

# Confecção de um recurso didático para o ensino da grafia química braille a estudantes com deficiência visual

## *Developing a Didactic Resource to Teach Braille Code Chemical Notation to Visually Impaired Students*

Recebido: 20/02/2023 | Revisado:  
26/11/2023 | Aceito: 26/11/2023 |  
Publicado: 24/04/2024

### Alexandre Ferry

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9626-9634>

Centro Federal de Educação Tecnológica de  
Minas Gerais

E-mail: alexandreferry@cefetmg.br

### Vivian Caroline Farias

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2357-9591>

Centro Federal de Educação Tecnológica de  
Minas Gerais

E-mail: vivian.fisioterapia@hotmail.com

**Como citar:** FERRY, A.; FARIAS, V. C.;  
Confecção 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. 1-20, e14897, Abr. 2024.  
ISSN 2447-1801.



This work is licensed under a [Creative  
Commons Attribution 4.0 Unported License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

### Resumo

Este artigo apresenta um estudo sobre o desenvolvimento de um recurso didático inclusivo para o ensino da Grafia Química Braille. O seu objetivo foi desenvolver um recurso didático tátil auxiliar na superação das barreiras de aprendizagem enfrentadas por estudantes com deficiência visual em Química, oferecendo a professores caminhos alternativos para o ensino de diferentes tipos de inscrições. O processo de produção envolveu procedimentos de modelagem, testes de parametrização, impressão 3D e encaixe. O recurso foi avaliado por professores de Química e por um professor com deficiência visual. Os resultados indicam que o recurso didático apresenta alto potencial para a mediação pedagógica inclusiva na aprendizagem de aspectos fundamentais da Grafia Química Braille e montagem de fórmulas e equações químicas.

**Palavras-chave:** Ensino de Química; Educação inclusiva; Cultura Maker; Prototipagem digital; Impressão 3D.

### Abstract

This article presents a study focused on the creation of an inclusive teaching resource for instructing Braille Chemical Notation. The primary aim was to develop a tactile teaching tool that addresses the learning challenges encountered by visually impaired students in Chemistry and provides educators with alternative approaches to teach various applications. The production process encompassed modeling procedures, parameterization tests, 3D printing, and assembly. The effectiveness of the resource was assessed by Chemistry teachers and a visually impaired educator. The results suggest that the teaching resource holds significant potential for inclusive pedagogical mediation, aiding in the comprehension of fundamental aspects of Braille Chemical Notation, as well as the construction of chemical formulas and equations.

**Keywords:** Chemistry teaching; Inclusive education; Maker Culture; Digital prototyping; 3D printing.

## 1 INTRODUÇÃO

A Educação em Ciências, em particular, o ensino de Química, envolve inúmeros desafios enfrentados por professores em sala de aula. Parte desses desafios relaciona-se com a (in)disponibilidade de recursos mediadores mais adequados para o ensino de tópicos de conteúdos demasiadamente complexos e que demandam alto grau de abstração por parte dos estudantes de modo geral. Esses desafios são, possivelmente, ainda maiores quando os professores têm que ensinar Química a estudantes com deficiência visual.

Para o ensino de Química a estudantes com deficiência visual, além dessa inerente dificuldade da compreensão de conceitos e temas científicos, há também as dificuldades de acessibilidade e a falta de recursos didáticos adequados para mediar essa complexa tarefa (Schmidt, 2020; Ferry, Schmidt e Assis, 2022). Apesar da grande importância da disponibilidade do livro didático em Braille, esse recurso, além de não ser suficiente para que os professores possam lidar com todos os aspectos estruturais e funcionais das substâncias e suas transformações, não poderia ficar inteiramente a cargo dos estudantes, sem qualquer ação de mediação dos professores.

Neste cenário, de acordo com Leite e Dainez (2022), grande parte dos recursos didáticos inclusivos são confeccionados de modo caseiro, utilizando materiais simples, com baixa durabilidade e que demandam tempo e disponibilidade para a confecção manual. Ainda segundo essas autoras, diversos recursos inclusivos para o ensino de Química, ao menos no Brasil, apresentam-se com palitos, bolas de isopor, canudos, pedaços de madeira, acetato de vinila (polímero EVA) e outros materiais, havendo a baixa introdução ou até mesmo a inexistência da Grafia Química Braille nesses recursos.

Atualmente, a Lei de Diretrizes e Bases da Educação (LDB) expressa preocupação com os recursos didáticos utilizados no ensino a estudantes com deficiência visual, pois dispor desses recursos para esses estudantes é um desafio, visto que eles devem ser elaborados com qualidade, eficácia e por profissionais da Educação que possuam conhecimentos específicos na área de atendimento especializado na perspectiva da educação inclusiva (Stella e Massabni, 2019).

Tem-se como outra preocupação a escassez da oferta de recursos didáticos nas instituições de ensino brasileiras. Essa oferta é necessária para que se torne efetiva a inclusão de estudantes com deficiência visual. Segundo Stella e Massabni (2019), é fundamental que os docentes se apropriem de materiais adequados em suas práticas educativas, tenham o preparo para atuar na inclusão desses estudantes e tenham o conhecimento correto do Sistema Braille em sua disciplina de atuação pedagógica.

Para atender às particularidades da linguagem química, o Ministério da Educação (MEC) produziu um manual da Grafia Química Braille para utilização no Brasil. A primeira versão do manual foi disponibilizada em 2002, e a última em 2017 (Brasil, 2017). A partir desse manual, tornou-se possível representar substâncias e reações químicas, permitindo que alunos com deficiência visual, usuários do Sistema Braille, tenham acesso ao nível representacional da Química. O manual inclui a representação de símbolos, equações e fórmulas químicas, possibilitando a representação da composição de substâncias, seus estados físicos, tipos de ligações

químicas, estruturas dos grupos funcionais, níveis de energia e outras normas seguidas pela Química (Fernandes, Franco-Patrocínio e Freitas-Reis, 2018).

No entanto, a adoção dessa grafia requer a produção de recursos táteis, ainda que simplesmente por meio da impressão de símbolos químicos do Sistema Braille em papel. Apesar disso, a falta de menção aos recursos didáticos táteis tridimensionais nos Parâmetros Curriculares Nacionais pode ter desestimulado a sua utilização pelos professores, o que se traduz em um obstáculo ao ensino de Ciências a estudantes com deficiência visual. A utilização desses recursos pode melhorar a compreensão dos conteúdos, sobretudo aqueles que fazem referência a conceitos tipicamente abstratos (Silva, Landim e Souza, 2014), o que normalmente ocorre em Química.

Considerando a importância desse tipo de recurso didático para o ensino inclusivo de Ciências e as lacunas referentes às condições adequadas de sua produção, torna-se necessário discutir caminhos alternativos e meios adequados capazes de fomentar ações institucionalizadas de criação e desenvolvimento de recursos didáticos acessíveis para todos os estudantes. Neste trabalho, discute-se algumas possibilidades oferecidas pelo movimento maker para os processos criativos envolvidos na produção de um recurso didático inclusivo. A Cultura Maker, ao romper com a lógica de mercado tradicional, em que a indústria detém os meios de produção e tecnologias, introduz o conceito de "*open source*" ou código aberto (Mayurama, 2022). Essa abordagem promove a colaboração e a disponibilização gratuita do que foi criado, possibilitando que outros contribuam, formando assim uma rede de conhecimento. Nesse sentido, tem-se aqui o pressuposto de que integrar os princípios da Cultura Maker ao desenvolvimento de recursos didáticos não apenas facilita a acessibilidade, mas também estimula a produção institucionalizada pela escola e a apropriação desses meios dessa produção pelos professores, promovendo não somente a inclusão e a diversidade, mas também uma atitude proativa por parte dos profissionais da educação.

Segundo Freire (1996), a educação é o processo constante de criação do conhecimento e da busca da transformação e reinvenção da realidade. Nessa perspectiva, de acordo com Gonzaga (2022), a crítica de Freire (*idem*) à descontextualização do currículo das escolas tradicionais ressalta a importância da contextualização do conhecimento e dos estudantes "colocarem a mão na massa", o que torna a base para o que hoje denomina-se como Cultura Maker, que envolve o emprego de artefatos digitais para "solucionar problemas e produzir conhecimentos significativos para a comunidade" (p. 1088).

O movimento maker ainda está em crescimento no Brasil e é por meio dele que houve a introdução da impressora 3D como recurso para o desenvolvimento de material didático (Santos e Andrade, 2020). Esse movimento está associado à proposta de Papert (1986), que aborda a possibilidade de professores e estudantes construírem e compartilharem conhecimentos por meio do desenvolvimento de projetos.

Em síntese, a Cultura Maker pode se constituir como um acesso a diferentes modos de produção de materiais didáticos, pois está associada ao uso de recursos tecnológicos como impressora 3D, cortadoras a *laser* e prototipação digital com vistas à criação, modificação e transformação de objetos. A abordagem maker no ambiente educacional pode também promover o desenvolvimento de trabalho em grupo,

criatividade, habilidades sociais, autonomia, amplia a comunicação e utiliza a tecnologia, principalmente se alinhadas às competências da Base Nacional Comum Curricular (BNCC), uma vez que, apresentam uma série de habilidades transdisciplinares e transversais, proporcionando aos alunos inúmeras possibilidades de trabalho com a cultura digital somando à sua formação integral (Paula, Martins e Oliveira 2021).

O recurso didático descrito neste artigo foi produzido em um espaço *maker*, no âmbito das atividades de um projeto de extensão que dispõe de ferramentas e equipamentos para prototipagem, corte, gravação e impressão tridimensional. Nesses espaços, a tecnologia de prototipagem rápida, também conhecida como impressão 3D, está cada vez mais presente no desenvolvimento de projetos de produtos e pesquisas. A ampla utilização dessa tecnologia é justificada pela rapidez na fabricação, pela facilidade de customização das peças e pelo baixo custo de investimento e confecção dos protótipos (Aguiar, 2016).

Este trabalho é parte de uma pesquisa de mestrado em Educação Tecnológica, na linha de pesquisa sobre práticas educativas e tecnologias educacionais. O objetivo da pesquisa foi analisar as percepções de professores de Química atuantes na Educação Profissional e Tecnológica quanto ao uso de recursos didáticos inclusivos produzidos em um espaço *maker*. Neste artigo, é relatado o processo de confecção de um recurso didático com a incorporação da Grafia Química Braille por meio da prototipagem digital e impressão 3D.

Considerando os desafios do ensino de Química, as particularidades da mediação pedagógica envolvendo estudantes com deficiência visual e as possibilidades oferecidas pelas tecnologias da Cultura Maker, o objetivo deste trabalho foi desenvolver um recurso didático tátil, por meio da prototipagem digital e impressão tridimensional, que contribua para a superação das barreiras de aprendizagem enfrentadas pelos estudantes com deficiência visual no campo da Química e que ofereça a professores de Química caminhos alternativos para o ensino de representações químicas, como fórmulas e equações, a estudantes com deficiência visual, seja no segmento do Ensino Médio ou no ensino de Química nos períodos iniciais do Ensino Superior.

O recurso foi idealizado para ensinar aspectos da Grafia Química Braille a estudantes com deficiência visual. A sua idealização foi inspirada no uso de kits constituídos por pequenas peças ou bloquinhos de encaixe, cujo criador e fabricante mais conhecido é a empresa Lego®.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

Este trabalho foi desenvolvido articulando conceitos, orientações e procedimentos provenientes de três campos de estudos: o da modelagem na Educação em Ciências, o da Educação inclusiva na temática da deficiência visual e o da Cultura Maker e suas contribuições para a educação tecnológica.

A respeito do campo da modelagem na Educação em Ciências, primeiramente é necessário compreender o conceito de modelo. De acordo com Gilbert e Boulter (1995), modelo é uma representação parcial de um objeto ou ideia, que tem como

objetivo facilitar a visualização e possibilitar a elaboração de explicações sobre as propriedades e comportamentos do sistema modelado. O modelo não é uma cópia da realidade, mas uma maneira de representá-la a partir de interpretações pessoais. Os modelos são ferramentas fundamentais para a produção de conhecimento na pesquisa científica, e na educação em Ciências, o uso da modelagem permite um aprendizado significativo, no qual os estudantes estabelecem relações entre as entidades de interesse científico e os modelos criados para representá-las (Ferreira e Justi, 2008).

O processo de modelagem envolve as etapas de criação, expressão, testes e avaliação, e pode desenvolver e potencializar habilidades e conhecimentos em Ciências (Justi e Gilbert, 2002). Por meio de atividades de modelagem, professores de Ciências podem estimular nos estudantes a criação de modelos mentais e sua expressão em sala de aula. Isso é feito a partir da integração dinâmica e simultânea de informações e ideias sobre o modelo e a entidade modelada, para definir e entender os objetivos propostos para o modelo, buscar informações sobre a entidade modelada, podendo envolver o estabelecimento de uma analogia para fundamentar a modelagem e integrar essas informações (Justi, 2015).

Knuuttila (2005), por outro lado, destaca que os modelos são artefatos que apoiam o pensamento humano, materializados para favorecer sua manipulação nas práticas epistêmicas. Entre elas, a autora destaca a representação, que é uma atividade criativa e mediadora que envolve processos, ideias e objetos, bem como a produção de conhecimento, que está atrelada a questões científicas e objetivos específicos em relação aos modelos produzidos. Os modelos possibilitam a aprendizagem e a produção de conhecimento por meio de seu manuseio e utilização, apoiando a imaginação sobre os objetos, seu comportamento e interação entre si.

Na visão de Knuuttila (2005), os modelos científicos devem ser compreendidos como agentes independentes, objetos concretos construídos pelo ser humano com um propósito. A materialidade dos modelos atribui parte do seu significado epistêmico aos seus processos de construção e manipulação, tornando-os também objetos por meio dos quais as pessoas produzem conhecimento. Portanto, os modelos têm funções além da representação e são artefatos epistêmicos importantes para a produção de conhecimento em Ciências.

No âmbito da Educação Inclusiva, Santana, Benitz e Mori (2021), ao discutirem a inclusão de alunos com deficiência no sistema educacional brasileiro, destacando o reflexo da desigualdade social no campo educacional, identificaram uma crescente produção de pesquisas sobre inclusão na educação em Química. Contudo, eles afirmam que ainda há lacunas em temas importantes, como adequação curricular e produção de materiais, concluindo que é importante continuar a produzir estudos sobre inclusão na educação em Química, enfatizando os alunos e as mediações pedagógicas.

No contexto educacional para o ensino inclusivo de Química a estudantes com deficiência visual, Duarte e Rossi (2021) destacam a necessidade de superar diversos obstáculos, como problemas de acessibilidade, ausência de materiais didáticos e formação docente, entre outros problemas. Soma-se a tais necessidades o fato da Química ser um componente curricular na Educação em Ciências que envolve tópicos de conteúdo demasiadamente abstratos, complexos, que lida com entidades de uma dimensão muito distante da realidade imediata e tangível dos estudantes, e que

frequentemente trabalha com representações dos mais diferentes tipos, o que pode se constituir como um desafio adicional à aprendizagem de estudantes com deficiência visual.

Para o ensino de Química na perspectiva da educação inclusiva de estudantes com deficiência visual, Lima et al. (2022) enfatizam a importância de se buscar estratégias que respeitem e auxiliem as particularidades de cada aluno, a fim de ampliar e tornar a aprendizagem mais interessante para todos. Nesse sentido, acreditam que as tecnologias tipicamente utilizadas em ambientes fomentados pela Cultura Maker possam ser úteis e interessantes no processo criativo de produção de recursos didáticos inclusivos.

A respeito da Cultura Maker e suas contribuições para a educação tecnológica, a produção de materiais didáticos tem como referência conceitos, procedimentos e práticas dessa cultura. Retomando alguns pontos apresentados inicialmente, o movimento maker tem suas origens relacionadas às práticas da cultura do *Do It Yourself (DIY – “faça você mesmo”)*. De acordo com esse movimento, qualquer pessoa pode construir, consertar, modificar e fabricar objetos, máquinas, projetos e processos com suas próprias mãos (Mayurama, 2022).

O Movimento Maker ampliou essa questão em uma vertente mais técnica e tecnológica que avança e desloca meios de produção antes inseridos em estruturas industriais e agora nas mãos das pessoas por meio de práticas que simplificam procedimentos e conferem autonomia para a produção de objetos, máquinas e processos (Mayurama, 2022, p. 23).

Considerado como a nova revolução digital, porém com uma perspectiva física mais evidente do que a virtual, este movimento possibilita que indivíduos desenhem e produzam objetos tangíveis, atendendo às suas demandas específicas. O vasto leque de possibilidades apresentado pela fabricação digital se concretiza por meio dos espaços maker (também conhecidos como *Fab Lab* ou *Lab Maker*) - ambientes que valorizam o fazer e estabelecem novas formas de trabalho, interação com pessoas e objetos, criação e empreendimento, assim como a aplicação de tecnologias de ponta (Brockveld, Silva e Teixeira, 2018). Este fenômeno reconfigura não apenas a relação com o processo produtivo, mas também a dinâmica social e a compreensão das potencialidades inerentes às inovações tecnológicas contemporâneas. Algumas tecnologias comuns desses espaços são a prototipagem digital para impressão tridimensional, além do corte e gravação a laser em equipamentos que funcionam por controle numérico computadorizado, os quais possibilitam confeccionar objetos potencialmente úteis para a mediação do processo de ensino e aprendizagem nos ambientes escolares, especialmente nos espaços sociais das salas de aula (Santos e Andrade, 2020).

Nessa perspectiva, os recursos didáticos inclusivos criados por meio da Cultura Maker podem abranger uma ampla variedade de itens e dispositivos, dependendo das necessidades específicas dos alunos e dos objetivos educacionais. A sua essência está na capacidade de inovação e adaptação para tornar a educação mais acessível e inclusiva.

A impressão tridimensional, como tecnologia integrante do movimento maker, desempenha um papel fundamental ao se constituir como um meio de fabricação aditiva. Essa abordagem não apenas simplifica processos, mas também facilita a compreensão da realidade para quem a observa, tornando-a mais acessível e tangível. Segundo Queiroz et al. (2019), as impressoras 3D mais comuns e acessíveis confeccionam peças por meio do método de deposição de material conhecido como *Fused Deposition Modeling* (FDM). Os autores relatam que esse método proporciona a criação de peças com diversos tipos de materiais e cores, sendo mais comum a utilização dos termoplásticos *Acrylonitrile Butadiene Styrene* (ABS) e Ácido Polilático (PLA), que são facilmente moldáveis quando aquecidos em altas temperaturas. Para os autores, ao introduzir uma impressora 3D no ambiente educacional, é possível que professores e alunos explorem não apenas os benefícios desse recurso, mas também a criatividade e a interdisciplinaridade entre a prática e os conteúdos ministrados em salas de aula.

Nesse contexto, acreditamos que os laboratórios que possuem tecnologias de prototipagem digital e impressão tridimensional oferecem aos professores de Ciências uma ampla gama de possibilidades para a produção de recursos didáticos inclusivos. Com essas tecnologias, os professores podem produzir objetos tangíveis e customizados que auxiliam na aprendizagem de estudantes com deficiência visual. Além disso, esses recursos podem ser utilizados para criar maquetes, modelos e simulações que permitem aos estudantes explorarem conceitos científicos de forma mais interativa e dinâmica. Dessa forma, essas tecnologias são ferramentas poderosas para tornar o ensino de Ciências mais acessível e atrativo para todos os estudantes.

### 3 METODOLOGIA: PRODUÇÃO E VALIDAÇÃO DO RECURSO DIDÁTICO

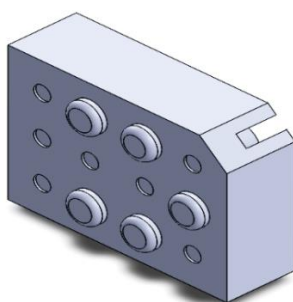
A produção do recurso didático tátil envolveu procedimentos de modelagem, via prototipagem digital, testes de parametrização, impressão e encaixe, além de testes táteis para reconhecimento e leitura das inscrições em braille, análise de aspectos funcionais do recurso, sua portabilidade e procedimentos de uso.

A modelagem das peças desse recurso didático deu-se por meio de um software gratuito, cujo nome é FreeCad®. Nessa etapa, a definição das características específicas do produto, especialmente as referentes aos marcadores das celas e dos pontos braille, teve como base a norma técnica NBR 9050, da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) que, no contexto das orientações sobre acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos, estabelece na subseção 5.2.9.2.4 (p. 36, 37) sobre o braille, regras para o arranjo geométrico para os pontos das celas, incluindo suas dimensões, como diâmetro, altura e distância entre esses pontos. Portanto, determinou-se que cada peça deveria apresentar as seguintes características e informações: (i) sinais químicos em braille para símbolos de elementos, coeficientes estequiométricos para equações químicas, estados de agregação de substâncias, cargas elétricas de espécies químicas, setas, ligações etc.; (ii) uma arquitetura de espessura (altura) padronizada em 10 milímetros; (iii) 24 milímetros de largura, com comprimento variável, a depender do número de celas braille de cada sinal; (iv) corte diagonal no canto superior direito como indicador de posição de leitura para o estudante com deficiência visual; (v) cores tipicamente

empregadas na representação de elementos químicos em kits de modelagem molecular (o emprego das cores encontra-se explicado na próxima seção deste artigo); e (vi) marcadores dos pontos da cela braille que não compunham os sinais braille das peças, a fim facilitar a identificação pelo mediador vidente no uso do recurso. A figura 1 apresenta o protótipo de uma peça modelada no software.

Com o objetivo de ampliar a acessibilidade de pessoas com deficiência visual ao trabalho de confecção do recurso didático inclusivo relatado neste artigo, além dos títulos das figuras apresentadas, optamos por incluir uma breve descrição para cada ilustração. Dessa forma, as descrições acompanham os títulos das figuras para garantir a compreensão adequada do conteúdo.

**Figura 1:** Protótipo digital da peça que contém o símbolo do elemento oxigênio  
**Descrição:** desenho digital de um sólido geométrico de face retangular contendo duas celas braille com os pontos (46 135).



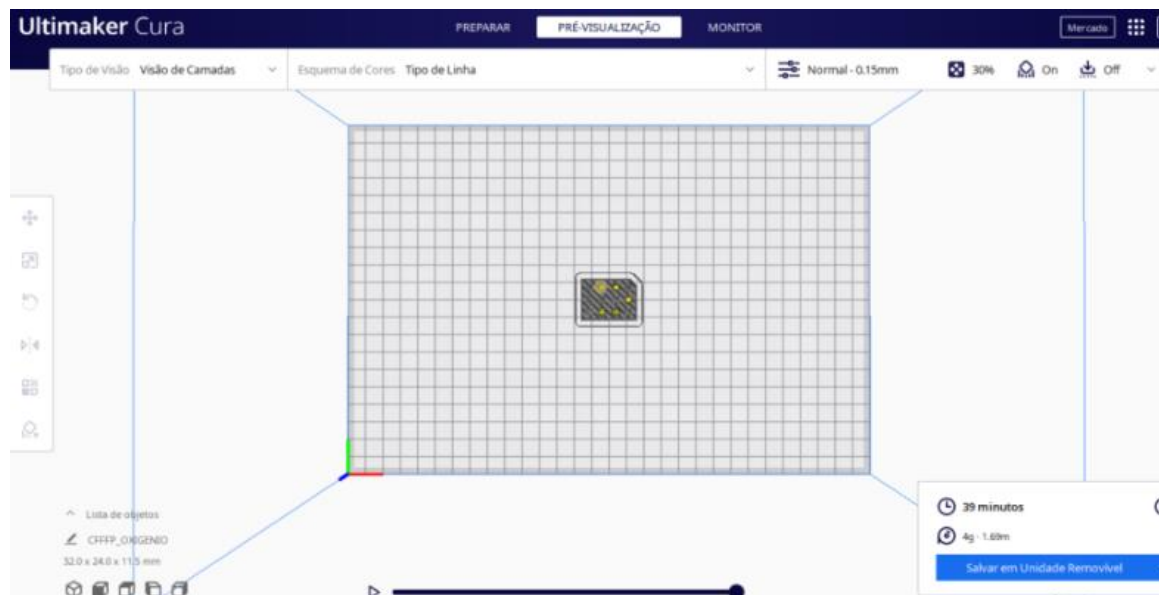
Fonte: Arquivo pessoal (2023)

Posteriormente, as peças foram salvas em arquivo do tipo *Standart Triangle Language* (STL), que é compatível com a tecnologia de impressão 3D, sendo que, neste formato de arquivo, a impressão torna-se relativamente simples. O arquivo STL deve ser transferido para o software gratuito denominado *CuraUltimaker*<sup>®</sup>, para que sejam parametrizadas as peças a serem tridimensionalmente impressas, conforme demonstra a figura 2.



**Figura 2:** Captura de imagem do software *CuraUltimaker*<sup>®</sup>

**Descrição:** mesa virtual de trabalho do software de parametrização da impressão 3D, sobre a qual há a imagem de um protótipo digital de uma das peças do recurso didático.



Fonte: Arquivo pessoal (2023)

Para a impressão das peças do recurso didático, foi utilizada uma impressora 3D, da marca GTMAX 3D<sup>®</sup>, e para a impressão da placa para encaixe das peças do mesmo recurso, foi usada uma máquina de controle numérico computadorizado (CNC) para corte e gravação a laser, ambos equipamentos disponíveis no espaço maker da instituição onde o projeto foi executado. Para a confecção das peças, foram utilizados filamentos de *Acrylonitrile Butadiene Styrene* (ABS) e placas de acrílico incolor, conforme exposto na figura 3, apresentada na próxima seção. A escolha desses materiais para a confecção das peças do recurso didático considerou algumas propriedades mecânicas, como a durabilidade e resistência a manipulação, impactos e atritos. Há que se observar que o polímero ABS é um termoplástico derivado do petróleo amplamente utilizado na indústria, sendo um dos principais e primeiros materiais utilizados na impressão 3D, quimicamente estável à decomposição em condições normais de uso e processamento, não oferecendo risco à saúde e nem à integridade física dos usuários do recurso (PEREIRA, 2019).

Para verificar a adequação dos pontos das celas braille utilizadas na representação dos símbolos químicos, o kit contendo as primeiras peças suficientes para a montagem de fórmulas químicas menos complexas foi apresentado a um professor com deficiência visual que atua na Educação Básica em uma instituição especializada no atendimento de pessoas com deficiência visual. Essa apresentação teve como objetivo realizar testes táteis com uma pessoa com deficiência visual para validação do recurso didático.

Por fim, considerando todos os cuidados éticos em pesquisas envolvendo seres humanos, o recurso didático foi apresentado a indivíduos graduados na área da Química, docentes da disciplina de Química da Educação Profissional Técnica de

Nível Médio de uma instituição da Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica, conhecedores ou não do Sistema Braille e da Grafia Química Braille e um professor com deficiência visual (cegueira), de um instituto referência no atendimento educacional especializado a pessoas com deficiência visual.

Os participantes da pesquisa foram convidados a examinar, manipular e compartilhar suas opiniões acerca dos aspectos físicos e funcionais do recurso didático, também puderam avaliar preliminarmente o uso desse recurso na construção de fórmulas químicas. Com base nessas avaliações, conduzimos uma análise das observações e comparações feitas tanto em nível individual quanto pelo grupo como um todo. Esse processo possibilitou a identificação das potencialidades e fragilidades apontadas por cada participante em relação ao recurso, abrangendo tanto a perspectiva individual quanto a visão coletiva.

Esta pesquisa recebeu o Certificado de Apresentação de Apreciação Ética de número 65443722.9.00008507, com aprovação pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP), na data de 28 de fevereiro de 2023. Os professores videntes participantes deste estudo receberam, cada um, duas cópias do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) para assinar. O professor com deficiência visual, participante da pesquisa, recebeu o TCLE em arquivo digital, o qual foi lido com o auxílio de um *software* de leitor de tela e a coleta de sua assinatura foi realizada por meio de uma régua guia. A pesquisadora leu os termos juntamente com o grupo de participantes, coletou as assinaturas e sanou as dúvidas sobre os termos contidos no documento.

As entrevistas semiestruturadas ocorreram por meio da combinação de perguntas abertas e fechadas, em que os indivíduos entrevistados tiveram a possibilidade de relatar as suas experiências. Durante as entrevistas, os gravadores e câmeras de vídeo foram ligados para captura das falas e imagens. O mediador fez a abertura apresentando os propósitos da pesquisa e pediu que cada participante se apresentasse para fins de registro.

Todas as interações gravadas em áudio durante a pesquisa foram transcritas, em detalhes, para posterior análise de dados com o auxílio da função do transcritor do *Word*® (Bogdan e Biklen, 2013). Cada entrevista foi composta por uma sequência de perguntas relacionadas a: i) experiência na docência e com o Sistema Braille e Grafia Química Braille; ii) percepções, ideias e opiniões sobre os aspectos físicos e da confecção do recurso didático BBQ e iii) percepções, ideias e opiniões sobre o uso de recursos didáticos inclusivos com a incorporação do Sistema Braille, especialmente sobre o BBQ. A validação do BBQ ocorreu em 5 etapas: abertura, apresentação e contato com o BBQ, entrevistas, síntese e encerramento e arquivamento dos registros da Pesquisa.

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta seção apresentamos fotografias das peças produzidas que formam o recurso didático a ser empregado no ensino da Grafia Química Braille. A figura 3 apresenta uma fotografia de um conjunto de peças produzidas por meio da prototipagem digital anteriormente descrita e da impressão tridimensional. O kit completo do recurso é constituído por 313 peças. As outras figuras apresentam diferentes tipos de inscrições químicas que podem ser montadas com as peças do

recurso: fórmulas moleculares, estruturais planas, condensadas, de linhas e equações químicas.

### Figura 3: Peças do recurso didático produzido

**Descrição:** grande conjunto de peças com diferentes cores e símbolos em braille dispostas sobre uma plataforma de encaixe.



Fonte: Arquivo pessoal (2022)

Nessa figura é possível visualizar as representações em braille de símbolos de diversos elementos químicos, como a letra C maiúscula para o elemento carbono (peças pretas), o H para o hidrogênio (peças brancas), a letra O para o elemento oxigênio (peças vermelhas), o símbolo Cl do cloro (peças verdes), o S do enxofre (peças amarelas), entre outros elementos. Há também diversas peças cinzas, que apresentam sinais braille para várias entidades da grafia química, como símbolos de ligações químicas, setas, estados de agregação etc. Também nessa imagem é possível identificar o corte oblíquo no canto superior direito como indicador de posição de leitura, útil para a orientação tátil da inscrição em braille sobre as peças pelos estudantes com deficiência visual.

O emprego das cores na impressão das peças com os símbolos de elementos químicos foi uma decisão decorrente das discussões feitas no grupo de trabalho a partir dos primeiros testes de uso de um conjunto maior de peças, que nos permitiram constatar que, particularmente para professores pouco familiarizados com o Sistema e a Grafia Química Braille, bem como alunos com baixa visão, a impressão com filamentos de uma única cor poderia provocar maior dificuldade na manipulação das peças e, conseqüentemente, um desestímulo ao uso. Vimos que o emprego de cores tipicamente usadas em outros kits de modelagem molecular facilita a identificação das peças e otimiza o processo de montagem de fórmulas químicas.

Os resultados dos testes de parametrização (tabela 1), feitos diretamente no software de modelagem, permitiram a confecção de peças de boa qualidade em termos de preenchimento e acabamento.

**Tabela 1:** Parâmetros definidos para impressão 3D das peças do recurso

Ajustes de impressão	Valores
Densidade do preenchimento	30%
Distância da linha de preenchimento	1,333 mm
Espessura da camada de preenchimento	0,15 mm
Velocidade de impressão	50 mm/s
Velocidade de percurso	120 mm/s
Velocidade da camada inicial	25 mm/s
Velocidade do Skirt	25 mm/s
Tipo de aderência da mesa de impressão	Skirt
Contagem de linhas de Skirt	1
Distância do Skirt	3,0 mm
Mínimo comprimento do Skirt	250,0 mm
Espessura das paredes	1,0 mm
Número de filetes das paredes	2
Distância de varredura da parede externa	0,2 mm
Espessura superior das paredes	0,8 mm
Espessura inferior das paredes	0,8 mm
Número de camadas superiores das paredes	6
Número de camadas inferiores das paredes	6
Altura da primeira camada	0,3 mm
Altura de camada	0,15 mm
Larguras de extrusões	0,4 mm
Largura de extrusão da camada inicial	100%
Perfil – Normal	0,15 mm

Fonte: Arquivo pessoal (2022)

Os testes de impressão e encaixe apresentaram resultados satisfatórios em relação às nossas expectativas sobre o acabamento das peças e o modo como elas ficariam presas à base de montagem de fórmulas e equações, a fim de permitir a fácil manipulação tanto por professores quanto por estudantes.

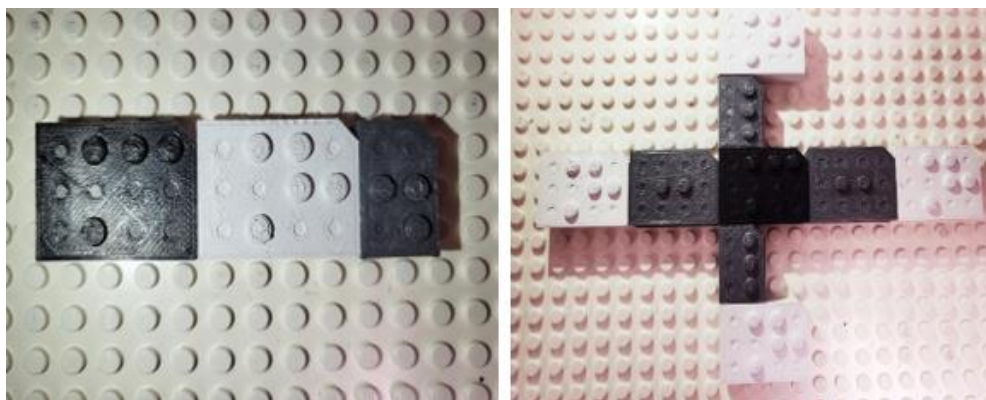
O teste tátil realizado com os professores videntes e com o professor com deficiência visual apresentou resultados significativamente positivos e satisfatórios na validação do recurso didático para ensino de Química. Durante a apresentação, o professor com deficiência visual foi capaz de identificar com precisão todos os símbolos químicos representados em Braille, demonstrando uma boa correspondência entre a representação tátil e a nomenclatura química. Além disso, o professor destacou a importância desse tipo de recurso na promoção de uma educação mais inclusiva e acessível para pessoas com deficiência visual. Com base nesses resultados, foi possível dar continuidade na impressão tridimensional do restante das peças planejadas e digitalmente prototipadas.

Durante a apresentação do material aos professores de Química, estes avaliaram diversos aspectos do recurso, como sua funcionalidade, portabilidade e procedimentos de uso. Durante a simulação de situações de ensino de fórmulas e equações químicas, os professores concluíram que, apesar de ser composto por mais de 300 peças, o recurso didático é relativamente compacto, leve e pode ser facilmente transportado para a sala de aula. Além disso, destacaram a importância das cores para permitir a rápida identificação das peças pelos usuários videntes, geralmente os próprios professores, o que facilita o seu uso em sala de aula, conforme havia sido planejado na criação do recurso.

Ainda sobre os procedimentos de uso do recurso, juntamente com os professores vimos que é possível montar inúmeras fórmulas químicas, em diferentes tipos – fórmulas moleculares, fórmulas estruturais planas, fórmulas estruturais condensadas (ou semicondensadas) e fórmulas de linhas, conforme as figuras 4, 5, 6, 7, 8, 9 e 10 a seguir.

**Figura 4:** Fórmulas do metano ( $\text{CH}_4$ ): a esquerda, fórmula molecular; a direita, fórmula estrutural plana

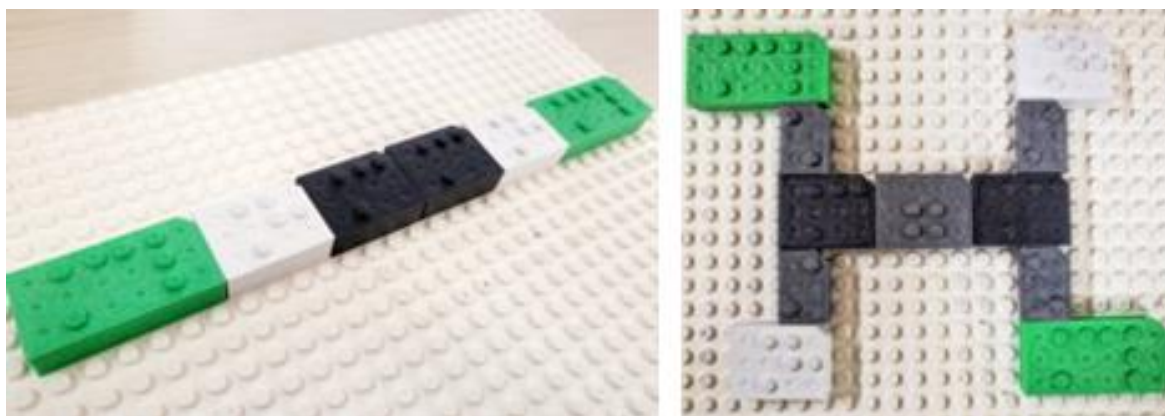
**Descrições:** Foto 1 – três peças retangulares: uma preta com o símbolo do elemento carbono – pontos (46 14); uma branca com o símbolo do elemento hidrogênio – pontos (46 125); e uma cinza com o sinal do número 4 subscrito – pontos (256). Foto 2 – cinco peças alinhadas na horizontal: peça do H, pontos (46 125), seguido pela peça de uma ligação simples (5 2), a peça do carbono (46 14), ligação simples (5 2) e a peça do H novamente (46 125); na vertical, a partir da peça preta do elemento C, há uma ligação simples (456) e uma peça branca para cima com o símbolo do H (46 125); o mesmo é feito para baixo. Todos os símbolos encontram-se em braille.



Fonte: Arquivo pessoal (2022)

**Figura 5:** Fórmulas do 1,2-dicloro-eteno: a da esquerda, fórmula estrutural condensada; a da direita, a fórmula estrutural plana do isômero trans

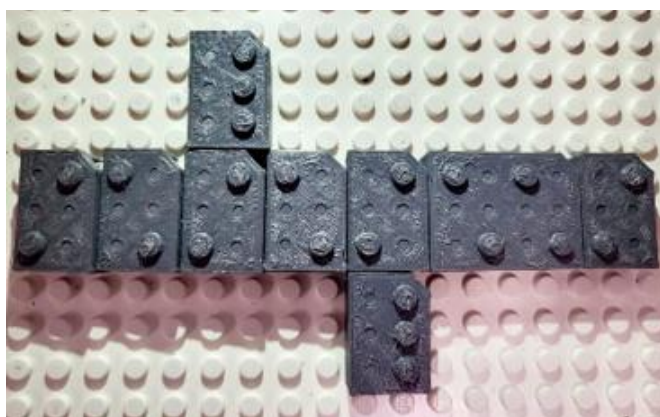
**Descrições:** Foto 1 – seis peças retangulares com símbolos de elementos químicos em braille: uma peça verde para o elemento cloro (Cl) – pontos (46 14 123), seguida por uma preta para o elemento carbono (C) – pontos (46 14), por uma branca para o hidrogênio (H) – pontos (46 125), mais uma preta (C) – pontos (46 14), outra branca (H) – pontos (46 125) e outra verde (Cl) – pontos (46 14 123). Foto 2 - fórmula química montada com peças enfileiradas em cinco linhas horizontais. Na linha central (a terceira), há 3 peças: uma preta (C) – pontos (46 14), seguida por uma cinza para representar uma ligação covalente dupla – pontos (56 23) e outra preta para o segundo átomo de carbono – pontos (46 14). A partir da primeira peça, há para cima uma peça cinza (16), que representa uma ligação covalente simples oblíqua, seguida por uma verde para o átomo de cloro (Cl) – pontos (46 14 123); há para baixo outra peça cinza – pontos (34), que também representa uma ligação covalente simples oblíqua, seguida por uma branca para o H – pontos (46 125). A partir da terceira peça essas duas sequências descritas anteriormente aparecem em lados opostos.



Fonte: Arquivo pessoal (2022)

**Figura 6:** Fórmula de linhas de um composto orgânico: o 4,5-dimetil-oct-2-eno

**Descrição:** na horizontal há sete peças cinzas com celas braille na seguinte disposição: (34); (16); (34); (16); (34); (16 16); (34); a partir da terceira peça há outra orientada para cima com os pontos (456); a partir da quinta peça há mais uma orientada para baixo com os pontos (456).

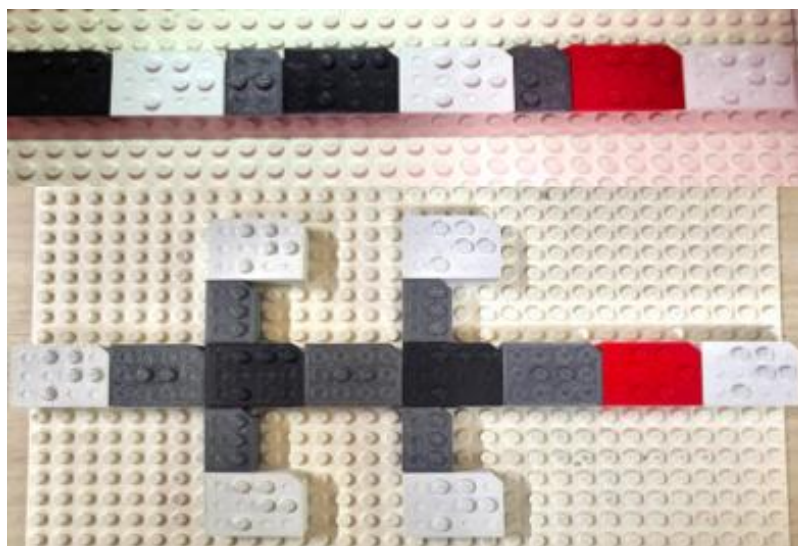


Fonte: Arquivo pessoal (2022)

**Figura 7:** Fórmulas do etanol: a primeira, a fórmula estrutural condensada; a segunda, a fórmula estrutural plana

**Descrição da 1ª foto:** sequência de oito peças enfileiradas na seguinte ordem: carbono – pontos (46 14), hidrogênio (46 125), algarismo 3 subscrito (25), carbono (46 14), hidrogênio (46 125), algarismo 2 subscrito (23), oxigênio (46 135) e hidrogênio (46 125).

**Descrição da 2ª foto:** fórmula química montada com peças enfileiradas em cinco linhas horizontais. Na linha central (a terceira), há 8 peças retangulares com os seguintes pontos braille: (46 125) para o H; (5 2) para uma ligação covalente simples na horizontal; (46 14) para o C; (5 2) para mais uma ligação simples; (46 14) para o segundo átomo de carbono; (5 2) para mais uma ligação simples; (46 135) para representar um átomo de oxigênio; e (46 125) para um átomo de hidrogênio. Na terceira peça há, para cima e para baixo, uma peça cinza, com os pontos (456) seguida por uma peça branca com os pontos (46 125). O mesmo há na quinta peça.



Fonte: Arquivo pessoal (2022)

**Figura 8:** Equação química da reação entre o trióxido de enxofre (SO<sub>3</sub>) e a água (H<sub>2</sub>O) produzindo o ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)

**Descrição:** Equação química composta por 6 conjuntos de peças retangulares, enfileiradas em duas linhas horizontais. Na primeira linha tem-se 4 conjuntos, sendo que o primeiro possui uma peça na cor amarela com duas celas braille nos pontos (46 234) para o átomo de enxofre (S), seguida por uma peça vermelha de duas celas com os pontos (46 135) para o átomo de oxigênio e a terceira peça de uma cela, na cor cinza, com os pontos (25); em seguida há um espaço de uma cela braille vazia e uma peça de uma cela braille com os pontos (235), representando o sinal de adição, seguido de um espaço vazio referente a outra cela braille. O terceiro conjunto representa uma molécula da água por meio de uma peça na cor branca, de duas celas, com os pontos (46 125) para o átomo de hidrogênio, uma peça cinza, com os pontos (23) e uma peça vermelha, de duas celas, com os pontos (46 135) para o átomo de oxigênio. Ainda na primeira linha, há uma quarta peça com o sinal gráfico de uma seta simples, na cor cinza, com os pontos (25 1235). Na segunda linha, logo abaixo da primeira, há 2 conjuntos de peças: no primeiro, repete-se a peça do sinal

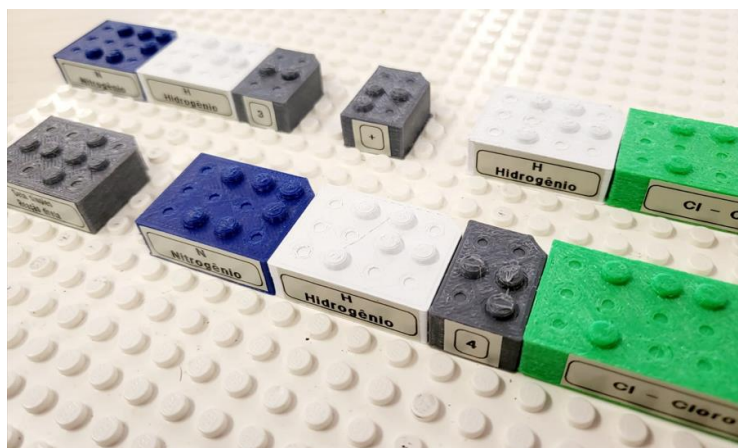
gráfico da seta simples, seguida por um espaço vazio de uma cela braille. O último conjunto apresenta a fórmula molecular do ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ), composto por uma peça na cor branca, com os pontos (46 125), uma peça cinza, com os pontos (23), uma peça amarela, com os pontos (46 234), uma peça vermelha, com os pontos (46 135) e, por último, uma peça cinza com os pontos braille (256).



Fonte: Arquivo pessoal (2022)

**Figura 9:** Equação química da reação entre amônia ( $NH_3$ ) e ácido clorídrico ( $HCl$ ) para formar cloreto de amônio ( $NH_4Cl$ )

**Descrição:** Equação química composta por 5 conjuntos de peças retangulares, enfileiradas em duas linhas horizontais. Na primeira linha tem-se 3 conjuntos, sendo que o primeiro, que representa a molécula da amônia, é composto por uma peça azul com duas celas braille nos pontos (46 1345) para o átomo de nitrogênio, seguida por uma peça branca, de duas celas com os pontos (46 125) para o átomo de hidrogênio e uma peça cinza, com os pontos (25) para o algarismo 3 subscrito; em seguida há um espaço de uma cela braille vazia. No conjunto 2 há uma peça cinza, de uma cela braille com os pontos (235), representando o sinal de adição, seguido de um espaço vazio referente a outra cela braille. O terceiro conjunto representa o  $HCl$ , constituído por uma peça branca de duas celas com os pontos (46 125) e uma peça verde de três celas, com os pontos (46 14 123). Na segunda linha há 2 conjuntos de peças: no primeiro há uma peça que representa o sinal gráfico da seta simples, composta por duas celas braille, com os pontos (25 1235), seguida por um espaço vazio referente a uma cela braille. O último conjunto representa o cloreto de amônio ( $NH_4Cl$ ), composto por uma peça na cor azul com os pontos (46 1345), uma peça branca com os pontos (46 125), uma peça cinza com os pontos (256) e por último uma peça verde com os pontos braille (46 14 123).

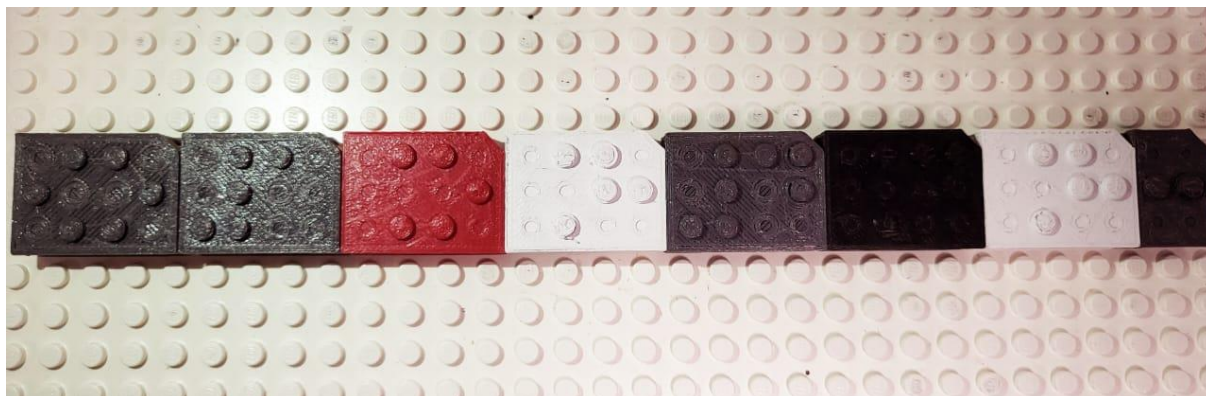


Fonte: Arquivo pessoal (2022)



**Figura 10:** Fórmula química de um composto aromático dissustituído

**Descrição:** sequência em linha oito peças – a primeira, com os pontos (246 135), representar um anel benzênico, seguida por uma peça com o sinal braille de número (3456) e o ponto do algarismo 1, indicando a posição do grupo funcional hidroxila (OH) representado por duas peças – uma para o átomo de oxigênio (45 135) e uma para o hidrogênio (46 125); em seguida, outra peça cinza com o sinal de número (3456 145) para indicar a posição de número 4 no anel aromático onde se encontra um grupo metila (CH<sub>3</sub>), representado por uma peça preta com os pontos (46 14), uma branca com os pontos (46 125) e uma cinza com o algarismo 3 subscrito (pontos 25).



Fonte: Arquivo pessoal (2022)

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A tecnologia de impressão 3D oferece uma ampla variedade de possibilidades na produção de recursos didáticos para serem utilizados em salas de aula. Ao permitir a produção rápida e personalizada de objetos tridimensionais, a impressão 3D oferece uma oportunidade única para os professores desenvolverem recursos didáticos inclusivos e adaptados às necessidades específicas de cada aluno. Além disso, a impressão 3D pode ajudar a aumentar o engajamento e a compreensão dos alunos, permitindo que eles visualizem e manipulem objetos reais e complexos que seriam difíceis de produzir de outra forma. Neste trabalho, apresentamos os procedimentos de modelagem e impressão tridimensional, em um espaço maker, empregados na produção de peças de encaixe que continham sinais do Sistema Braille específicos para a representação de fórmulas e equações químicas.

Em suma, a utilização da impressão 3D na produção de recursos didáticos para o ensino de Química, em especial para a inclusão de estudantes com deficiência visual, apresentou resultados promissores e contribuiu para a ampliação da acessibilidade no processo de aprendizagem. O uso de tecnologias de fabricação digital permite a produção de recursos personalizados e replicáveis, o que pode reduzir custos e aumentar a disponibilidade desses materiais. Além disso, a incorporação de sinais braille, em especial os da Grafia Química Braille nas peças dos recursos didáticos, tornando-as táteis, pode ampliar a compreensão dos conteúdos por estudantes com deficiência visual, criando novas possibilidades para a mediação didática de professores. Portanto, acreditamos que a utilização da impressão 3D na produção de recursos didáticos pode ser uma ferramenta importante na promoção da

inclusão e da igualdade de oportunidades na educação, incluindo na Educação Profissional e Tecnológica.

## REFERÊNCIAS

- AGUIAR, Leonardo de Conti Dias. **Um processo para utilizar a tecnologia de impressão 3D na construção de instrumentos didáticos para o Ensino de Ciências**. 2016. 226 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências, Bauru, 2016.
- BOGDAN, Robert C.; BIKLEN, Sari Knopp. **Investigação qualitativa em Educação: uma introdução à teoria e aos métodos**. Portugal: Porto Editora, 1994.
- BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Continuada, Alfabetização, Diversidade e Inclusão. **Grafia Química Braille para Uso no Brasil / elaboração: RAPOSO, Patrícia Neves... [et al.]**. Secretaria de Educação Continuada, Alfabetização, Diversidade e Inclusão – Brasília: SECADI, 2017. 3ª edição, 77 p.
- BROCKVELD, Marcos Vinícius Vanderlinde; SILVA, Mônica Renneberg da; TEIXEIRA, Clarissa Stefani. A cultura maker em prol da inovação nos sistemas educacionais. In: TEIXEIRA, Clarissa Stefani; SOUZA, Márcio Vieira de (Orgs.). **Educação fora da caixa: tendências internacionais e perspectivas sobre a inovação na educação**. São Paulo: Edgard Blücher Ltda., 2018. p. 55-66.
- DUARTE, Cássia Cristina Campos; ROSSI, Adriana Vitorino. Ensino de Química para pessoas com deficiência visual: Mapeamento e investigação de produções no Brasil. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**. v. 20, n. 3, p. 396-421, 2021. Disponível em: [http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen20/REEC\\_20\\_3\\_4\\_ex1867\\_628.pdf](http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen20/REEC_20_3_4_ex1867_628.pdf). Acesso em: 04 jun 2022.
- FERNANDES, Jomara Mendes.; FRANCO-PATROCÍNIO, Sandra; FREITAS-REIS, Ivoni. Possibilidades para o fazer docente ao aprendiz cego em aulas de Química: uma interface com a história da Tabela Periódica. **Revista História da Ciência e Ensino**, v. 18, p. 181-199, Juiz de Fora, Minas Gerais, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.23925/2178-2911.2018v18p181-199>. Acesso em: 25 set 2022.
- FERREIRA, Poliana Flávia Maia; JUSTI, Rosária da Silva. Modelagem e o “Fazer Ciência”. **Revista Química Nova na Escola**, n. 28, p. 32-36, 2008. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc28/08-RSA-3506.pdf>. Acesso em: 05 abr 2021.
- FERRY, Alexandre da Silva; SCHMIDT, Núbia Silva; ASSIS, Luciana Paula de. Modelagem analógica para o ensino de estequiometria química a estudantes com deficiência visual: o recurso didático do sanduíche estequiométrico. **Benjamin Constant (Online)**, v. 28, p. 1-23, 2022. Disponível em: <https://revista.ibc.gov.br/index.php/BC/article/view/896>. Acesso em: 23 nov 2023.
- FREIRE, Paulo. **Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa**. São Paulo: Paz e Terra, 1996.
- GILBERT, John Kenward; BOULTER, Carol. Stretching models too far. Annual Meeting of the American Educational Research Association. **Anais...** San Francisco, 1995.

GONZAGA, Kátia Valéria Pereira. Construindo uma proposta curricular inovadora na educação básica a partir da cultura maker. **Revista e-Curriculum**, São Paulo, v. 20, n. 3, p. 1084-1109, jul/set, 2022.

JUSTI, Rosária. Relações entre argumentação e modelagem no contexto da ciência e do ensino de ciências. **Revista Ensaio**, v. 17, p. 31-48, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1983-2117201517s03%20>. Acesso em: 20 nov 2022.

JUSTI, Rosária, GILBERT, John. Models and Modelling in Chemical Education. In: Gilbert, J. K.; De Jong, O.; Justi, R.; Treagust, D.F.; Van Driel, J.H. (eds). **Chemical Education: Towards Research-based Practice**. Science & Technology Education Library, v. 17. Springer, Dordrecht, 2002. Disponível em: [https://doi.org/10.1007/0-306-47977-X\\_3](https://doi.org/10.1007/0-306-47977-X_3). Acesso em: 04 jun 2022.

KNUUTTILA, Tarja. **Models as epistemic artefacts: Toward a non-representationalist account of scientific representation**. Helsinki, Finland: University of Helsinki, 2005.

LEITE, Giulia Vecchia Mello de Castro; DAINÉZ, Debora. Ensino de Ciências da Natureza e recursos didáticos-pedagógicos no contexto da educação inclusiva: um estudo bibliográfico. **Revista Educação Especial**, Santa Maria, v. 35, 2022. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/educacaoespecial/article/view/69720>. Acesso em 18/11/2023.

LIMA, Franciane Silva Cruz; BOHN, Denise Maria; PASSOS, Camila Greff; RIBEIRO, Daniel das Chagas de Azevedo. Educação inclusiva no ensino de ciências e de química – uma revisão da literatura sobre as propostas pedagógicas direcionadas a estudantes com desenvolvimento atípico. **Ciência e Natura**, v. 44, ed. 32, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.5902/2179460X67178>. Acesso em: 10 jan 2023.

MAYURAMA, U. (Org.). **O “Aprender Fazendo” da Rede Federal de Educação Profissional Científica e Tecnológica: manual maker**. Brasília, DF: Ministério da Educação, 2022.

PAPERT, Seymour. **Constructionism: A new opportunity for elementary science education**. Cambridge: Massachusetts Institute of Technology, Media Laboratory, Epistemology and Learning Group, 1986. Disponível em: 20210116112502329.pdf (dailypapert.com). Acesso em 18/11/2023.

PAULA, Bruna Braga de; MARTINS, Camila Bertini; OLIVEIRA, Tiago de. Análise da crescente influência da Cultura Maker na Educação. **Revista de Estudos e Pesquisas sobre Ensino Tecnológico**, v. 7, e134921, 2021.

PEREIRA, Felipe Caixeta. **Caracterização do comportamento em fadiga do plástico ABS produzido por extrusão e manufatura aditiva**. 2019. 120 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Aeroespacial) – Faculdade UnB Gama, Universidade de Brasília, Brasília, 2019.

QUEIROZ, Leonardo de Jesus; MAURÍCIO, Claudio Roberto Marquette; MATRAKAS, Miguel Diogenes. Construção de uma impressora 3D: Projetos abertos de baixo custo e possibilidades da aplicação na educação. **TAS Journal**, vol. 3, n. 1, p. 113-118. Foz do Iguaçu, 2019. Disponível em: <https://www.theacademicsociety.net/tasjonline-v3-pg-113-118>. Acesso em: 12 jan 2023.

SANTANA, Gustavo; BENITEZ, Priscila; MORI, Rafael Cava. Ensino de Química e Inclusão na Educação Básica: Mapeamento da Produção Científica Nacional. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, e24795, p. 1–27, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.28976/1984-2686rbpec2021u475501>. Acesso em: 23 set 2022.

SANTOS, Jarles Tarsso Gomes; ANDRADE, Adja Ferreira de. Impressão 3D como recurso para o desenvolvimento de material didático: associando a Cultura Maker à resolução de problemas. **Revista Novas Tecnologias na Educação**, v. 18, n. 1, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.22456/1679-1916.106014>. Acesso em: 02 dez 2022.

SCHMIDT, Núbia Silva. **Implicações pedagógicas do uso de modelos analógicos no ensino de química para estudantes com deficiência visual**. 2020. 149 p. Dissertação (Mestrado em Educação) Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2020.

SILVA, Tatiane Santos; LANDIM, Myrna Friederichs; SOUZA, Verônica dos Reis Mariano. A utilização de recursos didáticos no processo de ensino e aprendizagem de ciências de alunos com deficiência visual. **Revista Eletrônica Enseñanza de las Ciencias**, v. 13, n. 1, p. 32-47, 2014. Disponível em: [http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen13/REEC\\_13\\_1\\_3\\_ex710.pdf](http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen13/REEC_13_1_3_ex710.pdf). Acesso em: 20 jul 2022.

STELLA, Larissa Ferreira; MASSABNI, Vânia Galindo. Ensino de Ciências Biológicas: materiais didáticos para alunos com necessidades educativas especiais. **Ciência & Educação** (Bauru) [online]. v. 25, n. 2, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1516-731320190020006>. Acesso em: 02 set 2022.