

Do átomo filosófico ao científico: um recurso didático para alunos com deficiência visual

From philosophical to scientific atom: a didactic resource for visually impaired students

Del átomo filosófico al científico: un recurso didáctico para estudiantes con discapacidad visual

Recebido: 24/08/2022 | Revisado: 01/09/2022 | Aceito: 02/09/2022 | Publicado: 11/09/2022

Caroline Oliveira de Souza

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5814-3181>
Instituto de Macromoléculas Professora Eloisa Mano, Brasil
Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil
E-mail: caroline.oliveirasouza@ima.ufrj.br

Aires da Conceição Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4071-6540>
Instituto Benjamin Constant, Brasil
E-mail: airessilva@ibc.gov.br

Ana Paula Sodré da Silva Estevão

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1386-6765>
Instituto Federal de Educa o, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro, Brasil
E-mail: ana.estevao@ifrj.edu.br

Vanessa de Souza Nogueira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9708-5968>
Instituto Federal de Educa o, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro, Brasil
E-mail: vanessa.nogueira@ifrj.edu.br

Resumo

Após a cria o de leis e decretos que reiteram a importância do ingresso das pessoas com deficiência no sistema regular de ensino, houve uma queda de matrículas nas classes ditas exclusivas e um aumento expressivo nas classes ditas regulares. Apesar desses indivíduos estarem inseridos no ambiente escolar, a inclusão não vem acontecendo, pois não há profissionais especializados e recursos pedagógicos adaptados destinados aos alunos com necessidades educacionais específicas. A fim de impactar na forma o de professores (inicial e continuada) e na produ o de materiais didáticos adaptados de Química, este trabalho tem o objetivo de desenvolver dois recursos didáticos adaptados para alunos com deficiência visual sobre "Evolu o de Modelos At micos" em uma parceria entre o Instituto Federal de Educa o, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro (IFRJ) e o Instituto Benjamin Constant (IBC). A produ o dos cadernos pedagógicos foi dividida em nove etapas: escolha do tema, escrita, corre o, adapta o, transcri o, revisão, texturiza o, impressão e avalia o. Durante essas etapas, profissionais do IBC participaram ativamente, tendo destaque a atua o de profissionais cegos na revisão e avalia o do material. Após a avalia o dos alunos com deficiência visual (cegos e com baixa visão) do nono ano do Ensino Fundamental do IBC, os cadernos foram aprovados. Neste trabalho concluímos que materiais didáticos adaptados para alunos com deficiência visual são essenciais em seu processo de aprendizagem.

Palavras-chave: Modelos at micos; Deficiência visual; Ensino de Química; Materiais didáticos adaptados.

Abstract

After the creation of laws and decrees that reiterate the importance of the entry of disability people into the regular education system, there was a fall in enrollment in the so-called exclusive classes and a significant increase in the so-called regular classes. Although these individuals are inserted in the school environment, inclusion has not been happening, because there are no specialized professionals and adapted pedagogical resources for students with specific educational needs. In order to impact on teacher education (initial and continued) and on the production of Chemistry adapted materials, this work aims to develop two educational resources adapted for visually impaired students on "Evolution of Atomic Models" in a partnership between the Federal Institute of Education, Science and Technology of Rio de Janeiro (IFRJ) and the Benjamin Constant Institute (IBC). The production of pedagogical resources was divided into nine stages: theme's choice, writing, correction, adaptation, transcription, revision, texturing, printing and evaluation. During these stages, IBC professionals actively participated, highlighting the performance of blind professionals in the review and evaluation of the material. After the evaluation of visual impairment students (blind and low vision) of the ninth grade of IBC Elementary School, the materials were approved. In this work we conclude that teaching materials adapted for visually impaired students are essential in their learning process.

Keywords: Atomic models; Visual impairment; Chemistry Teaching; Adapted teaching materials.

Resumen

Luego de la creación de leyes y decretos que reiteran la importancia de que las personas con discapacidad ingresen al sistema educativo regular, se registró una caída en la matrícula de las llamadas clases exclusivas y un aumento significativo en las llamadas clases regulares. Si bien estos individuos están insertos en el ambiente escolar, la inclusión no viene ocurriendo, ya que no hay profesionales especializados y recursos educativos adaptados para estudiantes con necesidades educativas específicas. Con el fin de impactar en la formación de profesores (inicial y permanente) y en la producción de materiales didácticos adaptados de la Química, este trabajo tiene como objetivo desarrollar dos recursos didácticos adaptados para alumnos con discapacidad visual sobre "Evolución de los Modelos Atómicos" en alianza entre el Instituto Federal de Educación, Ciencias y Tecnología de Río de Janeiro (IFRJ) y el Instituto Benjamin Constant (IBC). La producción de los recursos didácticos se dividió en nueve pasos: elección del tema, redacción, corrección, adaptación, transcripción, revisión, texturización, impresión y evaluación. Durante estos pasos, los profesionales del IBC participaron activamente, destacando el papel de los profesionales ciegos en la revisión y evaluación del material. Luego de la evaluación de los alumnos con discapacidad visual (ciegos y con baja visión) en el noveno año de la Enseñanza Básica del IBC, los cuadernos fueron aprobados. En este trabajo concluimos que los materiales didácticos adaptados para alumnos con discapacidad visual son fundamentales en su proceso de aprendizaje.

Palabras clave: Modelos atómicos; Discapacidad visual; Enseñanza de la Química; Material didáctico adaptado.

1. Introdução

A Declaração Universal dos Direitos Humanos, adotada e proclamada pela Assembleia Geral das Nações Unidas, resolução 217 A III, em 10 de dezembro de 1948, no artigo 26 aponta a educação como direito de todos, e se torna o primeiro documento oficial a fazer alusão, mesmo que de uma forma geral, ao acesso à educação. Décadas depois, a Conferência Mundial de Educação Especial que aconteceu na cidade de Salamanca, na Espanha, com apoio da UNESCO (Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura) gerou um documento direcionado à Educação Especial.

A Declaração de Salamanca de 1994 que institui "Regras Padrões sobre Equalização de Oportunidades para Pessoas com Deficiência" tem por objetivo divulgar as políticas e ações que podem ser adotadas pelos países para assegurar a inclusão, o acesso das pessoas com deficiência a diversos serviços e seus direitos. Nos artigos 2 e 3 é reafirmado o direito de acesso à educação das pessoas com deficiência e que cabe à escola acomodar os alunos com Necessidades Educacionais Específicas (NEE) (Salamanca, 1994).

A Lei de Diretrizes e Bases da Educação de 1996 tem o capítulo V dedicado a Educação Especial nos artigos 58, 59 e 60. Por meio desta lei, a Educação Especial é definida como "a modalidade de educação escolar oferecida preferencialmente na rede regular de ensino, para educandos com deficiência, transtornos globais do desenvolvimento e altas habilidades ou superdotação" e que, assim como a Declaração de Salamanca, afirma a importância do ingresso nas turmas regulares (Brasil, 1996, art. 58). Ter um tópico na lei que determina as diretrizes de todos os níveis de ensino e que até hoje tem grande relevância, foi um enorme avanço e incentivou que outras políticas públicas fossem elaboradas.

Anos depois surgiu a Resolução CNE/CEB nº2, de 11 de setembro de 2001, que "Institui Diretrizes Nacionais para a Educação Especial na Educação Básica" que debate sobre a formação de professores e evidencia que a educação superior seja voltada para a diversidade e para a inclusão (Depae, 2001). Em 2002 foi instituída a Lei nº 10.436, de 24 de abril, que reconheceu a Língua Brasileira de Sinais (LIBRAS) como "meio legal de comunicação e expressão" (Brasil, 2002, art. 1). Somente em 2005 via decreto nº 5.626, a LIBRAS se torna Componente Curricular obrigatório nos cursos de licenciatura (Brasil, 2005).

Em 2004 foi publicado o Decreto nº 5.296, de 2 de dezembro, que debatia sobre o atendimento prioritário, acessibilidade e das ajudas técnicas que em 2015 seriam detalhados e endossados pelo Estatuto da Pessoa com Deficiência (Brasil, 2004). A Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (2015) descreve detalhadamente pautas já levantadas anteriormente à sua publicação pela Declaração de Salamanca, decretos e leis já vigentes. O estatuto trata de forma unificada diversos tópicos levantados por todas as políticas públicas anteriormente citadas.

O surgimento de um estatuto direcionado às pessoas com necessidades específicas possibilita que esses grupos tenham visibilidade e seus direitos sejam reafirmados. Apesar de no artigo 5º da Constituição Federal ser declarado que “Todos são iguais perante a lei, sem distinção de qualquer natureza, garantindo-se aos brasileiros e aos estrangeiros residentes no País a inviolabilidade do direito à vida, à liberdade, à igualdade, à segurança e à propriedade” (Brasil, 1988), esse grupo continua sendo marginalizado e sofre ataques aos seus direitos básicos constantemente.

O Decreto nº 3.298, de 20 de dezembro de 1999, classifica a Deficiência Visual (DV) em dois tipos: cegueira, “na qual a acuidade visual é igual ou menor que 0,05 no melhor olho, com a melhor correção óptica”, e baixa visão, “que significa acuidade visual entre 0,3 e 0,05 no melhor olho, com a melhor correção óptica; os casos nos quais a somatória da medida do campo visual em ambos os olhos for igual ou menor que 60º” (Brasil, 1999, p. 2). Essa definição é bem limitadora, pois reduz a deficiência como baixa visão e a cegueira a um número. Gil (2000) consegue esclarecer de forma contextualizada o que seria a deficiência e as patologias que permeiam essas duas categorias.

Desta forma, a baixa visão refere-se a perda significativa da acuidade visual. O indivíduo com esse tipo de DV pode apresentar dificuldade em ações do dia a dia, como: ler um texto em um tamanho de fonte padrão, pegar um ônibus e, dependendo da acuidade visual, terá que fazer uso de uma tecnologia assistiva para se locomover. Até que fosse comprovado que essas pessoas possuíam um resíduo visual, muitas delas eram compreendidas como cegas, aprendiam a ler e escrever por meio do Sistema Braille. Já a cegueira pode ser subdividida em adquirida e congênita (Gil, 2000).

Quando avaliadas as produções nacionais relacionadas ao Ensino de Química e DV, identificam-se defasagens. No Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciência (ENPEC) no intervalo de 1997 a 2017 só foram apresentados seis trabalhos, o que representa aproximadamente 0,062% do total de trabalhos apresentados nas 20 edições do evento, sobre os temas: Tabela Periódica, soluções e distribuição eletrônica (Arenare & Mól, 2020). Arenare e Mól (2021) verificaram que durante o período de 2014 a 2020 apenas quatro trabalhos envolvendo as temáticas: Deficiência Visual e Ensino de Química foram publicados no Congresso Internacional de Educação Inclusiva (CINTEDI) (Arenare & Mól, 2021). Santos (2019) em seu levantamento bibliográfico também discute sobre essa baixa produção, mesmo tendo na amostragem revistas de destaque nas temáticas de Ensino de Ciências e Ensino de Química, não são encontrados muitos trabalhos.

Nascimento et al. (2020) realizaram uma análise da construção e utilização de material didático para alunos com DV no período de 2009 a 2018, na qual identificaram que dentro da amostragem selecionada – dissertações, artigos científicos e resumos de encontros/congressos – boa parte dos materiais foram construídos a partir de matérias-primas de baixo custo e fácil acesso, além de ser observado o uso da tecnologia acoplada a alguns desses recursos. Porém, existe uma ideia “instrumentalista” desses materiais. Como se eles, por si só, fossem capazes de garantir a aprendizagem. A sua função é auxiliar o professor na mediação do conteúdo por meio da interação social.

Diante do cenário de baixa produção de materiais apontados anteriormente e as lacunas que são geradas durante a formação de professores quando se trata de Educação Especial e Inclusiva, o grupo de pesquisas intitulado “Ciência ao alcance das mãos” buscou por meio deste trabalho fomentar a discussão sobre a importância da produção de materiais didáticos adaptados no Ensino de Química, no âmbito da formação inicial de licenciandos em Química, para alunos com deficiência visual por meio do desenvolvimento de recursos didáticos grafotáteis e ampliados sobre Modelos Atômicos.

2. Metodologia

A pesquisa em questão apresenta uma abordagem qualitativa com pesquisa de campo (Marques *et al.*, 2020; Minayo, 2002), ou seja, os resultados obtidos partem das percepções dos sujeitos com deficiência visual envolvidos na pesquisa a partir da análise dos recursos didáticos produzidos. Segundo Minayo (2002), a investigação qualitativa requer a capacidade de observação e de interação dos pesquisadores com as pessoas envolvidas na pesquisa.

O material foi produzido por meio de uma parceria entre o Instituto Benjamin Constant (IBC) e o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro (IFRJ), no qual desde de 2015 o projeto de iniciação científica “Formando professores para trabalho com pessoas com deficiência visual: desenvolvimento de recursos didáticos especializados de Química e socialização do conhecimento” vêm atuando na produção de materiais didáticos de Química adaptados para alunos com deficiência visual e na formação de professores (inicial e continuada), paralelamente com a divulgação desses conhecimentos por meio de palestras, eventos científicos, publicações e rede social.

O IBC é centro de referência nacional na educação de pessoas com deficiência visual. Os materiais produzidos neste trabalho foram avaliados por revisores cegos e também por alunos cegos e com baixa visão do (9º) nono ano do Ensino Fundamental de 2022 da própria instituição. Após a avaliação e aprovação dos materiais pelos usuários, os mesmos foram depositados na Divisão de Desenvolvimento e Produção de Material Especializado (DPME) do IBC para posterior replicação nacional. No desenvolvimento dos recursos didáticos adaptados foram seguidas as etapas descritas no Quadro 1.

Quadro 1. Etapas percorridas no desenvolvimento dos cadernos pedagógicos.

Etapas	Atividades realizadas
1. Escolha do tema	É realizado um levantamento bibliográfico sobre a produção de materiais didáticos para ADVs na área de Ensino de Química. Em seguida, são escolhidos temas que possuem pouquíssimos ou nenhum material em braille. Essa escolha é ponderada também com a necessidade de produção de materiais do IBC.
2. Escrita	A parte textual é construída colaborativamente entre os professores e licenciandos em Química do projeto por meio de um documento <i>online</i> .
3. Correção	Um copidesque revisa todo o texto e faz as correções ortográficas e gramaticais necessárias.
4. Adaptação	As imagens são criadas utilizando o programa <i>CorelDRAW</i> por uma <i>designer</i> gráfica do IBC baseada nos modelos escolhidos na etapa 2 e o texto é formatado na fonte ampliada e especializada <i>APHont</i> (<i>American Printing House for blind</i>). Essa etapa é destinada aos alunos com baixa visão, as figuras e o texto precisam ser ampliados para possibilitar a leitura do material. As dimensões padrões para os cadernos que vem sendo adotada é de 28 cm x 29 cm.
5. Transcrição	Para os alunos cegos o texto em tinta é transcrito para o braille usando o programa Braille Fácil 5.0 e a Grafia Química Braille.
6. Revisão	É feito o encaixe do braille com a tinta. Para confirmar se os textos conferem é realizada uma leitura de confronto, onde um revisor cego do IBC ao lado de um vidente lê o material página a página.
7. Texturização	Para tornar as figuras e gráficos acessíveis para os alunos cegos, é feita a texturização de cada um deles com materiais de papelaria, tais como linhas, diversos tipos de papéis, tecidos, lixas, etc.
8. Impressão	Por meio do processo de termoformagem em uma máquina <i>Thermoform</i> , as texturas produzidas são impressas em uma fina película de poli (cloreto de vinila) (PVC).
9. Avaliação	Os revisores cegos avaliam o recurso didático, os erros e mudanças apontadas por eles são modificadas. Com o material mais refinado, os alunos (cegos e com baixa visão) da Educação Básica do IBC o avaliam.

Fonte: Autores (2022).

Os cadernos foram divididos em duas partes. Essa divisão se deu porque a parte textual desenvolvida estava extensa. A primeira parte foi intitulada “Evolução dos Modelos Atômicos – Do átomo filosófico ao modelo de Dalton” e a segunda de “Evolução dos Modelos Atômicos – Do modelo de Thomson ao modelo de Bohr”. Além disso, ao longo dos cadernos são distribuídos *QR Codes* com a bibliografia dos cientistas e algumas curiosidades. A parte referente a esse recurso de acessibilidade foi recentemente publicada por nosso grupo (Estevão *et al.*, 2022), portanto, neste trabalho iremos abordar as texturizações das figuras que foram realizadas e sua recepção pelos alunos.

3. Resultados e Discussão

A fim de contribuir para as produções da área e tentar minimizar a escassez de materiais didáticos especializados da área da Química apontados por Arenare, Mól (2020) e Santos (2020) foram construídos dois cadernos pedagógicos sobre a “Evolução dos Modelos Atômicos” por meio de uma parceria IFRJ/IBC. Para a produção foram levados em consideração critérios já pontuados por Cerqueira e Ferreira (1996) e Silva (2017) como essenciais, tais como: tamanho, significação tátil, aceitação e segurança, estimulação visual (para os alunos com baixa visão), fidedignidade ao modelo original, resistência, eliminação de detalhes meramente ilustrativos, fonte especializada e impressões ampliadas para alunos com baixa visão e a revisão do material grafotátil por usuários cegos.

Mesmo que tenham sido tomados todos os cuidados na confecção do material, é imprescindível que o aluno com DV avalie e dê suas percepções, como foi priorizado nos trabalhos de Cid (2017), Silva (2017) e Santos (2019). Em um mesmo grupo de pessoas com DV, a aceitação e a avaliação do recurso podem ser totalmente diferentes. Isso porque cada pessoa pode ter adquirido a deficiência em diferentes momentos da vida, podem ter sensibilidades no tato diferentes, podem ler um material em braille ou utilizem um ledor, entre outros.

Na texturização, as imagens e gráficos são adaptados para os alunos cegos, cria-se o relevo. São utilizados materiais de baixo custo e fácil acesso, como: linhas, botões, papéis, tecidos, lixas e *stickers*. A Figura 1 foi texturizada¹ utilizando apenas uma linha de algodão (tipo corrente) e cola branca. Foi dado certo distanciamento de um círculo para o outro, respeitando a numeração em braille, para que no processo seguinte a textura não estivesse sobreposta ao braille.

Figura 1. Texturização da representação esquemática do lugar natural de cada elemento segundo Aristóteles.



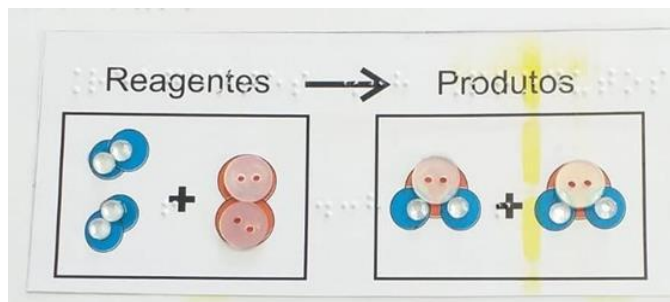
Fonte: Autores (2021).

A Figura 2, representa a reação de formação da água, foram utilizados botões e *stickers*. No lado dos reagentes há duas moléculas de hidrogênio (H_2), que foram simbolizadas pelos *stickers*, e uma de oxigênio (O_2), representada pelos botões de plástico de tamanho médio. Essas texturas, além de representarem esses dois átomos, tiveram como função representar também a diferença entre os raios atômicos dos elementos químicos. Como o hidrogênio tem o menor raio atômico, foi

¹ Fornecimento de relevo à figura através de diferentes linhas, papéis, tecidos etc.

representado por *stickers* e o oxigênio que tem um raio maior, pelo botão. Para as moléculas de H_2 , os dois *stickers* foram colados bem próximos com uma cola instantânea. O mesmo padrão foi seguido para a molécula de O_2 , só que com os botões. Já para as moléculas de água, o produto da reação, o botão ficou entre os dois *stickers*, que estavam dispostos em uma geometria angular (Figura 2).

Figura 2. Texturização da representação de uma reação química.



Fonte: Autores (2021).

Após essa explanação inicial do átomo filosófico, a primeira parte do caderno é encerrada com a primeira teoria atômica. Como o modelo proposto por Dalton se assemelha a uma bola de bilhar e o átomo é definido como indivisível, utilizou-se uma lixa de madeira de gramatura P50. Foi recortada no formato de um círculo (representação bidimensional) e colada na página com a parte áspera para cima conforme apresenta a Figura 3.

Figura 3. Texturização do Modelo de Dalton.

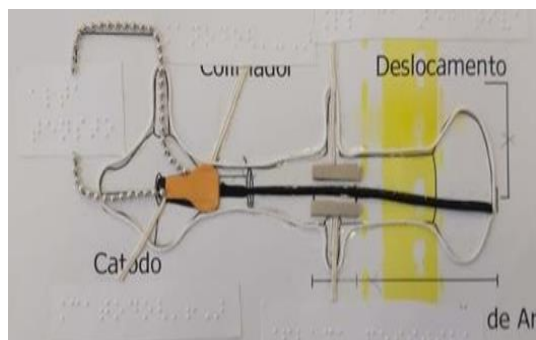


Fonte: Autores (2021).

Caso o aluno cego tivesse contato direto e explorasse o material com esse tipo de textura mais grosseira, sua segurança seria colocada em risco de acordo com Cerqueira e Ferreira (1996) e reiterado por Silva (2017), Cid (2017) e Santos (2019) devido a aspereza da lixa. Entretanto, como na etapa de impressão foi utilizada uma película plástica para criar o alto relevo, a textura será abrandada. Diante disso, quando o aluno tocar a figura ou gráfico para explorá-los, não terá incômodo ao tato ou risco de machucar suas mãos.

A Figura 4 demonstra a texturização da aparelhagem utilizada por Thomson na experimentação dos raios catódicos. Como na figura 4 existem muitos elementos, diversos materiais foram utilizados para diferenciar cada elemento da experimentação. Abaixo listamos quais materiais foram utilizados para cada elemento:

Figura 4. Texturização da aparelhagem utilizada por Thomson na experimentação dos raios catódicos.



Texturas utilizadas:

- Tubo de raios catódicos: linha de algodão (tipo corrente);
- Placas: papel paraná (1,0 mm);
- Raios catódicos: linha cordonê encerada 1mm;
- Anodo e catodo: papel cartão liso, com três camadas sobreposta para dar altura;
- Alta tensão: linha de cordão de bolinhas (2,5 mm).

Fonte: Autores (2021).

O modelo atômico proposto por Thomson era definido como uma esfera (um círculo na escala bidimensional aqui representada) carregada positivamente com elétrons incrustados. Manteve-se a mesma textura do átomo de Dalton com acréscimo de pequenos *stickers* (elétrons). Na Figura 5 é possível observar como ficou a texturização.

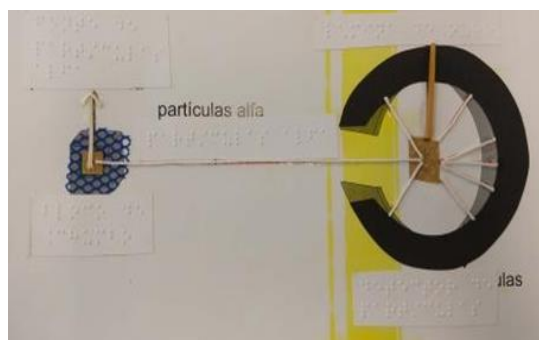
Figura 5. Texturização do modelo atômico proposto por Thomson.



Fonte: Autores (2021).

Assim como a texturização do experimento dos raios catódicos, a Figura 6 apresenta muitos detalhes. Como é necessário diversificar o uso dos materiais, ampliamos as matérias-primas. Abaixo é indicada quais foram empregadas para representar o experimento com partículas alfa de Rutherford:

Figura 6. Texturização do experimento com partículas alfa de Rutherford.



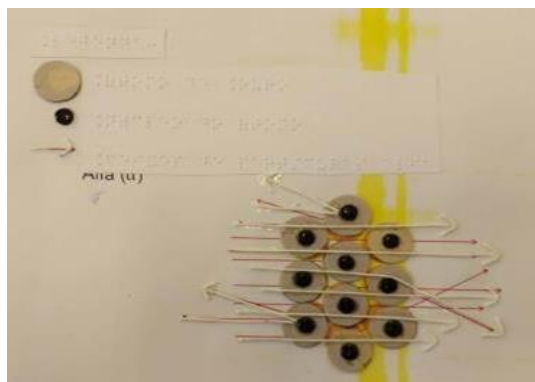
Texturas utilizadas:

- Bloco de Chumbo: tecido de poliéster com formato hexagonal;
- Polônio: papel kraft tracejado;
- Seta indicando o Polônio: linha de algodão trançada;
- Partículas alfa: linha de algodão (tipo corrente);
- Detector de partículas: lixa d'água gramatura P180;
- Placa de ouro: papel kraft pontilhado;
- Seta indicando a placa de ouro: palito de fósforo.

Fonte: Autores (2021).

Em algumas figuras nas quais a legenda precisou ser modificada ou que não estava previamente transcrita para o braille, foi necessário escrevê-las manualmente na máquina de datilografia braille. Após o revisor conferir a escrita, a palavra ou frase era recortada e colada no local correto com o auxílio de uma fita dupla face. Para representar o espalhamento de partículas alfa pela placa de ouro foi desenvolvida a Figura 7. Ela demonstra que as partículas podem atravessar, em virtude dos espaços vazios que existem na matéria, ou sofrer espalhamento ao se chocar com o núcleo do átomo.

Figura 7. Texturização da representação do espalhamento das partículas alfa na lâmina de ouro.



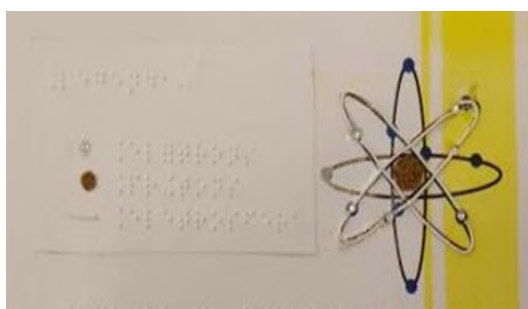
Texturas utilizadas:

- Átomo: papel paraná 1,0 mm;
- Núcleo do átomo: botão de plástico pequeno;
- Feixes de partícula alfa: linha de algodão (tipo corrente).

Fonte: Autores (2021).

No modelo proposto por Rutherford, Figura 8, foram mantidos três materiais utilizados anteriormente para padronizar. Os elétrons foram representados por *stickers* pequenos, a eletrosfera por linha de algodão (tipo corrente) e o núcleo do átomo pela lixa de madeira de gramatura P50. Como foram representados apenas seis elétrons ao redor do núcleo, foram utilizadas apenas duas camadas eletrônicas. Muitas vezes, no momento da texturização, algo é alterado, então comunicamos a *designer* e ela faz a alteração do desenho em tinta, com isso posteriormente o encaixe braille-tinta é alcançado.

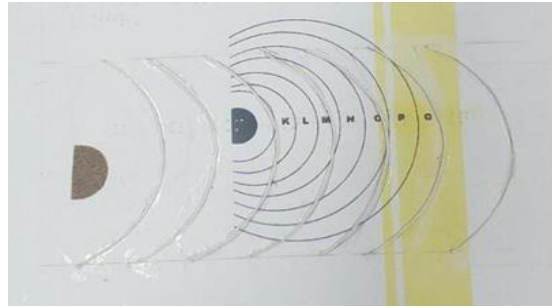
Figura 8. Texturização da representação do modelo atômico proposto por Rutherford.



Fonte: Autores (2021).

Na Figura 9, modelo proposto por Bohr das sete camadas eletrônicas, as mesmas texturas da figura anterior foram utilizadas, com exceção dos *stickers*. Nesta imagem foi necessário ajustar o tamanho dessas camadas, de forma que houvesse espaço entre as letras que representam as camadas em braille. Com isso, desenhamos novamente as camadas em lápis e a linha foi colocada seguindo essa nova orientação.

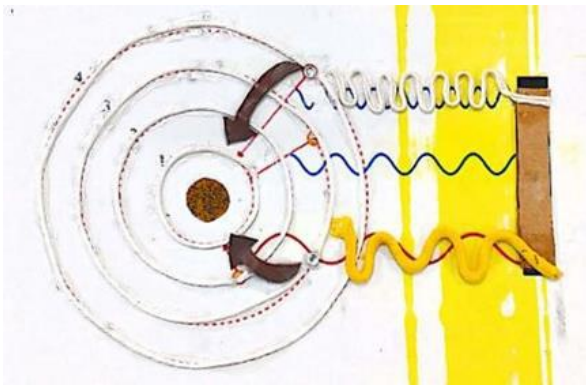
Figura 9. Texturização do modelo atômico proposto por Bohr.



Fonte: Autores (2021).

A Figura 10 discute a relação do salto quântico com a liberação de energia eletromagnética, ou seja, quanto maior a liberação de energia, menor será o comprimento de onda observado. Foi representado o salto quântico de dois elétrons em diferentes camadas. Os elementos semelhantes à texturização anterior foram mantidos, os novos foram representados pelos seguintes materiais:

Figura 10. Texturização do salto quântico com liberação de energia eletromagnética.



Texturas utilizadas:

- Seta do salto: tecido em couro com duas camadas sobrepostas;
- Onda eletromagnética com maior comprimento: linha de algodão cordonê encerada 2 mm;
- Onda eletromagnética com menor comprimento: linha de algodão trançada;
- Elétrons: stickers;
- Camadas eletrônicas: linda de algodão (tipo corrente).

Fonte: Autores (2021).

Em seguida, partimos para o processo de termoformação (também conhecido como termoformagem), no qual se cria um relevo em uma película de PVC. É utilizada uma máquina *Thermoform*, uma termoduplicadora, onde é colocada uma fina película de PVC sobre um molde (a página com as figuras texturizadas) e por um aquecimento, a película ganha a forma das texturas utilizadas (Cid, 2017). Na Figura 11 é possível observar a máquina *Thermoform* e a película.

Figura 11. Máquina *Thermoform* e película PVC.



Fonte: Autores (2021).

Esse processo é feito manualmente e demora poucos segundos. A principal vantagem de utilizá-lo é que o material se torna passível de distribuição para instituições de ensino públicas que atendam alunos com deficiência visual, já que a termoduplicação possibilita, por um baixo custo, que esse material seja replicado inúmeras vezes.

Após a avaliação dos revisores cegos do IBC, descrita por Estevão e colaboradores (2022), os cadernos foram testados com os alunos do ensino básico. Foram construídos quatro formulários com perguntas semiabertas para abranger tanto os alunos cegos quanto os com baixa visão. A avaliação contou com a participação de 6 alunos (3 cegos e 3 com baixa visão) do (9º) nono ano do Ensino Fundamental, com faixa etária entre 16 a 19 anos, que já tinham visto o conteúdo semanas anteriores na disciplina de Ciências. Todos que participaram assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) que permite o uso e divulgação das opiniões e imagens. No caso dos alunos menores de idade, os responsáveis assinam o TCLE e os alunos assinam o Termo de Assentimento Livre e Esclarecido (TALE).

As perguntas realizadas sobre o caderno de Evolução dos Modelos Atômicos – Do átomo filosófico ao modelo de Dalton estão demonstradas no Quadro 2. Neste formulário as perguntas tinham como objetivo verificar qual o contato deles com o conteúdo, com materiais didáticos especializados e com o recurso do *QR Code*.

Quadro 2. Formulário de avaliação dos alunos sobre o material “Evolução dos Modelos Atômicos – Do átomo filosófico ao modelo de Dalton”.

Perguntas para os alunos com baixa visão	Perguntas para os alunos cegos
1) A fonte (modelo e tamanho) utilizada está adequada para você?	1) O Sistema Braille está legível?
2) Você costuma receber materiais ampliados? Qual (is)?	2) Você já aprendeu esta matéria?
3) Você já aprendeu esta matéria?	3) Nesta pergunta, uma página integralmente em texto deve ser escolhida pelo professor e lida pelo aluno. O número da página lida foi _____. O aluno conseguiu ler bem?
4) Nesta pergunta, uma página integralmente em texto deve ser escolhida pelo professor e lida pelo aluno. O número da página lida foi _____. O aluno conseguiu ler bem?	4) Você consegue perceber na Figura 1 qual o lugar natural de cada um dos quatro elementos descrito por Aristóteles?

5) Você consegue perceber na Figura 1 qual o lugar natural de cada um dos quatro elementos descrito por Aristóteles?	5) Caso a resposta da pergunta anterior tenha sido afirmativa, indique o número da esfera correspondente a cada um dos elementos abaixo <input type="checkbox"/> Terra <input type="checkbox"/> Água <input type="checkbox"/> Ar <input type="checkbox"/> Fogo
6) Caso a resposta da pergunta anterior tenha sido afirmativa, indique o número da esfera correspondente a cada um dos elementos abaixo <input type="checkbox"/> Terra <input type="checkbox"/> Água <input type="checkbox"/> Ar <input type="checkbox"/> Fogo	6) Você já fez uso de <i>QR Codes</i> ?
7) Você já fez uso de <i>QR Codes</i> ?	7) Teve alguma dificuldade para localizar o <i>QR Code</i> no material? Se sim, qual?
8) Teve alguma dificuldade para localizar o <i>QR Code</i> no material? Se sim, qual?	8) Você teve alguma dificuldade para escanear o <i>QR Code</i> ou alguma dificuldade de acesso à internet? Se sim, qual?
9) Você teve alguma dificuldade para escanear o <i>QR Code</i> ou alguma dificuldade de acesso à internet? Se sim, qual?	9) Você achou interessante o uso desse tipo de recurso no material?
10) Você achou interessante o uso desse tipo de recurso no material?	10) Você acredita que as informações de bibliografia do cientista e curiosidades foram um elemento importante para compreensão do conteúdo?
11) Você acredita que as informações de bibliografia do cientista e curiosidades foram um elemento importante para compreensão do conteúdo?	11) Você conseguiu identificar na Figura 2 quais são os produtos e reagentes da reação química representada?
12) Você conseguiu identificar na Figura 2 quais são os produtos e reagentes da reação química representada?	12) Quantas texturas você reconheceu na Figura 3 (Modelo atômico de Dalton)? Por que você acha que apenas uma textura foi utilizada na representação deste modelo?
13) Quantas cores você reconheceu na Figura 3 (Modelo atômico de Dalton)? Por que você acha que apenas uma cor foi utilizada na representação deste modelo?	13) Como você classificaria este material?
14) Como você classificaria este material?	14) Com suas palavras, comente a pergunta anterior, colocando o seu ponto de vista, mostrando se alteraria algo deste material que não ficou claro para o seu entendimento.
15) Com suas palavras, comente a pergunta anterior, colocando o seu ponto de vista, mostrando se alteraria algo deste material que não ficou claro para o seu entendimento.	

Fonte: Autores (2021).

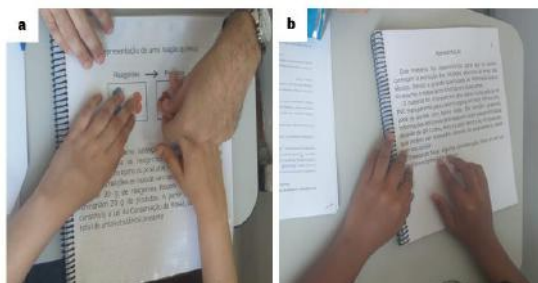
Os alunos indicaram que é comum o uso desses materiais em todas as disciplinas. Como eles estão inseridos em uma instituição especializada, a disponibilidade desses e outros recursos pedagógicos são vasto, muito diferente das escolas públicas regulares.

Apesar de serem aplicados diferentes formulários para os alunos cegos e com baixa visão, a maior parte das questões são semelhantes. A fonte (modelo e tamanho) utilizada foi classificada como adequada, o braille estava legível e a leitura tanto das páginas em tinta quanto das páginas em braille foram lidas corretamente por todos. As figuras estavam claras e objetivas, os estudantes conseguiram identificar as informações contidas nelas e compreenderam o significado das representações. A

Figura 12 mostra como os alunos cegos, com o auxílio de um professor de Química, analisaram as figuras e o texto em braille do caderno

Figura 12. Alunos avaliando material didático.

- a) Aluno cego tateando os relevos da película de PVC de uma figura, b) Aluno fazendo a leitura do braille.



Fonte: Autores (2021).

O recurso de *QR Code* foi uma maneira que o grupo escolheu para minimizar a parte textual e utilizar também a audição, estimulando, dessa forma, outro sentido remanescente. Como nunca tinha sido utilizado esse recurso nos cadernos pedagógicos e na avaliação dos revisores as opiniões divergiram (um revisor foi bem receptivo e ressaltou a importância da inserção de tecnologias no dia a dia das pessoas com deficiência visual, enquanto o outro apresentou resistência), não tínhamos perspectivas da recepção dos estudantes. O formulário demonstrou que a maioria dos alunos nunca fez uso do *QR Code*, que dois dos três alunos com baixa visão tiveram dificuldade para localizar o código na página, apesar de ter uma chamada no texto e uma legenda antes da figura. Todos tiveram ajuda para ouvir os áudios como demonstra a Figura 13, utilizando na maioria das vezes o celular do professor.

Figura 13. Aluno testando o recurso do *QR Code* com o auxílio do professor.



Fonte: Autores (2021).

Alguns discentes não levam o telefone para o instituto, em outros casos o modelo de telefone não lê o *QR Code* diretamente pela câmera (precisava de um aplicativo para a leitura) ou a tela do celular estava sem foco e alguns alunos estavam sem rede móvel. Apesar desses obstáculos, a inserção do recurso foi avaliada como interessante e as informações complementares da bibliografia dos cientistas foram um elemento importante para compreensão do conteúdo. O material como um todo foi avaliado como bom e segundo uma aluna cega “*Deu pra perceber direitinho, as representações e o braille*”. A única sugestão dada por outro aluno cego foi adicionar um sumário no material.

A avaliação do caderno de Evolução dos Modelos Atômicos – Do modelo de Thomson ao modelo de Bohr também foi feita por meio da mediação de um professor de Química. O material contém todas as figuras ampliadas e em relevo, para melhor percepção dos alunos, mas o professor deve estar ali para orientar e auxiliar aos alunos na visualização das texturas com a ponta dos dedos (Souza, 2022).

As perguntas realizadas estão detalhadas no Quadro 3.

Quadro 3. Formulário de avaliação dos alunos sobre o material “Evolução dos Modelos Atômicos – Do modelo de Thomson ao modelo de Bohr”

Perguntas para os alunos com baixa visão	Perguntas para os alunos cegos
1) A fonte (modelo e tamanho) utilizada está adequada para você?	1) O Sistema Braille está legível?
2) Você costuma receber materiais ampliados? Quais?	2) Você já aprendeu esta matéria?
3) Você já aprendeu esta matéria?	3) Nesta pergunta, uma página integralmente em texto deve ser escolhida pelo professor e lida pelo aluno. O número da página lida foi ____. O aluno conseguiu ler bem?
4) Nesta pergunta, uma página integralmente em texto deve ser escolhida pelo professor e lida pelo aluno. O número da página lida foi _____. O aluno conseguiu ler bem?	4) Você consegue perceber na Figura 4 a deflexão do feixe de partículas após passar pela placa positiva?
5) As cores utilizadas nas figuras fornecem contrastantes, de modo que todos os elementos pudessem ser identificados com facilidade?	5) As experimentações com os raios catódicos coordenadas por Thomson foram responsáveis pela descoberta de quais partículas subatômicas?
6) Você consegue perceber na Figura 4 a deflexão do feixe de partículas após passar pela placa positiva?	6) Você conseguiu identificar alguma diferença entre os modelos atômicos de Dalton (Figura 3) e Thomson (Figura 5)?
7) As experimentações com os raios catódicos coordenadas por Thomson foram responsáveis pela descoberta de quais partículas subatômicas?	7) Na Figura 6, você consegue identificar o que acontece com as partículas alfa quando elas incidem na lâmina de Ouro?
8) Você conseguiu identificar alguma diferença entre os modelos atômicos de Dalton (Figura 3) e Thomson (Figura 5)?	8) Na Figura 7 é detalhado a nível microscópico o espalhamento das partículas alfa na lâmina de ouro. Por que algumas partículas são desviadas?
9) Na Figura 6, você consegue identificar o que acontece com as partículas alfa quando elas incidem na lâmina de Ouro?	9) Na Figura 8, quantos elétrons existem na eletrosfera?
10) Na Figura 7 é detalhado a nível microscópico o espalhamento das partículas alfa na lâmina de ouro. Por que algumas partículas são desviadas?	10) Na Figura 9, você consegue identificar quantas camadas eletrônicas existem ao redor do núcleo?
11) Na Figura 8, quantos elétrons existem na eletrosfera?	11) Na Figura 10, você consegue identificar a transição eletrônica que está ocorrendo? Se sim, de qual camada o elétron está saindo e para qual vai?

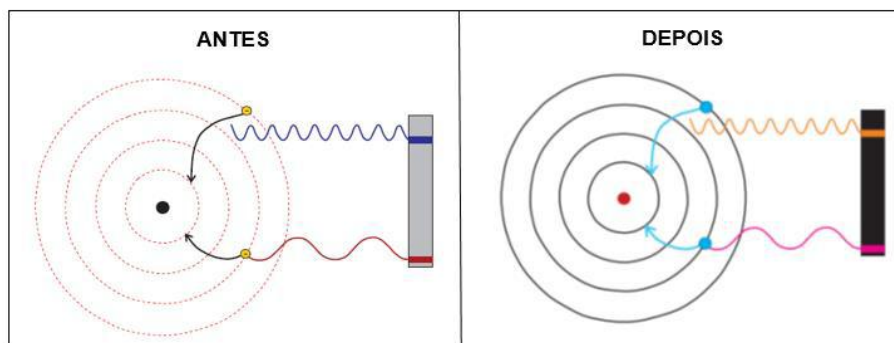
12) Na Figura 9, você consegue identificar quantas camadas eletrônicas existem ao redor do núcleo?	12) Você conseguiu identificar na Figura 10 as diferenças do comprimento de energia eletromagnética liberada entre os dois saltos representados? Se sim, qual é a relação entre o comprimento de onda e o salto do elétron entre as camadas?
13) Na Figura 10, você consegue identificar a transição eletrônica que está ocorrendo? Se sim, de qual camada o elétron está saindo e para qual vai?	13) Como você classificaria este material?
14) Você conseguiu identificar na Figura 10 as diferenças do comprimento de energia eletromagnética liberada entre os dois saltos representados? Se sim, qual é a relação entre o comprimento de onda e o salto do elétron entre as camadas?	14) Com suas palavras, comente a pergunta anterior, colocando o seu ponto de vista, mostrando se alteraria algo deste material que não ficou claro para o seu entendimento.
15) Como você classificaria este material?	
16) Com suas palavras, comente a pergunta anterior, colocando o seu ponto de vista, mostrando se alteraria algo deste material que não ficou claro para o seu entendimento.	

Fonte: Autores (2021).

Neste segundo material há mais representações e a maior parte delas é mais complexa, logo, foi necessário utilizar mais materiais na texturização, portanto a película possui mais texturas e relevos. Para os discentes com baixa visão é necessário verificar se as cores utilizadas tinham contraste e se a ampliação das figuras estava adequada.

As respostas em relação ao significado dos elementos das representações, identificação dos fenômenos que estavam ocorrendo e de dados presentes nas figuras foram satisfatórias. Na representação da experimentação sobre os raios catódicos proposta por Thomson, especificamente a pergunta seis do formulário destinado aos alunos com baixa visão, há uma deflexão do feixe de partículas após passar pela placa positiva. Esse fenômeno foi indicado por um dos alunos com baixa visão como uma “*pequena inclinadinha*”. Assim como na primeira parte houve sugestões para melhorar o material, a figura que representa o salto quântico (aqui representado pela Figura 14) sofreu modificações.

Figura 14. Representação do salto quântico em tinta antes e após as modificações sugeridas.



Fonte: Autores (2021).

Antes, as camadas eletrônicas eram representadas por uma linha pontilhada. Segundo os alunos com baixa visão, a linha estava muito clara e para ficar mais evidente poderia ser utilizada uma linha cheia. Além de mudarmos o tipo de linha,

mudamos a cor dela e de outros elementos. Para que os outros elementos se destacassem utilizamos cores mais vibrantes. Assim como na primeira parte, foi solicitado pelos alunos cegos o acréscimo de um sumário.

4. Considerações Finais

Os materiais produzidos foram avaliados e aprovados por pessoas com deficiência visual (cegos e com baixa visão). É imprescindível a participação ativa dessas pessoas na construção de produtos destinados a elas. Foram seguidas todas as recomendações dos revisores e dos alunos para aprimorar cada vez mais o material. Apesar dos alunos apresentarem dificuldade para acessar os *QR Codes*, por não estarem com seus celulares ou por não terem rede móvel, as informações sobre a bibliografia dos cientistas e curiosidades no formato de áudio foram classificadas pelos alunos como um elemento importante para compreensão do conteúdo. Em breve os cadernos pedagógicos farão parte do catálogo de materiais de Química do IBC destinados à distribuição nacional para alunos com deficiência visual matriculados em instituições públicas de ensino. Os materiais produzidos foram registrados com número de ISBN junto à Câmara Brasileira do Livro.

Como sugestões para trabalhos futuros são necessários criar materiais adaptados para alunos com deficiência visual nas áreas de Química Orgânica, Eletroquímica e Química Ambiental, pois são áreas escassas de materiais didáticos acessíveis para pessoas com deficiência.

Referências

- Arenare, E. C. C., & Mól, G. de S. (2021). Teaching of Chemistry and Visual Deficiency: mapping the research in CINTEDI(s) (2014-2020). *Research, Society and Development*, 10(15), e151101521358. <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i15.21358>.
- Arenare, E. C. C. & Mól, G. S. (2020). Educação Inclusiva e Deficiência Visual: mapeamento do ensino de química nos encontros nacionais de pesquisa em ensino de ciências (ENPECs-1997-2017). *Research, Society and Development*, 9(5), e22953047-e22953047. doi: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i5.3047>.
- Brasil. Constituição (1988). https://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/518231/CF88_Livro_EC91_2016.pdf.
- Brasil. Declaração de Salamanca (1994). <http://portal.mec.gov.br/seesp/arquivos/pdf/salamanca.pdf>.
- Brasil. Decreto n. 3.298 (1999). http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/d3298.htm.
- Brasil. Decreto n. 5.296 (2004). http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/decreto/d5296.htm.
- Brasil. Decreto n. 5.626 (2005). http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2005/decreto/d5626.htm.
- Brasil. Lei n. 9.394 (1996). <http://portal.mec.gov.br/seed/arquivos/pdf/tvescola/leis/lein9394.pdf>.
- Brasil. Lei n. 10.436 (2002). http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2002/110436.htm.
- Brasil. Lei n. 13.146 (2015). http://www.punf.uff.br/inclusao/images/leis/lei_13146.pdf.
- Cerqueira, J. B., & Ferreira, E. D. M. B. (2000). Recursos didáticos na educação especial. *Revista Benjamin Constant*, (15), 15-20.
- Cid, T. P. (2017). Cinética química na ponta dos dedos: um recurso de tecnologia assistiva para alunos com deficiência visual (Trabalho de Conclusão de Curso). Instituto Federal do Rio de Janeiro, Duque de Caxias, Brasil.
- Depae. Resolução CNE/CEB n° 2 (2001). <http://www.depae.prograd.ufu.br/legislacoes/resolucao-cneceb-no2-de-11-de-setembro-de-2001>.
- Estevão, A. P. S. S., Souza, C. O., Penco, V. S. N. & Silva, A. C. (2022). Adaptação de QR Codes em materiais didáticos de Química para pessoas com deficiência visual: um recurso de acessibilidade. *Revista Concilium*, 22(4), 15-27. doi: <https://doi.org/10.53660/CLM-284-302>.
- Gil, M. (2020). Deficiência Visual. Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação a Distância. <http://portal.mec.gov.br/seed/arquivos/pdf/deficienciavisual.pdf>.
- Marques, P. A., Santos, L. B., Silva, A. C. & Siqueira, A. E. (2020). O sistema solar ao alcance das mãos: uma proposta de material inclusivo. In: Onofre, E. G., Melo, M. M. & Fernandez, S. M. (Org.), *Construindo diálogos na educação inclusiva: acessibilidade, diversidade e direitos humanos* (1ed., 1041-1059): Realize Editora. <https://www.editorarealize.com.br/artigo/visualizar/73816>
- Minayo, M. C. S. (2002). *Ciência, técnica e arte: o desafio da pesquisa social*. Petrópolis: Editora Vozes
- Nascimento, T. S., Machado, S. M. F. & Costa, E. S. (2020) Ensino de Química e a deficiência visual: análise dos inventários descritivos sobre materiais didáticos. *Revista de Ensino de Ciências e Matemática*, 11(6), 350-371. doi: <https://doi.org/10.26843/rencima.v11i6.2545>.

Santos, L. S. (2019). Química ao alcance das mãos: produção de uma Estação de Tratamento de Água bidimensional tátil para alunos com deficiência visual (Trabalho de Conclusão de Curso). Instituto Federal do Rio de Janeiro, Duque de Caxias, Brasil.

Silva, A. C. (2017). A importância do desenvolvimento de um material grafotátil na área de Química para alunos cegos e com baixa visão (Monografia de especialização). Universidade Cândido Mendes, Rio de Janeiro, Brasil.

Souza, C. O. (2022). Do átomo filosófico ao científico: um recurso didático adaptado para alunos com deficiência visual (Trabalho de Conclusão de Curso). Instituto Federal do Rio de Janeiro, Duque de Caxias, 2022.

Unicef. Declaração Universal dos Direitos Humanos (1948). <https://www.unicef.org/brazil/declaracao-universal-dos-direitos-humanos>.