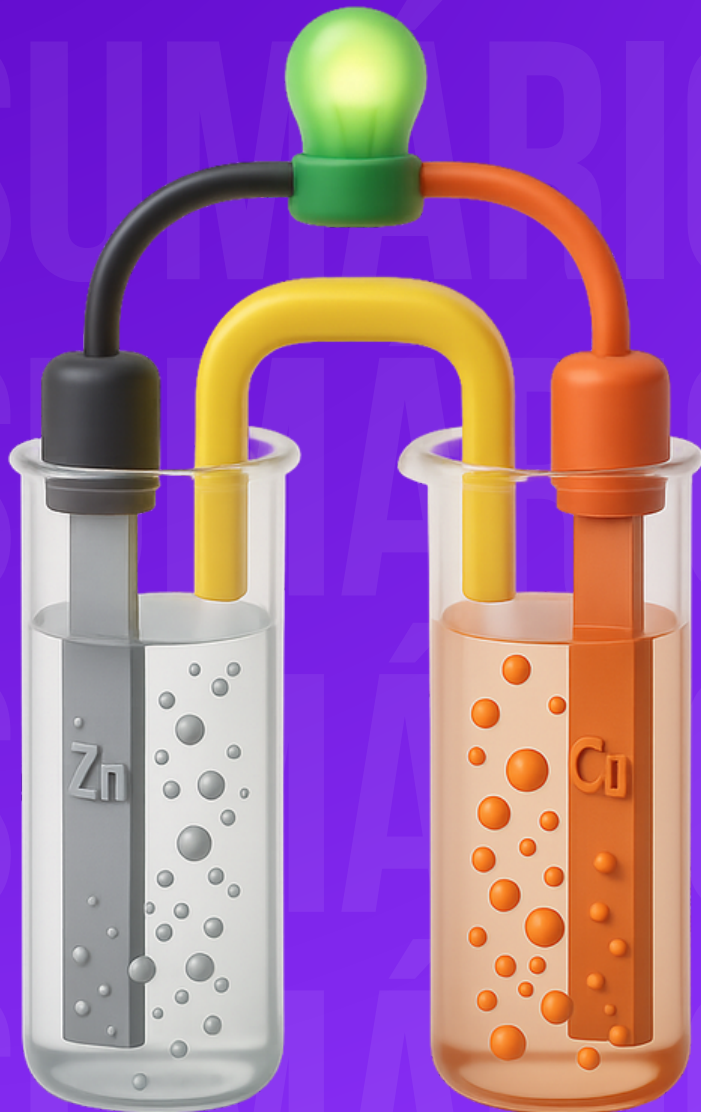


UERR
UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE RORAIMA



PPGEC UERR
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA
MESTRADO PROFISSIONAL

SUMÁRIO



06

APRESENTAÇÃO

07

AUTORES

8

UNIDADE 1: INTRODUÇÃO PE

10

UNIDADE 2: DESIGN UNIVERSAL (DU)

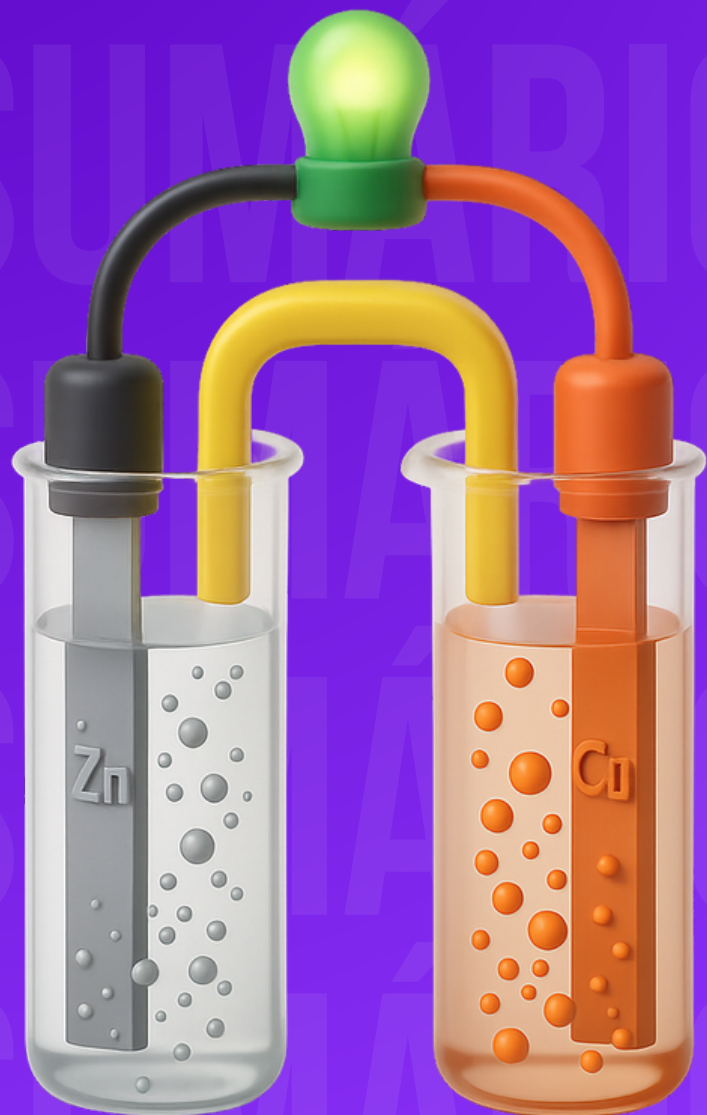
13

UNIDADE 3: IMPRESSÃO 3D

22

UNIDADE 4: BLOCOS DE ENCAIXE

SUMÁRIO



37

UNIDADE 5: PRANCHA GRAFOTÁTIL

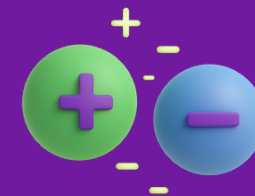
43

UNIDADE 6: PROPOSTA DE ATIVIDADE

45

BIBLIOGRAFIA

APRESENTAÇÃO



Caros professores e professoras,

É com grande alegria e respeito que apresentamos a vocês o produto educacional **"Eletroquímica na Ponta dos Dedos: guia didático inclusivo para apoiar professores no desenvolvimento de materiais didáticos para alunos com deficiência visual e baixa visão"**. Este guia foi concebido com o propósito de contribuir para uma educação mais inclusiva, oferecendo a vocês ferramentas práticas e inovadoras para tornar o ensino de eletroquímica mais acessível a todos os estudantes.

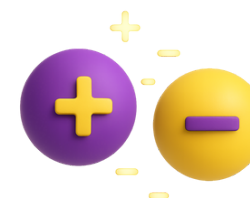
Ao explorarem este material, vocês encontrarão orientações detalhadas sobre como adaptar conceitos complexos de eletroquímica para diferentes formas de percepção, utilizando recursos táteis, visuais e interativos. O guia apresenta sugestões de materiais, desde diagramas em relevo e modelos tridimensionais prototipados em impressão 3D até dicas para criar descrições sonoras e experiências laboratoriais adaptadas.

Além disso, o guia oferece estratégias pedagógicas baseadas em práticas inclusivas, como a promoção de atividades colaborativas, que estimulam o protagonismo e a autonomia dos estudantes com deficiência visual e baixa visão. Incluímos também estudos de caso, experiências de sala de aula e depoimentos de professores que já implementaram essas abordagens, inspirando a aplicação prática.

Nossa intenção é que este guia seja não apenas uma fonte de suporte técnico, mas também um lembrete do impacto transformador que cada um de vocês pode ter na vida de seus alunos. Vocês têm em mãos um recurso que, acreditamos, fortalecerá o compromisso com a diversidade e a inclusão na educação.

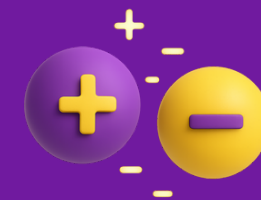
Agradecemos por serem agentes de mudança, por acreditarem na potência de cada aluno e por fazerem da ciência um campo acessível e acolhedor para todos. Que este guia seja um aliado no incrível trabalho que vocês desempenham diariamente.

**Com admiração,
Katharine Coimbra, Régia Chacon e Ivanise Rizzatti**



Leia o nosso trabalho de dissertação, em versão completa, disponível no link: https://propei.uerr.edu.br/ppgec/?page_id=484

OS AUTORES



KATHARINE COIMBRA TOLEDO

Licenciada em Química pela Universidade Estadual de Roraima (UERR). Mestre em Ensino de Ciências e Matemática (PPGEC/UERR)

<http://lattes.cnpq.br/7942397470103376>

E-mail: katharinetoledo12@gmail.com



PROFA. DSC. RÉGIA CHACON PESSOA DE LIMA

Doutora em Química pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN). Professora de Graduação e do Curso de Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática da UERR.

<http://lattes.cnpq.br/4364242357184993>

E-mail: regiachacon@uerr.edu.br



PROFA. DSC. IVANISE MARIA RIZZATTI

Doutora em Química pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Professora de Graduação e do Curso de Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática da UERR, Líder do Grupo de Estudo e Pesquisa sobre a Divulgação Científica e seus processos em Espaços formais e não formais de Ensino.

<http://lattes.cnpq.br/1890754707891189>

E-mail: niserizzatti@gmail.com



Conheça mais
sobre o **PPGEC**



1

UNIDAD E

INTRODUÇÃO

A busca por uma educação de qualidade, equitativa e inclusiva tem mobilizado esforços em diferentes esferas da sociedade e, em especial, no contexto escolar. A efetivação do direito à aprendizagem de todos os estudantes, previsto em marcos legais como a Lei Brasileira de Inclusão (Lei nº 13.146/2015), demanda o desenvolvimento de práticas pedagógicas que respeitem e considerem as especificidades dos sujeitos, particularmente aqueles com deficiência. No caso dos estudantes com deficiência visual, o acesso ao conhecimento científico, sobretudo em áreas como a Química, apresenta desafios significativos que requerem ações intencionais e fundamentadas.

A Química, por envolver uma forte dimensão visual e simbólica, frequentemente utiliza representações gráficas, diagramas, estruturas moleculares e experimentações que, sem adaptação, tornam-se inacessíveis a estudantes com deficiência visual (Jonhstone, 1993). Essa lacuna evidencia a necessidade de produzir recursos didáticos que promovam uma aprendizagem significativa, considerando a percepção tátil como via principal de acesso ao conteúdo por esses estudantes. Tal necessidade converge com os princípios do desenho universal e da educação inclusiva, que propõem estratégias que ampliem a acessibilidade sem comprometer a complexidade do conteúdo.

Diante dessa lacuna, o presente guia didático, intitulado **“Eletroquímica na Ponta dos Dedos: guia didático inclusivo para apoiar professores no desenvolvimento de materiais didáticos para alunos com deficiência visual e baixa visão”**, foi desenvolvido como produto educacional do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática. Seu objetivo é apoiar professores na construção de recursos acessíveis, com base em princípios do design universal, promovendo um ensino de Química mais equitativo e inclusivo.

O guia apresenta fundamentações teóricas sobre ensino inclusivo, orientações práticas para a produção de blocos de encaixe táteis com o uso de softwares de modelagem digital (como o Autodesk Tinkercad) e impressão 3D e uma Prancha Grafotátil, além de sugestões pedagógicas adaptadas ao ensino de eletroquímica. A proposta busca contribuir com a formação docente, estimulando práticas inovadoras, acessíveis e replicáveis, que favoreçam a participação ativa de estudantes com deficiência visual nos processos de aprendizagem.

2

UNIDADE

O QUE É DESIGN UNIVERSAL (DU) ?

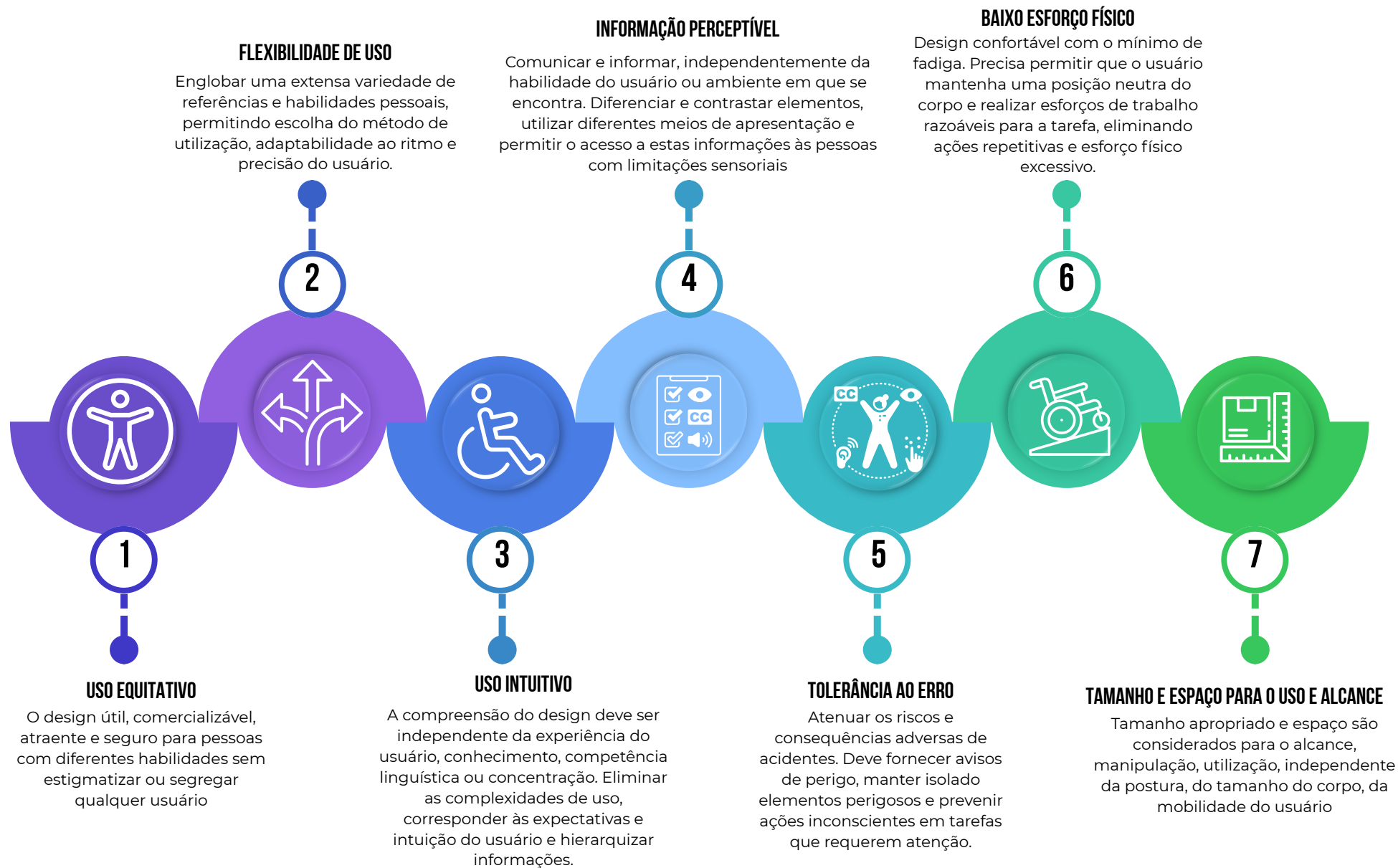
O conceito de Design Universal (DU) surgiu no período pós-guerra, motivado pela necessidade de criar ambientes e produtos acessíveis para uma população diversificada, incluindo veteranos com deficiência. Essa abordagem busca garantir que produtos e espaços sejam projetados para atender a um público amplo, independentemente de suas condições físicas, sensoriais ou cognitivas (Góes e Costa, 2022). No contexto educacional, o DU tem se mostrado essencial para o desenvolvimento de materiais didáticos inclusivos, permitindo que estudantes com diferentes necessidades tenham acesso igualitário ao conhecimento.

Ao aplicar os princípios do DU na produção de materiais didáticos, é possível criar recursos que se adaptam às especificidades dos estudantes, garantindo uma experiência educacional mais equitativa. Wanderley e Rosa (2023) destacam que o DU possibilita a elaboração de materiais que consideram desde a acessibilidade física até a usabilidade de diferentes formatos de conteúdo, como textos ampliados, recursos auditivos e materiais táteis. Dessa forma, a inclusão de estudantes com deficiência visual, auditiva ou dificuldades de aprendizagem torna-se mais eficaz, promovendo a equidade no processo educativo.

O Design Universal também se alinha aos sete princípios definidos por Ron Mace em 1987, que visam garantir o uso equitativo, flexibilidade, simplicidade, percepção intuitiva, tolerância ao erro, esforço físico mínimo e dimensões apropriadas para uso universal (Carletto e Cambiaghi, s.d.).

A implementação desses princípios na produção de materiais didáticos não beneficia apenas estudantes com deficiência, mas todos os alunos, ao oferecer recursos mais acessíveis e dinâmicos. Assim, o DU não apenas democratiza o acesso ao ensino, mas também promove uma educação mais inclusiva e de qualidade.

PRÍNCÍPIOS DO DESIGN UNIVERSAL (DU)



FONTE: (CARLETTO E CAMBIAGHI, 2022)

3

UNIDADE

IMPRESSÃO 3D

A tecnologia de impressão 3D revolucionou a fabricação de objetos ao permitir o uso de uma ampla variedade de materiais, como plásticos, cerâmicas, resinas e até mesmo alimentos em modelos mais avançados. No entanto, os materiais mais utilizados na produção de peças funcionais são o PLA (Poliácido Láctico) e o ABS (Acrilonitrila Butadieno Estireno), devido às suas propriedades mecânicas e facilidade de uso.

Embora tenha surgido inicialmente como uma ferramenta industrial, a impressão 3D expandiu-se para diversas áreas, como a saúde, onde foi amplamente utilizada na produção de protetores faciais durante a pandemia (Bertoncini Andrade, 2020). Na construção civil, essa tecnologia já é aplicada na edificação de estruturas (Florêncio *et al*, 2017), além de outras áreas emergentes.

Embora tenha surgido inicialmente como uma ferramenta industrial, a impressão 3D expandiu-se para diversas áreas, como a saúde, onde foi amplamente utilizada na produção de protetores faciais durante a pandemia (Bertoncini Andrade, 2020). Na construção civil, essa tecnologia já é aplicada na edificação de estruturas (Florêncio *et al*, 2017), além de outras áreas emergentes.

No contexto educacional, seu crescimento tem sido notável, oferecendo novas possibilidades de ensino e aprendizado. Rocha (2018) destaca que a impressão 3D não apenas facilita a criação de objetos físicos, mas também promove a resolução de problemas, estimula o pensamento criativo e incentiva o aprendizado.

A integração dessa tecnologia na educação permite que os estudantes desenvolvam o pensamento "maker", explorando conceitos por meio da construção e manipulação de materiais (Santos e Andrade, 2020). Segundo Blikstein (2013), a fabricação digital representa um novo capítulo na educação, fornecendo ferramentas poderosas para a criatividade e expressão. À medida que a impressão 3D se torna mais acessível, suas aplicações tendem a se expandir ainda mais, impactando positivamente diversos setores e transformando a forma como interagimos com a tecnologia e a inovação.

“A **impressão 3D** permite a criação de uma ampla variedade de **materiais didáticos**, incluindo aquelas que não são facilmente representadas por kits comerciais tradicionais. Isso inclui a possibilidade de criar modelos de átomos inclusivos para estudantes com **deficiência visual**, podendo integrar recursos, como, por exemplo, a inscrições em Braille, e consequentemente promover a inclusão e a acessibilidade no **ensino de Química**. (Lima et al., 2022)”



IMPRESSÃO 3D: CRIAÇÃO

A criação de modelos para impressão 3D pode ser realizada de duas formas principais: utilizando **bases de dados de arquivos em STL**, disponíveis para download gratuitos, ou desenvolvendo estruturas personalizadas por meio de softwares de desenho assistido por computador.

Após a criação dos projetos, seja por meio de um banco de dados ou de um software CAD, os arquivos devem ser salvos no formato *STereoLithography (.stl)*.

Em seguida, esses arquivos são exportados para um software de fatiamento, responsável por converter os modelos tridimensionais para a extensão **G-Code (.gcode)**. Esse processo permite que a impressora 3D reproduza o objeto camada por camada, garantindo precisão e riqueza de detalhes na fabricação.



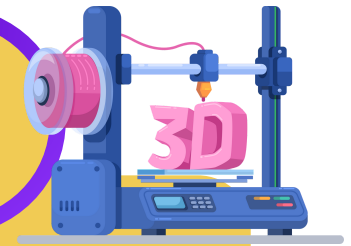
1

O primeiro passo é elaborar um esboço do seu material, seguido pela criação do modelo do objeto no computador utilizando um software de modelagem 3D, como Tinkercad, Fusion 360 ou Blender.

2

Depois que o modelo está pronto, ele é enviado para um programa chamado fatiador (como o Ultimaker Cura). O fatiador divide o modelo em várias camadas finas e gera um arquivo que a impressora entende.

3



Por fim, o arquivo é enviado para a impressora 3D. Ela aquece o filamento plástico e começa a construir o objeto camada por camada, até formar o modelo completo.



IMPRESSÃO 3D: SOFTWARE DE DESIGN 3D

Nome do software	Disponibilidade	Dificuldade de aprendizagem
Autodesk Fusion 360	Pago (oferece licença acadêmica gratuita)	Médio
Autodesk Inventor	Pago (oferece licença acadêmica gratuita)	Médio
SolidWorks	Pago (oferece licença acadêmica paga)	Médio
FreeCAD	Sem custo	Médio
OpenSCAD	Sem custo	Difícil
TinkerCAD	Sem custo	Fácil
Blender3D	Sem custo	Médio

IMPRESSÃO 3D: PARAMETROS

Após a modelagem, os parâmetros de impressão devem ser ajustados no **software de fatiamento**. Ao final desta seção, serão apresentados alguns programas gratuitos de fatiamento que oferecem uma variedade de configurações essenciais para obter bons resultados na impressão 3D.

Embora esses programas possibilitem diversas personalizações, aqui serão descritos apenas os principais parâmetros utilizados na impressão das peças. Além disso, os parâmetros apresentados aqui podem ser utilizados em todos os softwares.

A qualidade e a eficiência da impressão 3D dependem diretamente da configuração correta dos parâmetros de fatiamento. Esses parâmetros influenciam a precisão, resistência e acabamento final da peça.

A seguir, destacamos os principais ajustes que devem ser considerados para otimizar o processo de impressão.



IMPRESSÃO 3D: PARAMETROS



ALTURA DA CAMADA:

A altura da camada define a espessura de cada nível de material depositado na impressão. Camadas mais finas (0,1 mm a 0,2 mm) proporcionam maior detalhamento, mas aumentam o tempo de impressão. Já camadas mais grossas (0,3 mm ou mais) agilizam o processo, porém com menor resolução.



TEMPERATURA DO BICO E DA MESA AQUECIDA:

A temperatura do bico extrusor varia conforme o material utilizado. O PLA, por exemplo, imprime bem entre 180°C e 220°C*, enquanto o ABS exige temperaturas mais altas, entre 230°C e 250°C. A mesa aquecida, quando disponível, ajuda a evitar o empenamento da peça, sendo recomendada para materiais como ABS e PETG.

*Nota

Acesse o vídeo na página 20 para aprender a fazer calibração da temperatura do seu material.



VELOCIDADE DE IMPRESSÃO:

A velocidade influencia o tempo de impressão e a qualidade da peça. Impressões mais rápidas podem gerar falhas na deposição do material, enquanto velocidades mais baixas melhoram a precisão e a adesão entre camadas. Para PLA, recomenda-se velocidades entre **40 e 60 mm/s**.



PREENCHIMENTO (INFILL):

O preenchimento determina a densidade interna da peça. Valores entre 10% e 20% são adequados para objetos decorativos, enquanto peças estruturais podem necessitar de 50% ou mais. Além disso, o padrão do preenchimento (reticulado, hexagonal, etc.) pode impactar a resistência e o consumo de material.

IMPRESSÃO 3D: PARÂMETROS



SUORTES E ADERÊNCIA À MESA:

Para peças com saliências ou geometrias complexas, o uso de suportes é essencial para evitar falhas na impressão. Além disso, configurações como raft, brim ou skirt melhoram a adesão da peça à mesa de impressão, reduzindo riscos de descolamento.



MANUTENÇÃO E CALIBRAÇÃO:

A manutenção regular da impressora evita falhas e garante maior precisão. Ajustes como nivelamento da mesa, limpeza do bico extrusor e lubrificação de eixos são essenciais para o bom funcionamento do equipamento.



RETRACT (RETRAÇÃO):

A retração evita o excesso de filamento extrudado ao mover o bico de um ponto a outro, prevenindo falhas como fios soltos (stringing). O ajuste correto desse parâmetro reduz imperfeições sem comprometer a fluidez da impressão.

RECOMENDAÇÕES DE LEITURA E VÍDEOS

Para leitura sobre a Impressora 3D, recomendamos os seguintes autores:

LIMA, A.M.Q. da S. et al (orgs). Inovação na educação: aplicação da impressão 3D na química orgânica.). Belém: EDUEPA, 2024. 64 p.: il. [\[Clique aqui\]](#)

PORTELA, S. 10 parâmetros de impressão para otimizar sua peça! [\[Clique aqui\]](#)

PAMIDI, A. S.; SPANO, M. B.; WEISS, G. A. A Practical Guide to 3D Printing for Chemistry and Biology Laboratories. Current Protocols, v. 4, n. 10, 1 out. 2024.

Deixamos aqui as nossas recomendações de software fatiadores para utilizar nas impressões:



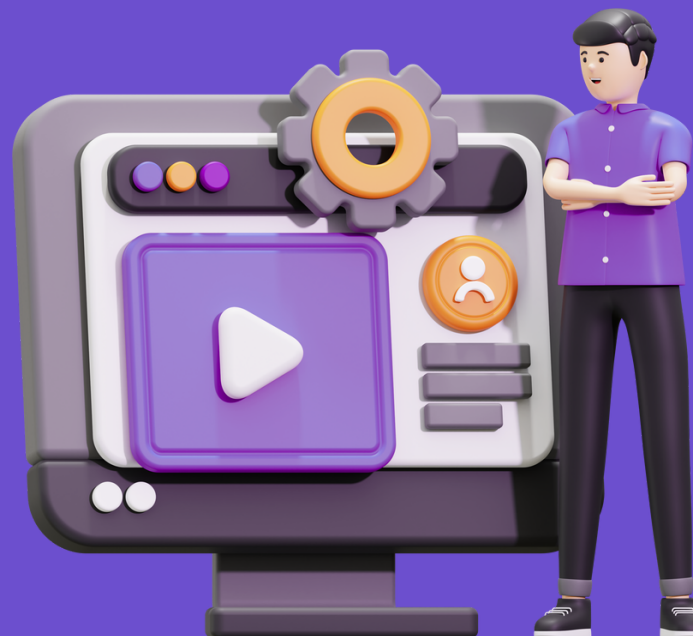
Software da *Ultimaker Cura* [\[Clique aqui\]](#)



Software da *PrusaSlicer* [\[Clique aqui\]](#)



Software da *BambuLab* [\[Clique aqui\]](#)



[\[Clique aqui\]](#)

Calibração do material



[\[Clique aqui\]](#) para acessar ao curso de impressão 3D



[\[Clique aqui\]](#) Para conhecer os bancos de dados de arquivos em STL gratuitos.

4 UNIDADE

BLOCOS DE ENCAIXE PARA REAÇÕES QUÍMICAS

DESCRIÇÃO

Os Blocos de Encaixe é recurso didático acessível desenvolvido para apoiar o ensino de reações químicas por meio da manipulação de blocos que representam reagentes, produtos e tipos de reações. Os blocos se encaixam fisicamente, facilitando a compreensão de transformações químicas de forma visual e tátil, promovendo a aprendizagem ativa e inclusiva.

TÓPICOS DE CONTEÚDO

- Reações de oxirredução (redox)
- Potencial de eletrodo e série eletroquímica
- Montagem de pilhas eletroquímicas
- Transferência de elétrons
- Aplicações da eletroquímica

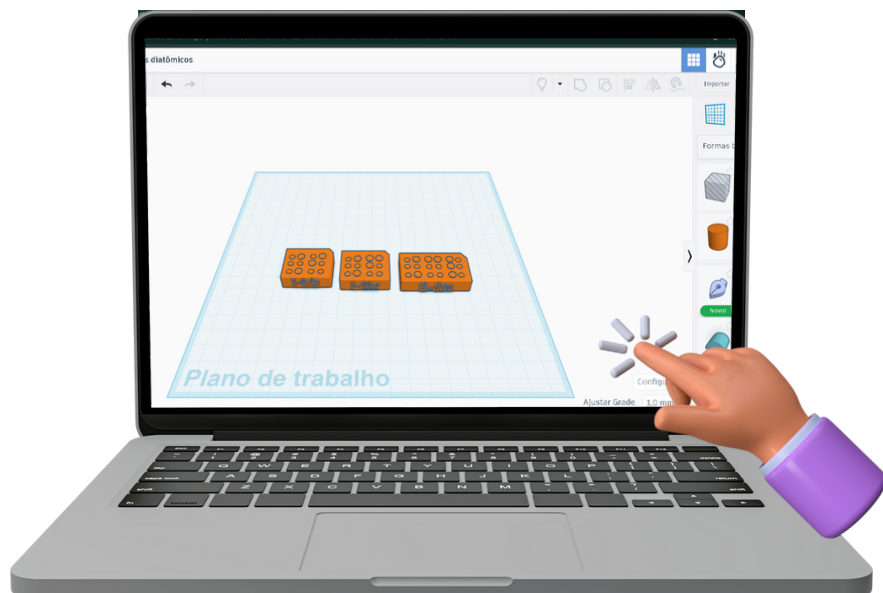
OBJETIVOS DE APRENDIZAGEM:

- Compreender o processo de oxirredução por meio da identificação de espécies que ganham ou perdem elétrons nas reações químicas.
- Relacionar o comportamento dos metais com seus potenciais padrão de redução, entendendo por que ocorrem determinadas reações eletroquímicas.
- Representar alguns cátions e ânions.
- Ler formulas químicas em Braille
- Interpretar a reação global da pilha, identificando os pares redox envolvidos.
- Utilizar recursos táteis para representar reações químicas, desenvolvendo habilidades de observação, abstração e raciocínio lógico.

BLOCOS DE ENCAIXE PARA REAÇÕES QUÍMICAS

ELEMENTOS DE ACESSIBILIDADE

- Grafia Química Braille
 - Inscrições em relevo para leitura tátil
 - Inscrições em cada peça para o reconhecimento por pessoas videntes que não conhecem a Grafia Química Braille
 - Possibilidade de manipulação das peças com uma plataforma de encaixe e fixação das peças
 - Presença de marcadores de posição de leitura em cada peça para auxiliar o reconhecimento e a leitura por pessoas cegas
- Emprego do “braille negro” em todas as peças para auxiliar a leitura visual de pessoas videntes que não dominam o Sistema Braille
 - Emprego de cores para as peças dos elementos químicos para auxiliar o reconhecimento dos elementos químicos por pessoas videntes que ainda não dominam o Sistema Braille
 - Emprego de cores contrastantes para auxiliar o reconhecimento das peças por pessoas com baixa visão



[\[Clique aqui\]](#) para acessar os arquivos em STL.

RECOMENDAÇÕES DE LEITURA E VÍDEOS

Professores, aconselhamos a leitura dos documentos e artigos antes da modelagem elaboração dos materiais didáticos, são eles:

Normas técnicas para inscrições em braille incluem a NBR 9050, da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

Esta norma estabelece os critérios para o diâmetro, altura e distância entre os pontos em braille, além de fornecer diretrizes sobre o contraste de cores, visando atender às necessidades de pessoas com baixa visão.

A Grafia Química Braille para uso no Brasil é um documento que facilita a representação de substâncias e equações, proporcionando acesso ao conhecimento químico para alunos que utilizam o sistema Braille. Além de representar símbolos, fórmulas e equações, essa grafia também permite a representação de estruturas moleculares, enriquecendo o entendimento e a aprendizagem na área da Química.



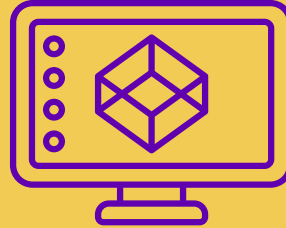
**Acesse a NBR
9050**



**Grafia Química
Braille**

PRODUÇÃO DOS BLOCOS DE ENCAIXE

Antes de iniciarmos a elaboração de um material didático e especificamente, um material para alunos com deficiência é necessário que se crie de um planejamento prévio:

- 1** **DEFINIÇÃO DOS SEUS OBJETIVO, PÚBLICO-ALVO, CONTEÚDOS E CONCEITOS, REVISÃO BIBLIOGRÁFICA E ESTRATÉGIA DE ENSINO** 
- 2** **DEFINIÇÃO DE UM SOFTWARE DE MODELAGEM; CRIAÇÃO DE PARAMETROS DE IMPRESSÃO E TAMANHOS** 
- 3** **TESTE INICIAL: VERIFICAÇÃO DOS TAMANHOS DOS MATERIAIS; TAMANHO DA CELA BRAILLE DE ACORDO COM A ABNT** 

ESCOLHA DO SOFTWARE

A modelagem das peças foi realizada via prototipagem digital, por meio de um software gratuito, **Autodesk Tinkercad**, a escolha por esse por software é devido a ele ser uma ferramenta de fácil acesso e intuitivo, o software também possibilita que os estudantes e professores explorem e criem projetos em 3D, eletrônica e codificação (Modini *et al.* 2023; Oliveira *et al.*, 2022).

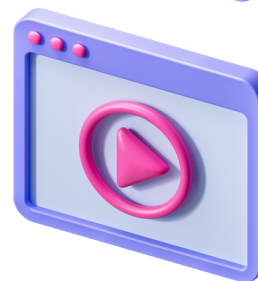
- ✓ Interface intuitiva e simples;
- ✓ Exportação direta dos modelos em formatos compatíveis com impressoras 3D, como **STL** e **OBJ***;
- ✓ Permite realizar aplicações no meio educacional

*Nota:

Após todo o processo de modelagem, é necessário salvar o modelo em em arquivo do tipo **Standart Triangle Language** (STL), que é compatível com a tecnologia de impressão 3D



[\[Clique aqui\]](#) para acessar ao vídeo de modelagem no Tinkercad ou acesso pelo QR Code



[\[Clique aqui\]](#) para acessar ao vídeo de como construir um bloco de encaixe no Tinkercad

A seguir, apreentamos a estrutura dos blocos de encaixe e as dimensões. Demonstramos duas possibilidades de blocos para alunos com cegueira e baixa visão.

DIMENSÕES E FORMATOS

Durante a criação e prototipagem do recurso, foram estabelecidas diretrizes específicas para o design de cada peça adaptados de **Farias (2024)**, a saber:

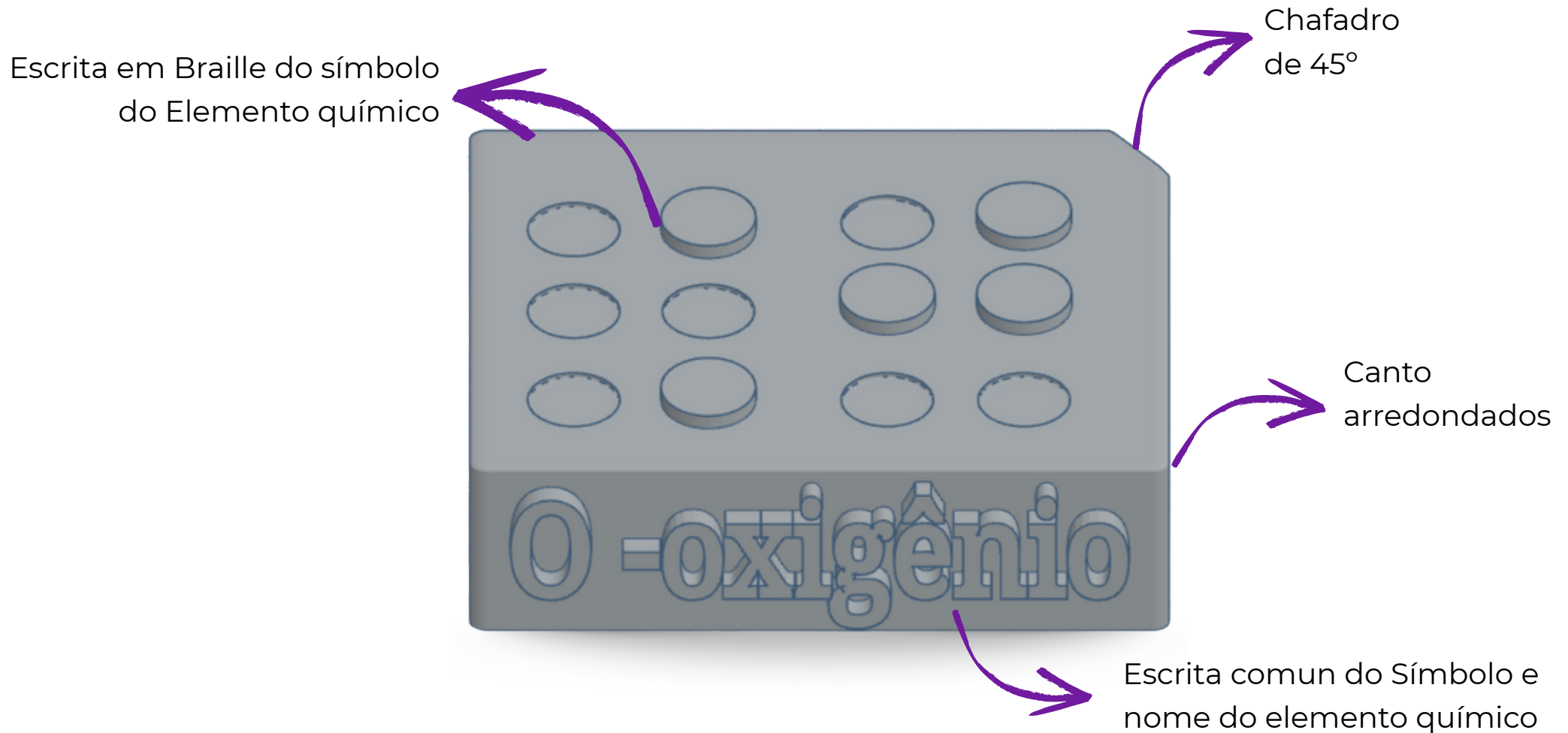
- ✓ Sinais químicos em Braille, incluindo símbolos de elementos, cargas elétricas, setas, e outras inscrições químicas que seriam utilizados para as reações químicas, para isso consultamos o documento Braille Químico;
- ✓ Tamanho padronizado em :
x: 30mm y: 30mm z: 15mm
***o tamanho do eixo x pode ser alterado com a quantidade de cela**
- ✓ Um corte diagonal no canto superior direito para auxiliar na orientação da leitura por estudantes com deficiência visual e
- ✓ Coloração baseada nas convenções utilizadas em uma tabela periódica e o constraste das cores foi feito com base no site Free Color Contrast.



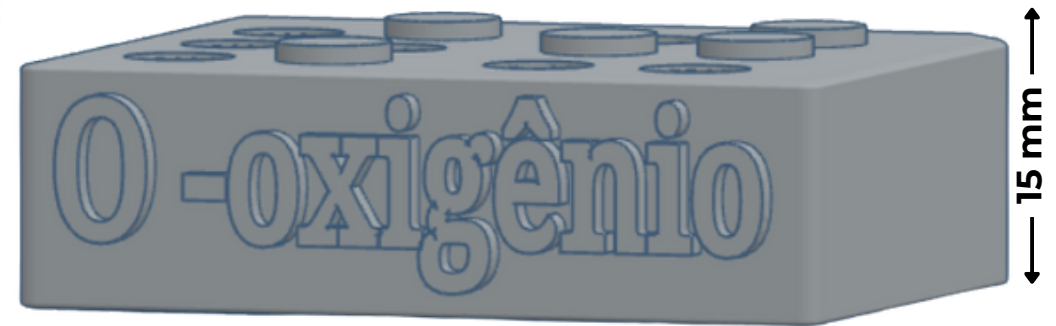
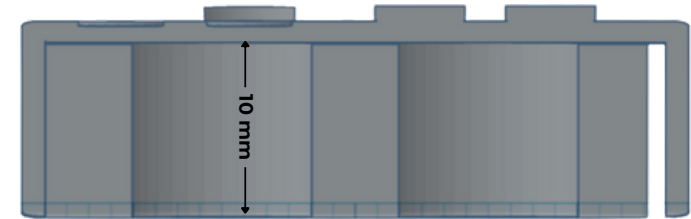
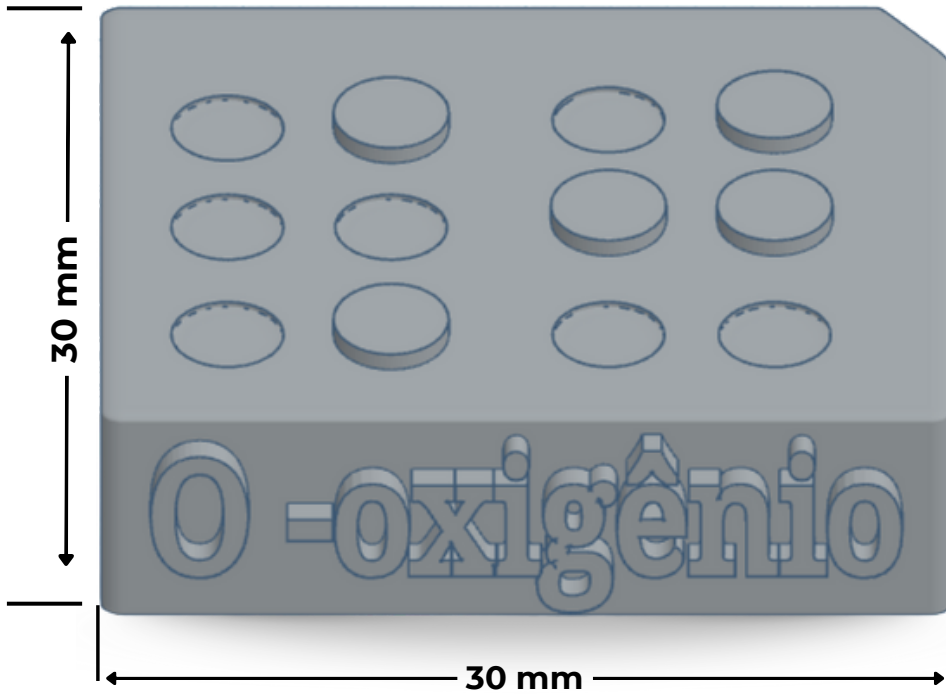
Nota:

Os tamanhos e espessuras podem ser modificados de acordo com a necessidade do estudante.

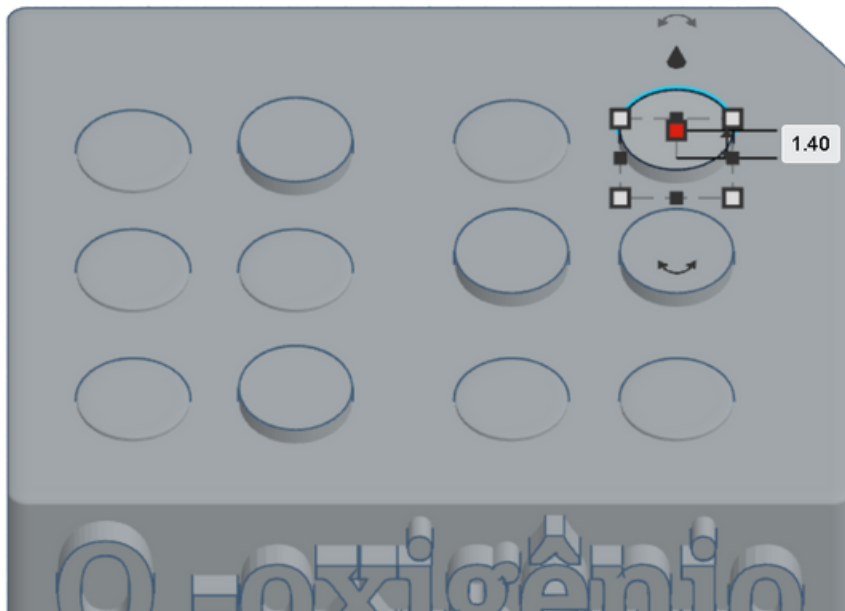
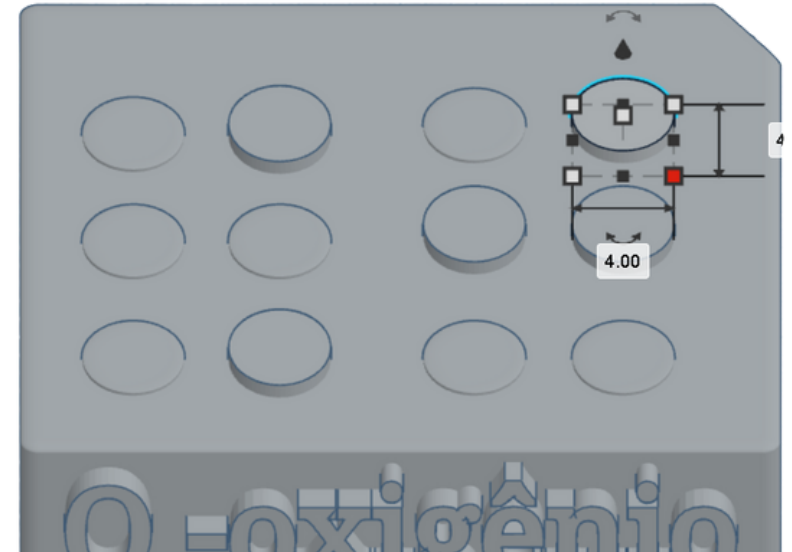
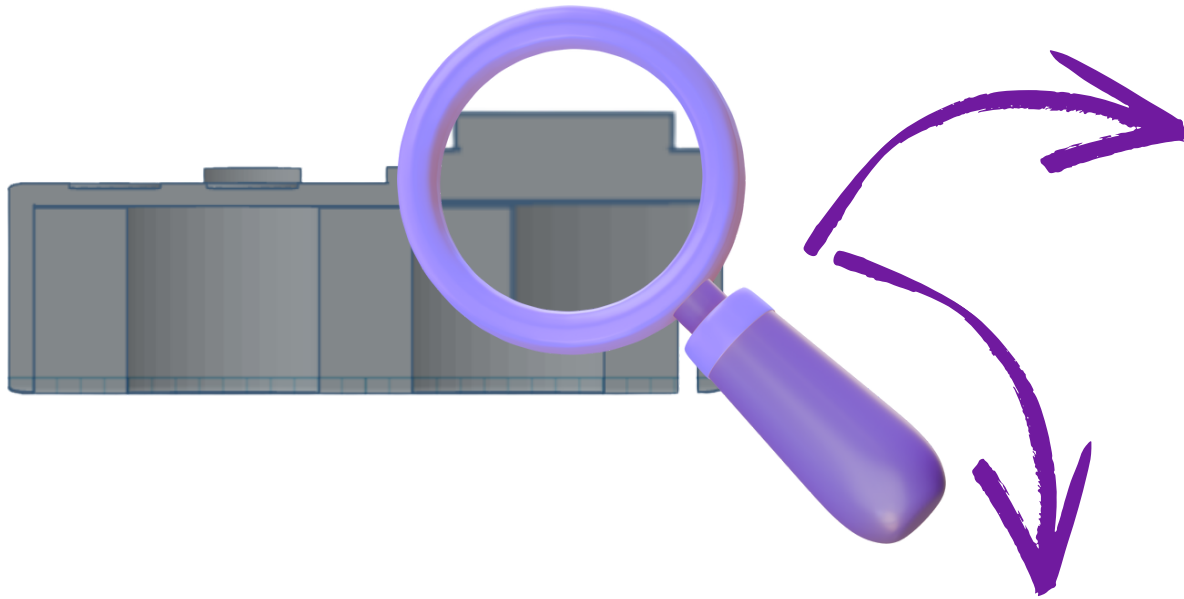
PROJETO E DESIGN: CONSTRUÇÃO DOS BLOCOS



PROJETO E DESIGN: CONSTRUÇÃO DOS BLOCOS



PROJETO E DESIGN: CONSTRUÇÃO DOS BLOCOS



PROJETO E DESIGN: CONSTRUÇÃO DOS BLOCOS



PROJETO E DESIGN: IMPRESSÃO 3D

Quadro : Parâmetros definidos para impressão 3D das peças do recurso didático

PARÂMETROS	VALORES
Espessura da camada (Layer Height)	0,2 mm
Largura de extrusão	0,4 mm
Número de paredes	3
Tipo de preenchimento	Grade
Densidade do preenchimento	15%
Camadas superiores/inferiores	5

PARÂMETROS	VALORES
Espessura Camadas superiores/inferiores	1 mm
Velocidade de impressão	50 mm/s
Retração	40 mm/s

Fonte: Autoras, 2025

PROJETO E DESIGN: CORES

Para garantir a acessibilidade de materiais voltados a estudantes com baixa visão, selecionamos cores a partir de uma **Tabela Periódica do CRQ-SP**, conhecida por sua ampla variação de tonalidades e confiabilidade. O objetivo foi criar combinações com contraste visual eficaz, conforme orientações da **NBR 9050 (2015)**, que destaca a importância do contraste entre tons claros e escuros para facilitar a percepção de elementos visuais.

Adotamos como referência as orientações da **Web Accessibility Initiative, do World Wide Web Consortium (W3C)**, que estabelecem padrões internacionais de acessibilidade. Embora voltadas originalmente para ambientes digitais, essas diretrizes podem ser adaptadas à criação de materiais físicos e didáticos acessíveis.

O W3C recomenda, por exemplo, que a razão de contraste entre texto e fundo seja de no mínimo 4,5:1, garantindo legibilidade para textos comuns. Para títulos e cabeçalhos, a razão mínima recomendada é 3:1. Em resumo, quanto maior for essa razão, mais facilmente o conteúdo visual será percebido e compreendido.

Com base nisso, selecionamos as cores dos elementos químicos e buscamos, no site do fabricante dos filamentos, o nome exato e imagens representativas das cores dos filamentos, garantindo fidelidade ao tom real. Isso foi essencial, **pois fotos tiradas em ambientes pouco iluminados ou com câmeras de celular poderiam distorcer as cores reais.**

Recomenda-se que o contraste entre as cores utilizadas na apresentação visual de textos e imagens textuais seja, no mínimo, de 4,5:1. Para textos de maior dimensão, como títulos e cabeçalhos, é aceitável uma razão de contraste um pouco inferior, com uma proporção mínima de 3:1. Em suma, quanto maior o contraste entre as cores empregadas, mais fácil será a identificação e a compreensão dos elementos que constituem o material. (Paula e Basniak, 2024, p. 136).

A identificação precisa das cores foi feita com a ferramenta de contatogotas do site **Free Color Contrast**¹, que também oferece o cálculo automático da razão de contraste entre cores. Devido à sua interface simples e intuitiva, todo o processo foi facilitado.

A seguir, apresentamos um passo a passo visual para orientar a utilização dessa ferramenta e apoiar a construção de materiais com contraste visual adequado e acessível

PASSO A PASSO NO FREE COLOR

1

ACESSE O SITE
FREE COLOR CONTRAST



2

USE A FERRAMENTA
CONTA-GOTAS



3

ESCOLHA A COR DE FUNDO
E A COR DO TEXTO



4

VERIFIQUE O
CONTRASTE

5.2:1

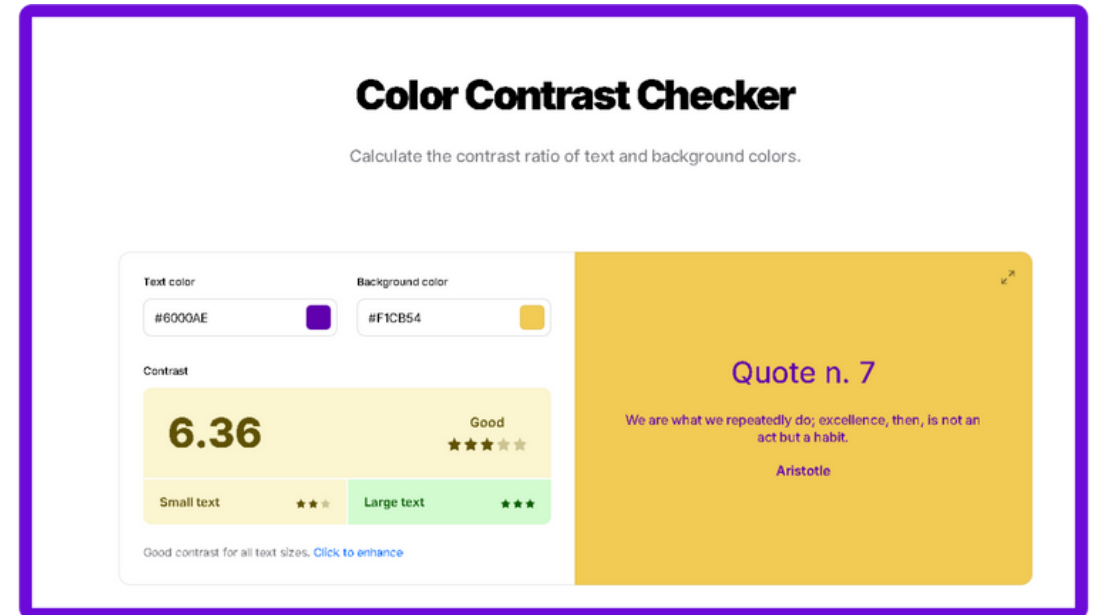
5

ANALISE O RESULTADO



*Nota:

Clique diretamente na imagem para acessar ao site ou acesse através do link: <https://coolors.co/contrast-checker>



RECOMENDAÇÕES DE LEITURA

Para leitura sobre os Blocos de Encaixe:

FERRY, Alexandre; FARIAS, Vivian Caroline. Confeção de um recurso didático para o ensino da grafia química braille a estudantes com deficiência visual. **Revista Brasileira da Educação Profissional e Tecnológica**, [S. l.], v. 1, n. 24, p. e14897, 2024. DOI: 10.15628/rbept.2024.14897

FARIAS, Vivian Caroline. **BRICKS BRAILLE QUÍMICO: IMPLICAÇÕES PEDAGÓGICAS PARA O ENSINO DE QUÍMICA A ESTUDANTES COM DEFICIÊNCIA VISUAL**. Dissertação (Mestrado) - Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Programa de Pós-graduação em Educação Tecnológica, 2023. 193f.

[\[Clique aqui\]](#) LEGO® Braille Bricks com a Fundação Dorima Nowill para cegos.





5

UNIDAD

PRANCHA GRAFOTÁTIL PARA O SISTEMA ELETROQUÍMICO

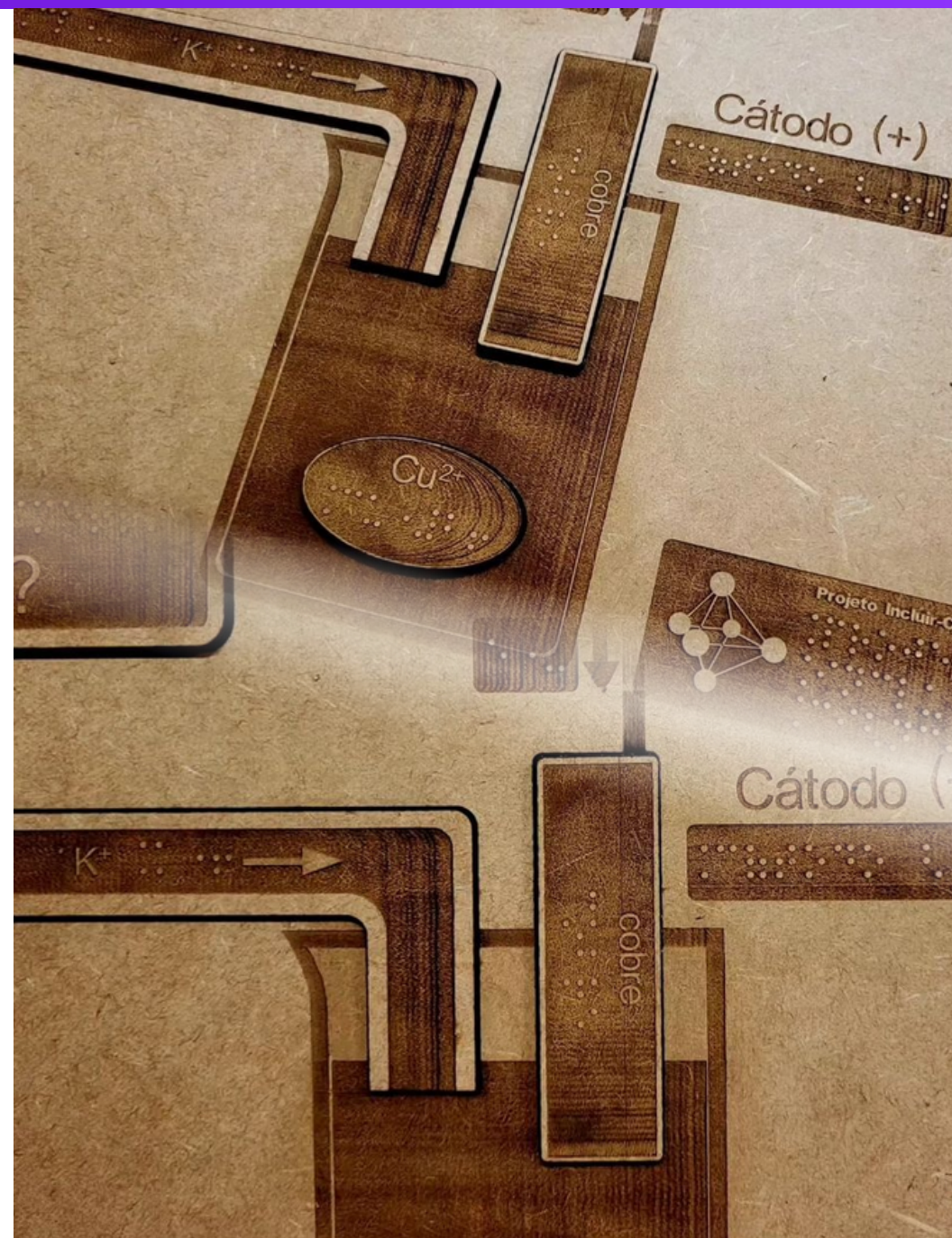
DESCRIÇÃO

A Prancha Grafotátil do Sistema Eletroquímico Visuotátil é um material pedagógico acessível, desenvolvido para apoiar o ensino de eletroquímica de forma inclusiva. Seu objetivo é possibilitar que docentes e discentes, com ou sem deficiência visual, possam montar diferentes combinações de eletrodos, compreender a espontaneidade das reações de oxirredução e calcular as respectivas diferenças de potencial.

O recurso conta com peças táteis, sobreponíveis e encaixáveis, todas acompanhadas de identificação em Braille, garantindo acessibilidade para estudantes cegos. Essa prancha visuotátil permite o manuseio por todos os alunos, promovendo o aprendizado de maneira individual ou colaborativa, por meio da interação entre representações de eletrodos e soluções.

TÓPICOS DE CONTEÚDO

- Reações de oxirredução
- Potencial padrão de eletrodo
- Pilhas eletroquímicas
- Série eletroquímica dos metais
- Diferença de potencial elétrico (ΔE°)
- Espontaneidade das reações
- Representação de eletrodos e soluções
- Montagem de células galvânicas



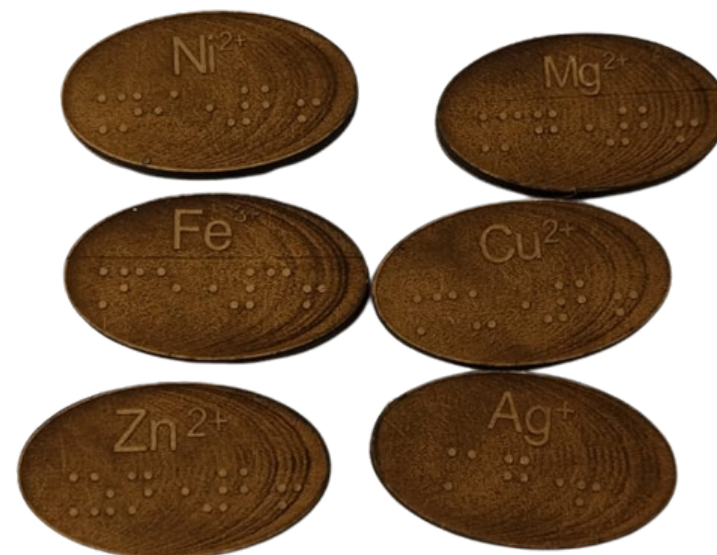
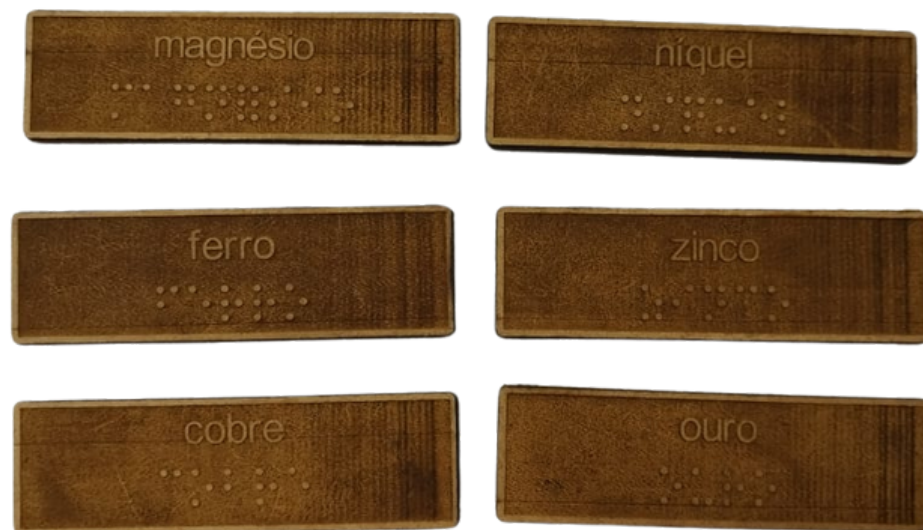
PRANCHA GRAFOTÁTIL PARA O SISTEMA ELETROQUÍMICO

OBJETIVOS DE APRENDIZAGEM

- Compreender os princípios das reações de oxirredução por meio da manipulação tátil de eletrodos e soluções.
- Identificar pares de eletrodos que formam pilhas espontâneas com base na diferença de potencial.
- Calcular a força eletromotriz (ΔE°) a partir dos potenciais padrão dos eletrodos.
- Desenvolver habilidades colaborativas na montagem de diferentes combinações de pilhas eletroquímicas.
- Relacionar a posição dos elementos na série eletroquímica com sua tendência de sofrer oxidação ou redução.

ELEMENTOS DE ACESSIBILIDADE

- Peças táteis com identificação em Braille
- Elementos com texturas e formatos diferenciados para fácil reconhecimento tátil
- Contrastes visuais adequados para pessoas com baixa visão
- Possibilidade de uso individual ou em grupo, promovendo inclusão no processo de aprendizagem



PRANCHA GRAFOTÁTIL PARA O SISTEMA ELETROQUÍMICO

PRODUÇÃO DA PRANCHA:

1

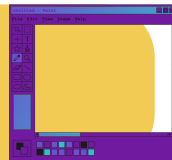
PLANEJAMENTO INICIAL



Faça esboço à mão das ideias e representação do conceito que deseja trabalhar ou utilize imagens/ilustrações como inspiração para a criação. O principal objetivo nesta etapa é pensar a melhor forma de apresentar as informações de forma acessível.

2

DIGITALIZAÇÃO E PREPARAÇÃO



A ilustração devem ser digitalizada. No caso das imagens, você pode realizar a importação dela direto no software. Nesta etapa, já estaremos preparando o material para o corte/gravação a laser.



Software utilizado: **Autolaser 3.0.2**



Material utilizado foi o **MDF**

3

CORTE E MONTAGEM



A produção envolveu três placas principais:

- **Placa 1:**

Base com inscrições em braille de fundo, com os nomes das peças da montagem em braille e na grafia comum.

- **Placa 2:**

Apresenta os cortes das silhuetas das peças que se encaixam na prancha, além de inscrições complementares.

- **Placa 3:**

Peças removíveis que representam as lâminas metálicas e o cátodo que se encaixam na Placa 2.



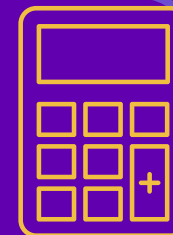
[\[clique aqui\]](#) No link do drive você terá acesso aos arquivos de impressão ou acesse o QR code

COMO USAR A PRANCHA GRAFOTÁTIL NAS AULAS

1 Apresente os conceitos de reações de oxirredução, eletrodos, soluções e diferença de potencial. Use a prancha para exemplificar visual e tátilmente os elementos envolvidos.



4 Depois de montado o sistema, peça que calculem a diferença de potencial entre os eletrodos, utilizando a série eletroquímica.



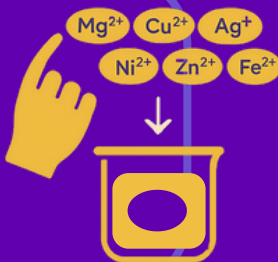
2 Permita que os estudantes toquem e explorem as peças da prancha. Isso ajuda a criar uma associação entre os conceitos teóricos e os componentes físicos (metais e íons).



5 Incentive a troca de ideias entre os alunos videntes e com deficiência visual, promovendo a inclusão e o aprendizado colaborativo.



3 Oriente os alunos a montar diferentes combinações de eletrodos e soluções nos béqueres da prancha. Eles devem observar (ou sentir, no caso de alunos cegos) as diferenças entre as peças e suas posições.



6 Incentive a troca de ideias entre os alunos videntes e com deficiência visual, promovendo a inclusão e o aprendizado colaborativo.



RECOMENDAÇÕES DE LEITURA E VÍDEOS

Para leitura sobre a Impressora 3D, recomendamos os seguintes autores:

[Clique aqui](#)] Prancha grafotátil sobre Destilação simples

[\[Clique aqui\]](#) FERRY, Alexandre da Silva. TORRE DE FRACIONAMENTO DE PETRÓLEO: UMA PRANCHA GRAFOTÁTIL ACESSÍVEL PARA INCLUSÃO DE ESTUDANTES COM DEFICIÊNCIA VISUAL.. In: Anais do XXII Encontro Nacional de Ensino de Química. Anais...Belém(PA) UFPA, 2024.



Software da *AutoLaser* [\[Clique aqui\]](#)



[\[Clique aqui\]](#)

Tutorial para utilização do *Software*



A large, stylized white number '6' is centered on a solid pink background. The number has a thick, rounded stroke, with a small gap at the top of the vertical stem. The overall design is clean and modern.

UNIDADE

PROPOSTA DE ATIVIDADE

A presente proposta de atividade tem como objetivo promover a aprendizagem significativa e inclusiva de conteúdos de eletroquímica por meio de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS), fundamentada nos princípios da Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica (TASC) e nas orientações de Moreira (2011).

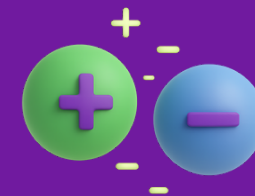
A sequência didática é organizada de forma progressiva, considerando os conhecimentos prévios dos estudantes e integrando diferentes estratégias didáticas para estimular a construção ativa do conhecimento.

A UEPS é composta por aulas teóricas e práticas, com situações-problema, atividades experimentais e recursos adaptados para estudantes com deficiência visual, como textos com audiodescrição e blocos de encaixe táteis utilizados para o ensino de reações químicas e conceitos eletroquímicos. O desenvolvimento da proposta contempla momentos de sensibilização, diferenciação progressiva, aplicação prática e avaliação formativa e somativa, proporcionando um ambiente de ensino-aprendizagem acessível, colaborativo e crítico.

A abordagem visa não apenas o desenvolvimento de habilidades cognitivas, mas também o estímulo à autonomia, à reflexão e à participação ativa de todos os estudantes, com especial atenção às necessidades educacionais específicas de alunos cegos, promovendo, assim, uma educação verdadeiramente inclusiva e significativa.



[\[Clique aqui\]](#) para ter acesso a atividade proposta para utilização do material didático



Caros professores e professoras,

Caso você, professor(a), venha a utilizar a sequência didática **“Eletroquímica na Ponta dos Dedos”** em sua prática docente, gostaríamos de convidá-lo(a) a compartilhar conosco sua experiência!

Seu retorno é fundamental para avaliarmos a efetividade da proposta, identificar pontos de melhoria e, principalmente, fortalecer o compromisso com uma educação inclusiva, crítica e acessível. Relatos sobre a aplicação em sala de aula, percepções dos estudantes, adaptações realizadas ou sugestões são extremamente bem-vindos.

Além disso, se este guia inspirar a produção de materiais complementares, projetos, pesquisas ou publicações acadêmicas, teremos grande interesse em conhecer e divulgar esses trabalhos, contribuindo para o avanço coletivo das práticas pedagógicas inclusivas no ensino de Química.

Caso deseje enviar seu feedback, entre em contato pelo e-mail **katharinetoledo12@gmail.com**

Como foi a aplicação com os estudantes?

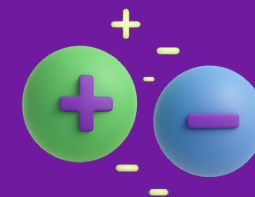
Quais foram os principais desafios e conquistas?

Adaptou algo para sua realidade?

Percebeu mudanças no engajamento ou na aprendizagem?

Juntos, podemos tornar o ensino mais acessível, significativo e transformador para todos os estudantes!

BIBLIOGRAFIA



BERTONCINI ANDRADE, M.A et al. Impressão 3D de protetores faciais para proteção de profissionais da saúde contra a infecção do COVID-19. Revista Tecnologia e Sociedade, v. 16, n.44, 2020.

BLIKSTEIN, P. Digital Fabrication and 'Making' in Education: The Democratization of Invention. In. WALTER-HERRMANN, J.; BÜCHING, C. (orgs). FabLab: Of Machines, Makers and Inventors, Bielefeld: transcript Verlag, 2013, pp. 203-222.

FLORÊNCIO, E. Q. et al. Concreto para uso em impressora 3D e sua utilização na construção de edificações: um estudo prospectivo. Cadernos de Prospecção, v. 10, n. 3, p.578-589, 2017. Doi: <http://dx.doi.org/10.9771/cp.v10i3.23203>

GÓES, Anderson Roges Teixeira; COSTA Priscila Kabbaz Alves da (orgs). Desenho Universal e Desenho Universal para Aprendizagem: fundamentos, práticas e propostas para Educação Inclusiva – vol 1. São Carlos: Pedro & João Editores, 2022. 172p.

JOHNSTONE, Alex. Macro and microchemistry. The School Science Review, v. 64, n. 227, p. 377-379, 1982.

LIMA, A. M. Q. da S et al. Química orgânica para alunos com deficiência visual: uma estratégia de aprendizagem combinando uso de modelos 3D e audiodescrição. ACTIO: Docência em Ciências, v. 7, n. 2, p. 1-23, 2022.

PAULA, T. M. de; BASNIAK, M. I. Design de material didático inclusivo: ensino da divisão de fatoriais acessível à pessoa com deficiência visual. Educação Gráfica, V. 28, No. 2, 2024. Pp. 124 – 143.

SANTOS, J. T. G.; ANDRADE, A. F. de. Impressão 3D como Recurso para o Desenvolvimento de Material Didático: Associando a Cultura Maker à Resolução de Problemas. Revista Novas Tecnologias na Educação, Porto Alegre, v. 18, n. 1, 2020. DOI: 10.22456/1679-1916.106014.

WANDERLEY, T. O. B.; ROSA, M. E. R. C. O Design Universal e os princípios ergonômicos para o desenvolvimento de uma fruteira de supermercado inclusiva. Cuadernos de Educación y Desarrollo, v. 15, n. 9, p. 9470–9492, 2023.

WORLD WIDE WEB CONSORTIUM – W3C. Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.0, 2014. Disponível: <https://www.w3.org/Translations/WCAG20-pt-br/WCAG20-pt-br-20141024/>.

Sobre o E-book

Formato: A4 (21.0 x 29.7 cm)

Tipografias:

Bebas Neue (58 30 20 18 e 14 pt) VAG

Montserrat (14 12 e 10 pt)

