



**UNIVERSIDADE FEDERAL  
DO RIO DE JANEIRO**

UFRJ

INSTITUTO DE QUÍMICA – IQ UFRJ  
LICENCIATURA EM QUÍMICA

**Representação em relevo de moléculas orgânicas  
por impressão 3D**

STEPHANIE CARDOSO GRAÑA FANTINATTI

RIO DE JANEIRO  
2019

**STEPHANIE CARDOSO GRAÑA FANTINATTI**

*Representação em relevo de moléculas orgânicas por impressão 3D*

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Licenciatura em Química.

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Cunha Michel

RIO DE JANEIRO

2019

**STEPHANIE CARDOSO GRAÑA FANTINATTI**

*Representação em relevo de moléculas orgânicas por impressão 3D*

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Licenciatura em Química.

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Cunha Michel

---

Prof. Dr. José Celestino de Barros Neto (DQO – IQ / UFRJ)

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Sabrina Baptista Ferreira (DQO – IQ / UFRJ)

---

Prof. Dr. Ricardo Cunha Michel (Orientador – DQA – IQ / UFRJ)

RIO DE JANEIRO

2019

Dedico este trabalho aos meus pais, a mim mesma e àqueles que sempre estiveram ao meu lado me guiando e apoiando ao longo dessa caminhada.

## **AGRADECIMENTOS**

A Quem olha por mim lá de cima e que diversas vezes tornou o impossível possível.

Aos meus pais, por me apoiarem nessa loucura e virarem suas vidas de cabeça para baixo para realizar o meu sonho. Eu só tenho a agradecer por tudo, vocês são a minha verdadeira inspiração. Durante aqueles momentos mais difíceis onde tudo ficava extremamente complicado, todo o carinho que vocês me proporcionavam e proporcionam vinha à tona e eu lembrava o porquê desistir não era uma opção. Vocês me ensinam todo dia o que é amor e eu espero poder honrar esse sentimento até o fim.

Às minhas melhores amigas, Yasmin Lanatte e Fernanda Guimarães, vulgo Yarmin e Nanda. Vocês são incríveis e indispensáveis. Obrigada por aturarem as minhas loucuras, por estarem ao meu lado nos melhores e piores momentos desses últimos anos e por serem aquele empurrãozinho ou o puxão de orelha que eu precisava. Sou eternamente grata por vocês entrarem na minha vida e me ajudarem a ser um ser humano melhor.

Às minhas amigas Tainara, Giullia, Julia, Luiza e Regina, obrigada por estarem comigo e dividirem meus surtos acadêmicos principalmente agora no final da graduação. Cada uma de vocês tem um lugar cativo dentro do meu coração. Prometo que quando isso tudo se acalmar deixo vocês montarem a minha agenda de eventos. E mais que isso, prometo comparecer a todos.

A todos os outros amigos e colegas que fiz ao longo da graduação. Vocês tocaram a minha vida de formas diferentes, sou eternamente grata.

À Associação Atlética Acadêmica de Química UFRJ por toda a experiência e orgulho que tenho ao longo desses cinco anos, assistindo e participando desde a sua criação até à sua consolidação. Cada lágrima, seja de alegria ou de tristeza, por você, valeu a pena.

Ao Laboratório de Síntese Orgânica e Prospecção Biológica, mais conhecido como 617, por ser o meu 'safe place' durante um bom tempo. Obrigada por me aceitar de braços abertos e me proporcionar uma experiência única e amizades incríveis.

Ao Professor Ricardo Michel, pela orientação e auxílio nesse trabalho.

Ao Instituto Benjamin Constant, mais especificamente ao Prof. Aires da Conceição Silva e às revisoras Cláudia dos Anjos Vidal e Jéssica Medina pela colaboração e o carinho.

A todos os servidores do IQ, principalmente ao Alexandre que me ajudou em diversos momentos de necessidade, à Dona Delair e o seu cafezinho matinal e à tia Andreia por cuidar de mim e da minha segunda casa.

À UFRJ por ser o lugar onde comecei a viver o meu sonho.

## RESUMO

### PROJETO DE CURSO – IQWX01

**TÍTULO:** REPRESENTAÇÃO EM RELEVO DE MOLÉCULAS ORGÂNICAS POR IMPRESSÃO 3D

**ALUNO:** Stephanie Cardoso Graña Fantinatti

**ORIENTADOR:** Ricardo Cunha Michel, DQA – Instituto de Química – UFRJ

Ao analisar a Educação Brasileira nos dias de hoje, vê-se que dentre tantos problemas a Educação Especial vem ganhando relevância no âmbito social. A dificuldade de trabalhar a inclusão de crianças com necessidades especiais nas escolas regulares fez vir à tona a falta de preparo da comunidade diante deste assunto. A visão é um dos sistemas sensoriais responsáveis pela troca de informações entre o indivíduo e o mundo que o cerca. Na falta dela, um aluno deficiente visual precisa de um professor capaz de reinventar a sua prática pedagógica e recursos didáticos que o auxiliem no processo de aprendizagem. Vale ressaltar que o material auxiliar mais disseminado nas escolas são os livros didáticos. O foco no uso destes torna inacessível certos conceitos e percepções que são obtidas a partir da visão. Assim, para auxiliar tanto os alunos normovisuais quanto os deficientes visuais, surgem tecnologias assistivas que fortificam o processo de aprendizagem de tais tópicos. O processo metodológico se baseia numa pesquisa-ação, onde se identifica um problema e se propõe uma solução. Neste trabalho, o foco é a produção de um recurso que trabalhe dentro da Química Orgânica o tópico de Funções Orgânicas capaz de descrever bidimensionalmente, através de impressão 3D, estruturas moleculares e suas respectivas nomenclaturas em caracteres latinos e em braille. Durante o processo de confecção do material houve o uso de softwares de livre acesso para que a metodologia fosse de fácil acesso e reprodutível. Para fornecer um suporte aos professores em suas aulas de Química Orgânica, foram produzidas placas bidimensionais com intuito de auxiliar a compreensão das estruturas orgânicas presentes nos livros didáticos. Outra etapa do trabalho correspondeu à avaliação do produto, com o auxílio de duas revisoras do Instituto Benjamin Constant. Como apontamento, foram definidos os desenhos das moléculas compatíveis com o formato usado por professores e livros didáticos de acordo com os pontos positivos e negativo do diagnóstico feito nas placas. Assim foi possível o desenvolvimento de uma metodologia acessível e de fácil reprodução que pode ser adaptada em diversas situações pedagógicas de acordo com as necessidades do educador.

## Sumário

<b>1. Introdução</b> .....	pág.12
<b>2. Objetivo</b> .....	pág.13
<b>2.1. Objetivos Específicos</b> .....	pág.13
<b>3. Referencial Teórico</b> .....	pág.14
3.1. Deficiência Visual .....	pág.14
3.2. Teorias de Aprendizagem .....	pág.22
3.3. Legislação e Educação Especial .....	pág.23
3.4. Ensino de Química e Materiais Didáticos Adaptados .....	pág.28
<b>4. Metodologia</b> .....	pág.33
4.1. Desenvolvimento da ideia .....	pág.33
4.2. Escolha e criação das moléculas .....	pág.33
4.3. Modelagem 3D .....	pág.34
<b>5. Resultados e Discussão</b> .....	pág.43
<b>6. Considerações Finais</b> .....	pág.49
<b>7. Referências Bibliográficas</b> .....	pág.51
<b>8. Anexo I</b> .....	pág.55
<b>9. Anexo II</b> .....	pág.56



## Índice de Abreviaturas

<b>3D</b>	Tridimensional
<b>DV</b>	Deficiente Visual
<b>TA</b>	Tecnologia Assistiva
<b>ONU</b>	Organização das Nações Unidas
<b>OMS</b>	Organização Mundial da Saúde
<b>IBC</b>	Instituto Benjamin Constant
<b>LDBEN</b>	Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional
<b>MEC</b>	Ministério da Educação
<b>CENESP</b>	Centro Nacional de Educação Especial
<b>UNESCO</b>	Org. das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura
<b>PCN</b>	Parâmetro Curricular Nacional
<b>NEE</b>	Necessidades Educacionais Especiais
<b>NAPNE</b>	Núcleo de Atenção a Pessoas com Necessidades Específicas
<b>ABS</b>	Acrilonitrila Butadieno Estireno
<b>Inep</b>	Insti. Nac. de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira

## Índice de Figuras

<b>Figura 1:</b> Número de Matrículas da Educação Especial em Classes Comuns e Exclusivas .....	pág.26
<b>Figura 2:</b> Número de Matrículas da Educação Especial em Classes Comuns e Exclusivas Por Região .....	pág.26
<b>Figura 3:</b> Alfabeto Braille .....	pág.29
<b>Figura 4:</b> Especificidades de um material tátil .....	pág.32
<b>Figura 5:</b> Ordem de uso dos programas para a confecção da impressão 3D.....	pág.35
<b>Figura 6</b> Captura de tela do software Inkscape referente à 1ª etapa .....	pág.35
<b>Figura 7:</b> Captura de tela do software Inkscape referente à 2ª etapa .....	pág.36
<b>Figura 8:</b> Captura de tela do software Inkscape referente à 3ª etapa .....	pág.37
<b>Figura 9:</b> Captura de tela do software Inkscape referente à 4ª Etapa .....	pág.37
<b>Figura 10:</b> Comparação entre o arquivo .png (à esquerda) e o dxf (à direita) mostrando a diferença entre as duas representações. A do arquivo png representa os pixels individuais, enquanto a representação vetorial (em formato dxf) representa as regras utilizadas para reconstruir o objeto .....	pág.38
<b>Figura 11:</b> Captura de tela do software OpenScad. À esquerda há parte da etapa do programa responsável por descrever latinos em braille .....	pág.39
<b>Figura 12:</b> Captura de tela do software OpenSCAD com a parte inicial da linguagem programacional adaptada .....	pág. 39

<b>Figura 13:</b> Imagem do arquivo stl da placa referente à molécula 1,2-dimetilbenzeno .....	pág.40
<b>Figura 14:</b> Estrutura do monômero do polímero ABS .....	pág.41
<b>Figura 15:</b> Primeiro protótipo de placa da molécula Ácido Benzoico .....	pág.43
<b>Figura 16:</b> Comparação entre o segundo modelo de placa do Ácido Benzoico sobreposto ao primeiro .....	pág.44
<b>Figura 17:</b> Comparação do avanço referente à grafia braille .....	pág. 44
<b>Figura 18:</b> Comparação entre as superfícies dos modelos .....	pág.45
<b>Figura 19:</b> Placas referentes às moléculas 4-metilhidroxibenzeno e 3- metilhidroxibenzeno .....	pág. 46
<b>Figura 20:</b> Placas referentes às moléculas 1,2-dimetilbenzeno e 1,4-dimetilbenzeno .....	pág.46
<b>Figura 21:</b> Placas referentes à molécula 3-metilhidroxibenzeno com alturas diferentes. À esquerda uma altura menor que a direita .....	pág. 47

## Índice de Tabelas

**Tabela 1:** Classificação do grau de perda visual.....pág.18

**Tabela 2:** Diferenciação entre a classificação médica e educacional.....pág.19

## 1. INTRODUÇÃO

Nestes últimos anos muitos questionamentos sobre a Educação Inclusiva/Especial surgiram demonstrando o quanto ainda precisa ser feito e a sua relevância no âmbito social. Quando o assunto envolve pessoas com algum tipo de deficiência fica nítido a superestimação do conhecimento popular e todos os preconceitos e estigmas de invalidez e incapacidade inerentes a ele, em detrimento do conhecimento científico e suas reais informações.

A Educação Especial precisa da participação de todos tanto da comunidade escolar quanto da família do indivíduo de uma forma mais ativa. As dificuldades que o ensino regular apresenta para a realidade inclusiva tem como ponto em comum a barreira comunicacional, sendo esse, também, o fator principal para o aprendizado desses alunos.

Este estudo aborda justamente a correlação entre o indivíduo com deficiência visual e a produção de tecnologias assistivas para um bom desenvolvimento escolar. Infelizmente, alguns obstáculos ainda se fazem presentes. Há um longo caminho até conseguir equilibrar essa situação igualando as chances de aprendizagem de uma pessoa deficiente visual (DV) com uma normovisual. O papel do professor nessa história é extremamente importante, principalmente quando se trata da identificação dos alunos cegos e suas peculiaridades, podendo avaliar essas limitações físicas e superá-las de alguma forma com o auxílio de mecanismos pedagógicos que facilitem a aprendizagem e conseqüente desenvolvam o conhecimento cognitivo destes. Tanto a formação de imagens quanto a representação mental e o processo simbólico são tópicos dentro do tema 'Deficientes visuais', que não possuem muitos trabalhos a respeito, evidenciando assim, a necessidade de pesquisas nesse âmbito (RETONDO E SILVA, 2008).

Este trabalho traz uma breve progressão legislativa da história do deficiente visual até os dias de hoje. Aponta como foco o seu ambiente escolar e alguns pontos que giram em torno do seu desenvolvimento no mesmo, especialmente a falta desses materiais auxiliares a fim de garantir um ensino de qualidade. Considerando os desafios inerentes ao ensino de ciências e especificamente química, o objetivo geral é criar e usar uma tecnologia assistiva (TA), como suporte pedagógico no processo de ensino e aprendizagem de alunos com cegueira adquirida.

## 2. OBJETIVO

Este trabalho objetiva o desenvolvimento de um recurso didático como um suporte às aulas de Química Orgânica para alunos cegos e de baixa visão, no formato de placas contendo representações em relevo de moléculas orgânicas, produzidas por impressão 3D.

### 2.1. Objetivos Específicos

- Definir uma forma para o desenho das moléculas, compatível com o formato já usado pelos professores e livros didáticos;
- Desenvolver uma forma do material que possa facilitar a leitura e o uso pelos alunos e pelo professor;
- Desenvolver método de geração das placas, usando programas de código aberto;
- Definir o conjunto de moléculas apresentadas no início do aprendizado de Química Orgânica, produzindo arquivos de impressão para elas, no formato definido neste trabalho, para posterior uso em escolas.

### **3.REFERENCIAL TEÓRICO**

Neste capítulo serão apresentadas as principais questões referentes às pessoas com deficiências visuais, a legislação pertinente, bem como teorias de aprendizado em geral e de Química, em particular.

#### **3.1. A DEFICIÊNCIA VISUAL**

A Educação Especial é um ramo da Educação que, atualmente, vem ganhando maior importância e atenção dentre os problemas sociais. A dificuldade de trabalhar a inclusão de crianças com necessidades especiais nas escolas regulares fez o assunto vir à tona, e com isso toda uma discussão que não poderia ser mais deixada de lado. Nesse processo, criou-se uma onda de mobilização dos profissionais em formação acadêmica, profissionais atuantes e de toda a comunidade escolar para encontrar meios de solucionar essa falta de preparo e descaso com o assunto.

A Declaração dos Direitos das Pessoas Deficientes de 1975 define que pessoas deficientes são “aquelas pessoas incapazes de assegurar por si mesma, total ou parcialmente, as necessidades de uma vida individual ou social normal, em decorrência de uma deficiência, congênita ou não, em suas capacidades físicas ou mentais” (ONU, 1975, p.1).

Em 1994, a Declaração de Salamanca, prestigiada como um dos principais documentos dos direitos educacionais envolvendo princípios e práticas da Educação Especial, veio para garantir que todas as crianças, independentemente de suas condições físicas ou intelectuais, devam frequentar o ensino regular (UNESCO, 1994).

A visão é um dos sistemas sensoriais responsáveis pela obtenção de informações, no qual o indivíduo encontra objetos, e a sua posição no espaço, dependendo unicamente da relação e ação coordenada entre cérebro e o aparelho óptico. Segundo Oliveira (1999), a visão possui a função de criar uma estreita relação entre o sujeito e o mundo objetivo que o cerca, considerando que quatro quintos das impressões que tem do mundo, chegam a ele através dos olhos.

O termo “deficiência visual” é atribuído, na maioria das vezes, às pessoas cegas, ou seja, àqueles que são privados de visão. No entanto, cabe esclarecer que, a heterogeneidade da população que se encaixa nesse grupo, já que além da

possibilidade de perda total da visão, há também casos que tratam da redução da mesma. Sendo assim, o grupo de indivíduos deficientes visuais, são incluídos os que nada enxergam, denominados cegos, e aqueles que mesmo com uso de lentes corretivas, possuem capacidade de ver aproveitando apenas o resíduo de visão, sendo esses denominados pessoas com baixa visão ou visão subnormal.

É importante, porém, destacar que a visão funcional não depende apenas do grau da perda visual de que padece o sujeito, mas também de outros fatores, como a motivação e a atitude que manifesta em face da utilização, os tipos de estímulos que se apresentam a ele e o treinamento que tenha recebido para potencializar ao máximo seu uso. Por essa razão, perdas visuais similares podem gerar capacidades funcionais diferentes (OCHAÍTA; ESPINOSA, 2004, p.154).

A questão abordada por esses dois autores confirma a ideia de Vygotsky (1995; *apud*: GIL, 2009), quando o mesmo afirma que ao se tratar da integração pessoa e mundo, a deficiência visual gera uma espécie de desajuste social. A adaptação desse sujeito no meio social e educacional pode ser afetada. O autor considera também que, já na Idade Média, a cegueira ou a baixa visão eram tidas como lendas e contos de época causadoras de medo e respeito, por acreditarem ser alguma conexão com o sobrenatural.

O desconhecimento sobre o assunto carrega consigo alguns preconceitos. Eles vêm de crenças propagadas desde a Antiguidade, como falado acima, até os dias de hoje com atitudes desmerecedoras no sentido de sempre trazer o ponto da inferioridade e valores anormais associando-os com os deficientes visuais. O resultado disso são sentimentos que variam entre desprezo e chacota até pena e simpatia, quando na verdade o foco deveria ser o negligenciamento que existe sobre os problemas cotidianos enfrentados por essa população.

Independente da visão supersticiosa supracitada, atualmente a Lei traz através do Decreto Nº5.926/04 artigo quarto, inciso III a definição de deficiência visual como:

“ [...] deficiência visual - cegueira, no qual a acuidade visual é igual ou menor que 0,05 no melhor olho, com a melhor correção óptica; a 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 60 graus, ou a ocorrência



simultânea de quaisquer das condições anteriores (BRASIL, 2004, p.2).”

A acuidade visual é um termo importante que aparecerá no decorrer das definições de cegueira ou visão subnormal, por isso é necessário saber o seu significado a fim de entender melhor suas futuras colocações. O embasamento vem de Oliveira, Kara José e Sampaio (2010):

- Acuidade visual: é a capacidade visual de cada olho (monocular) ou de dois olhos em conjunto (binocular). Ou seja, seria o “ver de longe”, que se refere a distância a que um determinado objeto pode ser visto e reconhecido, e qualquer alteração no foco deste, acarreta baixa acuidade visual para longe.

Para aprofundar os conhecimentos sobre deficiência visual, vale fazer algumas comparações, no sentido de rebater os seus conceitos e definições, sempre tendo em mente que elas irão variar de acordo com a área de estudo do pesquisador citado. Exemplificando e seguindo o escopo deste trabalho, seria comparar as definições trazidas da área de saúde e toda sua abrangência e complexidade biológica, com as definições da área educacional e toda sua relação com o desenvolvimento do sujeito e sua interação no meio. No entanto, vale lembrar que, as concepções não são excludentes e sim complementares.

Sob o enfoque educacional, Diehl conceitua a deficiência visual e a baixa visão da seguinte forma:

“A cegueira é a ausência ou perda da visão em ambos os olhos, ou um campo inferior a 0,1 graus no melhor olho, mesmo com o uso de lentes para correção. Sob o enfoque educacional a cegueira representa a perda total ou resíduo mínimo de visão que leva o indivíduo a necessitar o método Braille como meio de leitura e escrita, além de outros recursos didáticos e equipamentos especiais para a educação (...) Visão subnormal ocorre quando o indivíduo possui uma acuidade visual de 6/60 no melhor olho, após a correção máxima. Sob o enfoque educacional, trata-se de resíduo tal que permite ao educando ler material impresso à tinta desde que se empreguem recursos didáticos e equipamentos especializados e ao mesmo tempo, lente de óculos que facilmente corrija algumas deficiências (miopia, hipermetropia etc.) (DIEHL, 2008, p.62; apud: SILVA, 2014).”

O autor evidencia a necessidade de olhar para a deficiência visual com um foco na criação de novas estratégias de superação e não nas dificuldades e limitações

apresentadas pelo aluno. O ponto de vista educacional precisa alinhar os seus conhecimentos junto com as informações que os profissionais de saúde trazem sobre as limitações que o indivíduo possa ter, a fim de fomentar esse desenvolvimento pessoal.

Diversos tipos de transtornos visuais são encaixados dentro do grupo de cegueira ou deficiência visual. Porém, para Ochaíta e Espinosa (2004), existem pré-requisitos que precisam ser levados em consideração antes de colocar um indivíduo dentro desse grupo. O primeiro é o momento de aparição desses problemas visuais, seja congênita ou adquirida. O segundo considera como surgiram, gradualmente ou de forma súbita. E por fim, o terceiro é o grau de perda da visão.

No entanto para Soler, outros três fatores devem ser analisados quando se trata de pessoas com deficiência:

“Potencialidade: predisposição do indivíduo que estimulado se desenvolve, sendo capaz de produzir;

Incapacidade: insuficiência de realizar determinadas tarefas na decorrência da deficiência que dificulta as atividades funcionais deste;

Reabilitação: uma série de medidas de natureza diversas para reintegrar, da melhor maneira possível, o indivíduo dentro de suas potencialidades” (SOLER, 2005, p.23).

Como foi dito anteriormente, as definições seriam complementares umas às outras, por abordarem os mesmos sintomas, mas de pontos de vistas específicos. É interessante trabalhar concomitantemente os pré-requisitos e fatores apresentados acima já que primeiramente avalia-se a aparição e progressão das limitações biológicas de um DV e em seguida, como elas refletem nas suas ações. O mais importante é focar na potencialidade e na reabilitação da pessoa, entendendo-os como seres capazes de se desenvolver assim como outro qualquer.

“No Brasil existem cerca de 1,0 a 1,5% de pessoas com deficiência visual (aproximadamente 1,7 milhões de pessoas), sendo 80% com baixa visão e 20% cegas” (RAPOSO & CARVALHO 2010, p.07).

Além dessa informação estatística, apresentam sua definição de deficiência

visual como:

“uma situação irreversível de diminuição da resposta visual, em razão de causas congênitas ou hereditárias, mesmo após tratamento clínico e/ou cirúrgico e uso de óculos convencionais. A diminuição da resposta visual pode ser leve, moderada, severa, profunda (que compõem o grupo com baixa visão) e ausência total da resposta visual (cegueira)” (RAPOSO & CARVALHO 2010, p.06).

O termo deficiente visual traz consigo uma heterogeneidade de opiniões e pensamentos a respeito da sua definição, e por isso, escolheu-se ater a dois enfoques diferentes e necessários para este trabalho. Um da Organização Mundial de Saúde (OMS), trazendo um caráter clínico, legal e econômico e que varia desde a perda total até algum tipo de limitação, sendo essa medida através da Escala de Snellen. O outro é um enfoque com propósitos educacionais apresentados de forma mais prática e de cunho social, porque trata do uso que esse indivíduo DV faz da sua visão, tendo uma importância ainda maior do que a medição da sua acuidade visual.

No ano de 1981, Genebra sediou uma reunião do Grupo Consultivo do Programa da OMS sobre prevenção da cegueira, que tinha como propósito estabelecer uma definição mundial para o termo 'deficiência visual'. Além dessa definição, fez-se necessário também a parametrização das diferenças entre cegueira e baixa visão (visão subnormal), assim como outras categorias de distúrbios visuais, levando em consideração necessidades locais e sociais.

A sugestão da OMS para classificação de perda de visão apresentada na Tabela 1 - referência mundial para classificação da DV em termos quantitativos - e a mesma está de acordo com a Escala Optométrica Decimal de Snellen, medida da acuidade visual para longe de uma pessoa (LORA, 2000).

Tabela 1 - Classificação do grau de perda visual.

GRAU DE PERDA DE VISÃO	ACUIDADE VISUAL (com ambos os olhos e melhor correção óptica possível)	
	Máxima inferior a	Mínima igual ou superior a
<b>1. Visão Subnormal</b>	6/18 metros (*) 3/10 (0.3) 20/70 pés	6/60 metros 1/10 (0.1) 20/200 pés
<b>2. Visão Subnormal</b>	6/60 metros 1/10 (0.1) 20/200 pés	3/60 metros 1/20 (0.05) 20/400 pés
<b>3. Cegueira</b>	3/60 metros 1/20 (0.05) 20/400 pés	1/60 (conta dedos a 1 metro) 1/50 (0.02) 5/300 pés
<b>4. Cegueira</b>	1/60 (conta dedos a 1 metro) 1/50 (0.02) 5/300 pés	Percepção de luz
<b>5. Cegueira</b>	Não percebe luz	

FONTE: LORA, 2000

Consideram-se baixa visão as categorias 1 e 2.

Consideram-se cegueira as categorias 3, 4 e 5.

(\*) A fração 6/18 metros significa que o indivíduo vê a 6 metros o que normalmente se veria a 18 metros; o mesmo ocorrendo com 20/70 pés: ele vê a 20 pés o que seria visto a 70 e assim sucessivamente, conforme proposto na tabela. A utilização da unidade de medida pés é mais frequente para oftalmologistas para medir acuidade visual de seus pacientes.

Entretanto, todas as expressões de medidas apresentadas na tabela possuem equivalência entre si, com isso as categorias 1 e 2 representam o grupo de indivíduos de baixa visão e as demais categorias, ou seja, 3, 4 e 5 correspondem aos considerados cegos.

No âmbito educacional, a tabela é lida de modo que os cegos são aqueles alunos que não percebem luz, tendo a perda total de visão ou limitação de forma tal, que utilizem o Sistema Braille no processo de captação do mundo e ensino e aprendizagem. E os de baixa visão, por captarem luz até um determinado ponto tem a redução da sua acuidade visual limitando o seu desempenho, mas de forma não tão severa como na cegueira, ainda sendo capaz de perceber o ambiente externo.

O enfoque abordado, mostra a importância da eficiência visual e o quanto ela não está diretamente ligada aos graus medidos da acuidade visual, e sim à estimulação da visão residual que tende a melhorar se feita de maneira correta.

Garcia (1984) vem para consolidar a ideia de que a Educação Especial prima por conversar essa perda de visão com o desenvolvimento do estudante, através de métodos e materiais adaptados.

Ochaíta e Rosa (1995, p.183) colocam a cegueira sob uma perspectiva da psicologia escolar da seguinte forma:

“[...] um tipo de deficiência sensorial e, portanto, sua característica mais central é a carência ou comprometimento de um dos canais sensoriais de aquisição da informação, neste caso o visual. Isto, obviamente, tem consequências sobre o desenvolvimento e a aprendizagem, tornando-se necessário elaborar sistemas de ensino que transmitam, por vias alternativas, a informação que não pode ser obtida através dos olhos. [...] Boa parte da categorização da realidade reside em propriedades visuais que se tornam inacessíveis ao cego, mas isto não quer dizer que careça de possibilidade para conhecer o mundo ou para representá-lo; o que ocorre é que, para isso, deve potencializar a utilização dos outros sistemas sensoriais.”

A definição clínica e educacional são duas faces da mesma moeda. Um lado mostra a OMS com sua utilidade para fins legais, econômicos e estatísticos, do outro tem-se o desempenho visual do aluno e sua participação ativa na sociedade. Portanto, Lora (2000) contribui ao dizer que independentemente da idade do indivíduo em questão, o estímulo à visão residual deve acontecer o mais cedo possível. A Tabela 2 a seguir mostra um paralelo e intersecção da classificação médica e educacional.

Tabela 2 – Diferenciação entre a classificação médica e educacional.

<b>Diferenciação entre classificação médica e classificação educacional</b>	
<b>Abordagem Clínica</b>	<b>Abordagem Educacional</b>
Diagnóstico médico	Diagnóstico educacional
Baseado na acuidade visual	Baseado na eficiência visual
Ênfase no que enxerga	Ênfase em como enxerga
Finalidade legal, econômica e estatística	Finalidade prática e funcional
Resultado estatístico em condições especiais de distância e iluminação	Resultado dinâmico em condições de vida prática
Dados quantitativos	Dados qualitativos
Não considera características físicas e psicológicas do sujeito	Considera, além das características físicas do sujeito, as psicológicas, sociais e econômicas.
<b>Obs.: O diagnóstico médico não leva necessariamente ao prognóstico educacional – uma capacidade de visão para perto pode existir.</b>	

FONTE: DE MASI, 2002.

A falta de preparo tanto da família quanto da escola, mesmo que não propositalmente, atrapalha o desenvolvimento social dessas crianças DVs, de forma que ao invés de criarem meios eficazes de superação das suas limitações, apenas as expõem, tornando-as ainda mais complicadas de se conviver. É extremamente importante reconhecer as possibilidades e limitações de cada um, para que sejam evitadas formas protecionistas que anulem suas individualidades e independência (DE MASI, 2002).

Amiralian (1986) acredita que essas atitudes façam seus educadores e familiares, inconscientemente, forçar o sujeito com DV a um dos caminhos a seguir. O primeiro é esperar que um DV realize as mesmas atividades que um normovisual sem suas devidas adaptações, o que acarretaria uma frustração pessoal e possíveis tensões dentro de sala de aula. O segundo é o inverso do anterior, onde o DV é negado a possibilidade de realizar tarefas em conjunto, sendo alijado e tratado como incapaz. Logo, criar ferramentas adequadas apropriadas para alunos DVs, mostra o quanto é importante conhecer cada um e suas singularidades.

Os diferentes contextos que uma criança com DV pode se encontrar influenciam tanto nos possíveis planejamentos e intervenções educacionais quanto o seu desenvolvimento a partir destes. Portanto, cabe ao educador o papel de dimensionar o conhecimento e a peculiaridade de cada aluno e ter o desafio de

superar os obstáculos que se apresentam, modificando a realidade ao seu redor e melhorando suas condições de interação com a mesma. E isso leva à segunda etapa do estudo: as teorias de aprendizagem e o desenvolvimento cognitivo dessas crianças.

### 3.2. TEORIAS DE APRENDIZAGEM

A teoria Piagetiana traz a criança com deficiência visual como portadora de dificuldades de reconhecimento e adaptação do seu ambiente, acarretando um atraso no desenvolvimento cognitivo de certos movimentos. Porém, mesmo com certas singularidades, essas crianças não têm o seu desenvolvimento intelectual comprometido por suas limitações visuais. A fim de suprir essa falha nesse sistema sensorial, recorrem aos outros sentidos para adquirirem informações, o que dificulta por exemplo “a realização de tarefas de conteúdo figurativo e espacial, o que não acontece com as atividades que envolvem a lógica verbal” (GIL, 2009).

Menescal (2001, p.136) fala sobre a relação da perda visual e as reações psicológicas que são geradas a partir disso no aluno DV:

“É uma pessoa normal que não enxerga ou possui uma visão subnormal. Ou seja, nenhuma outra defasagem lhe é inerente. Contudo, em função da diminuição de suas possibilidades de experimentação concreta, de um relacionamento familiar e/ou social inadequados e de intervenções educacionais não apropriadas, poderá apresentar defasagens no desenvolvimento social, afetivo, cognitivo e psicomotor, quando comparadas a indivíduos da visão normal da mesma faixa etária.”

Ao analisar a afirmação anterior, vê-se que existem maneiras equivocadas de tratar os portadores de DV, como já dito anteriormente. Não se pode deixar que fatores agravantes como esses sejam somados à perda de visão e dificultam ainda mais a vida dessas crianças. Cada uma delas tem sua maneira de ler e interagir com o meio no qual está inserida. Barczinsky (2001) fala sobre as reações psicológicas relacionadas à deficiência em questão, e estas estão divididas em quatro fases distintas:

1. Descrença: etapa que traz a negação do problema, a cegueira.
2. Protesto: quando surgem as resistências comportamentais ou antissociais.

3. Depressão: sem saber lidar com a situação, surgem sintomas de debilidade física e crises de ansiedade que podem gerar ideias suicidas.
4. Recuperação: por fim, a aceitação da cegueira.

O autor coloca que não necessariamente, mesmo que o aluno se encontre na última fase, a passagem pelas outras três não tenham deixado algum transtorno psicológico, “principalmente, quando ele esbarra com obstáculos às suas possibilidades e oportunidades sociais, decorrentes do seu déficit”. Esse problema orgânico interfere tanto na própria limitação visual quanto na relação interpessoal com o ciclo de pessoas a qual convive.

### **3.3. LEGISLAÇÃO E EDUCAÇÃO ESPECIAL**

A equalização entre a Educação e a Educação Especial se torna possível à medida que a ideia de inclusão se consolide, socializando e incluindo o DV no meio social de forma natural.

Em 1980, uma onda sobre a inclusão começou a surgir nos países desenvolvidos, mais foi apenas durante a época de 90 que no Brasil, a Educação Especial tomou um impulso, com a difusão de ideias vindas da Declaração de Salamanca. No entanto, foi aproximadamente há 130 anos atrás o primeiro marco da educação destinada aos deficientes visuais em território nacional.

No ano de 1854 instalou-se em solo carioca o Imperial Instituto dos Meninos Cegos, hoje Instituto Benjamin Constant (IBC), em memória do célebre ex-professor de Matemática e ex-diretor, Benjamin Constant Botelho de Magalhães. (IBC, 2019). Mazzotta (2005), afirma que o atendimento escolar teve início de fato em 1850, através do Decreto Imperial Nº1.428 por D. Pedro II, fundador do instituto citado. Esse foi o primeiro passo concreto no caminho para garantir à população DV seus direitos à cidadania.

José Álvares de Azevedo é o nome do responsável por influenciar o Ministro do Império e D. Pedro II para implementação do atual IBC. Um menino cego e de família portadora de bens, que teve a oportunidade de estudar no Instituto dos Jovens Cegos de Paris, fundado por Valentin Haüy no século XVIII. José viu a chance de trazer toda a sua experiência e conhecimento obtido no exterior e aplicar no Brasil a fim de mudar a situação desse grupo da população que até então via-se deixado de



lado. Desta forma, vê-se que não é recente, a procura do sonho por uma educação que atenda às peculiaridades do DV.

A maior dificuldade, a princípio, foi o atendimento reduzido, já que a estrutura do Instituto não permitia mais do que 35 alunos dos 15.848 que existiam na época. Em torno do ano de 1926, surgiram escolas residências que procuravam atender ao restante desses alunos. A segunda maior dificuldade foi a capacitação de todos com materiais adequados para o ensino, já que o IBC era o principal fornecedor de livros didáticos adaptados em Braille. Na década de cinquenta, a quantidade de impressões subiu, pois em São Paulo houve a instalação da Fundação para o Livro Cego. Até os dias atuais, ambas as instituições são os responsáveis pela produção de livros em Braille no Brasil (MAZZOTTA, 2005).

A partir desses marcos citados, a próxima ação referente à educação especial foi a implementação da Campanha Nacional da Educação dos Cegos em 1960. No ano seguinte veio a homologação da Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional - LDBEN Nº4.024/61, que assinala a inserção de pessoas deficientes no ensino regular.

Essa tão visada integração não ocorreu instantaneamente, já que a responsabilidade do atendimento educacional pousava nos ombros de instituições particulares subvencionadas pelo governo (MAZZOTTA, 1997). Com isso, no dia 03 de julho de 1973, o Ministério da Educação, MEC, criou o CENESP - Centro Nacional de Educação Especial, por meio do Decreto Nº 72.425, artigo três inciso VI, tornando-se o responsável pela Educação Especial, e mesmo que subordinado à direção do MEC possuía autonomia para dar apoio técnico e a expandir (MOSQUERA, 2010).

No entanto a pedra filosofal para a inclusão se tornar realidade surgiu em 1994, com a elaboração da Declaração de Salamanca, organizada pela UNESCO, na Espanha, durante a Conferência Mundial sobre as Necessidades Educativas Especiais. O documento foi assinado por 92 países, dentre eles o Brasil, concordantes com o princípio fundamental de favorecer o acesso e qualidade à educação onde todos os alunos devam aprender juntos. Considerando também, que nenhuma criança, independente do grupo que esteja inserido, seja deficiente ou não, aprende da mesma forma que a outra.

A Declaração se posiciona de forma que os sistemas educacionais procurem utilizar um suporte pedagógico focado no aluno e de acordo com as suas necessidades.

A LDB em 1996 vem com a Lei N°9394/96 que define a educação especial como: “uma modalidade de educação escolar oferecida na rede de ensino para educandos com necessidades especiais”. Ainda dentro dessa lei, o capítulo V relata que:

Art.58. Entende-se por educação especial, para os efeitos desta Lei, a modalidade de educação escolar, oferecida preferencialmente na rede regular de ensino, para educandos portadores de necessidades especiais.

§1º Haverá, quando necessário, serviços de apoio especializado, na escola regular, para atender as peculiaridades da clientela da educação especial.

§3º A oferta da educação especial, dever constitucional do Estado, tem início na faixa etária de zero a seis anos, durante a educação infantil.

Art. 59. Os sistemas de ensino assegurarão aos educandos com necessidades especiais:

- I. currículos, métodos, técnicas, recurso educativos e organização, para atender às suas necessidades;
- II. professores com especialização adequada em nível médio ou superior, para atendimento especializado, bem como professores do ensino regular capacitados para a integração desses educandos nas classes comuns; (p.119-120).

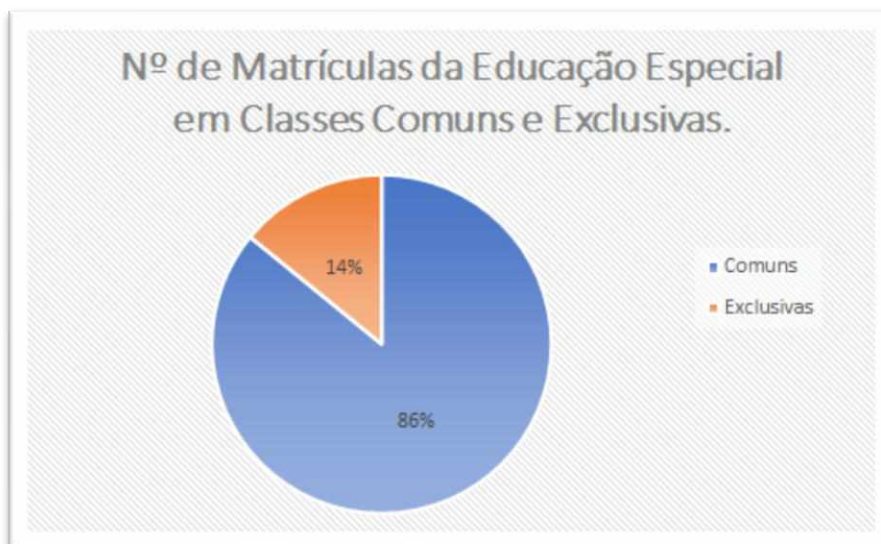
A resolução CNE/CEB nº 2/2001, artigo 3º regulamenta a educação especial:

“é uma proposta pedagógica que assegura recursos e serviços educacionais especiais, organizados institucionalmente para apoiar, complementar, suplementar e, em alguns casos, substituir os serviços educacionais comuns, de modo a garantir a educação escolar e promover o desenvolvimento das potencialidades dos educandos que apresentam necessidades educacionais especiais, em todas as etapas e modalidades da educação básica (BRASIL, 2001).”

Percebe-se que todas as modificações legislativas vindas dos movimentos nacionais e internacionais provocaram grandes mudanças para os DVs, garantindo assim, uma educação formal no ensino regular com apoio suplementar em sala de aula, além de centros especializados.

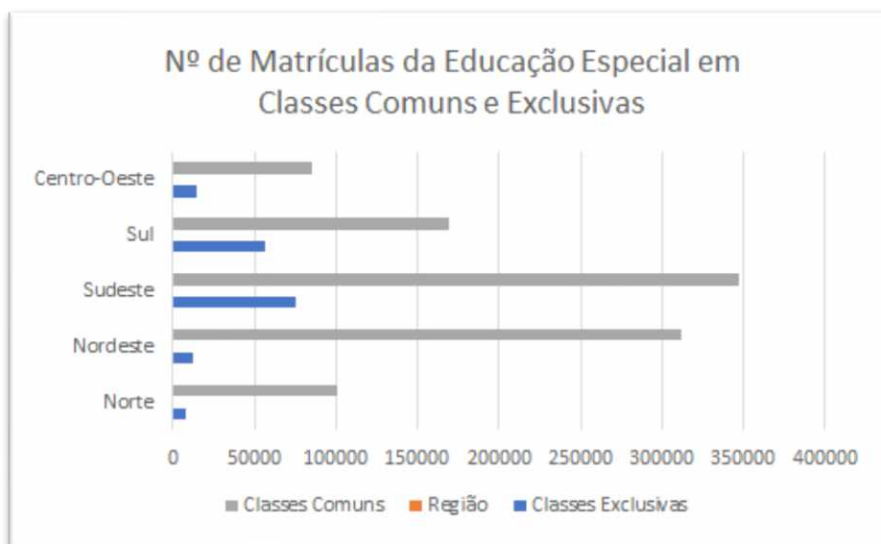
As Figuras 1 e 2 a seguir foram geradas a partir de dados obtidos no INEP 2018 sobre o número de matrículas da Educação Especial em Classes Comuns e Exclusivas, por Etapa de Ensino, segundo a Região Geográfica, a Unidade de Federação e o Município (INEP, 2018).

Figura 1. Número de Matrículas da Educação Especial em Classes Comuns e Exclusivas. Dados: INEP,2018; Gráficoado pela autora do presente trabalho.



Segundo o Censo Escolar da Educação Básica de 2018, no Brasil há mais de um milhão de alunos de educação especial matriculados na perspectiva de integração. De um total de 1.181.276 matrículas, 86% se concentram nas classes comuns com 1.014.661 matriculados e apenas 14% representando 166.615 matrículas, em classes exclusivas. Detalhando um pouco mais esses valores a Figura 2 compara as matrículas comuns e exclusivas por regionalidade.

Figura 2. Número de Matrículas da Educação Especial em Classes Comuns e Exclusivas Por Região. Dados: INEP,2018; Gráficoado pela autora do presente trabalho.



O Sudeste se mostra a frente em ambas as classes, podendo ser consequência do fato de que as primeiras ações em favor da educação especial se originaram nessa região. Além disso, questões como desenvolvimento regional e pesquisas no tema também influenciam nesses valores. Comparando com o censo de 2017, onde as classes comuns apresentaram apenas 896.809 matrículas e as classes exclusivas 169.637, confirma-se o aumento representativo de alunos matriculados no segmento da educação especial.

A partir desses dados conclui-se que o educando foi incluído em turmas comuns, supostamente tendo acesso a serviços e recursos especializados. Dessa forma ter-se-ia a articulação entre a inclusão tão procurada e a não segregação desses alunos DVs que estariam nesse meio. Porém, é uma afirmação distante da realidade de grande parte das escolas brasileiras, tratando-se tanto dos materiais necessários para viabilizar essa transição do aluno DV numa sala regular, quanto de docentes capacitados com mínima formação sobre como lidar com esse tipo de deficiência.

Mantoan (2003, p.24), relata que:

“a inclusão tem por objetivo: inserir o aluno, ou um grupo de alunos, que já foi anteriormente excluído. As escolas inclusivas propõem um modo de organização do sistema educacional, que considera as necessidades de todos os alunos e que é estruturado em função dessas necessidades”

Nessa perspectiva, uma escola inclusiva é aquela que se adapta ao seu aluno e não o inverso. Assim, ela é capaz de fornecer mecanismos para que esses possam aprender e desenvolver suas competências e habilidades, tendo docentes que investigam suas dificuldades a fim de ajustar suas práticas de ensino para que se tornem mais adequadas a esses alunos (BRAZ, 2012).

A experiência que se ganha ao lidar com um determinado tipo de deficiência pode abrir novos caminhos e contribuir para a confecção de recursos didáticos para as mais diversas necessidades. Os Parâmetros Curriculares Nacionais - PCN (Brasil, 1998) apresentam métodos alternativos de comunicação para adequar à realidade do aluno, tais como:

1. A distância entre o docente e o educando durante a aula para facilitar a

audição.

2. Disposição da sala de aula favorecendo o deslocamento do aluno.
3. Verbalização de qualquer material visual utilizado em sala, estilo audiodescrição.
4. Adaptação de materiais de uso comum - redimensionamento de letras, texturas, material em Braille.
5. Material avaliativo específico.

Cabe à escola e principalmente aos docentes, transformar as práticas pedagógicas tradicionais em alternativas diversificadas, visando a inclusão dos alunos DVs. Neste sentido, o uso da técnica de impressão 3D pode contribuir para essa produção de materiais adaptados, como um importante auxílio à prática educativa inclusiva.

### **3.4. ENSINO DE QUÍMICA E MATERIAIS DIDÁTICOS ADAPTADOS**

A transição do sistema de ensino tradicional para um com olhar inclusivo não é simples. Ao se falar da educação inclusiva, deve-se levar em consideração conhecimentos que são necessários para o docente e que muitas vezes não são trabalhados durante o seu período de formação.

O professor precisa reinventar toda a sua prática pedagógica de forma a acolher às especificidades educativas dos alunos com ou sem deficiência. O que significa lidar com diversas formas de aprendizados e interações dentro da sala de aula (CARVALHO & GIL-PEREZ, 2011). A ação deve se perpetuar também na comunidade escolar, que precisa se adaptar e criar estratégias para esquematizar e administrar o ensino dos alunos que formam o seu corpo discente.

Dessa forma, Sá, Campos e Silva, afirma que alunos deficiente visuais carecem de:

“Um ambiente estimulador, de mediadores e condições favoráveis à exploração de seu referencial perceptivo particular. No mais, não são diferentes de seus colegas que enxergam no que diz respeito ao desejo de aprender, aos interesses, às curiosidades, às motivações, às necessidades gerais de cuidados, proteção, afeto, brincadeiras, limites, convívio e recreação dentre outros aspectos relacionados à formação de identidade e aos processos de desenvolvimento e aprendizagem. Devem ser tratados como qualquer educando no que se refere aos direitos, deveres, normas,

regulamentos, combinados, disciplina e demais aspectos da vida escolar. (2007, p.14)”

Ao focar em alunos com cegueira congênita ou adquirida, o método de comunicação de escrita e leitura, se dá através do Sistema Braille. Os caracteres foram criados por Louis Braille no ano de 1825, um francês que aos três anos de idade perdeu a sua visão. O Braille utiliza a combinação de seis pontos em alto relevo, distribuídos numa cédula de duas colunas com três pontos em cada. As 26 letras do alfabeto romano, acentos, pontuações, números, símbolos matemáticos dentre outros, são dados através da combinação desses seis pontos (SILVA, 2008). A Figura 3, retirada do site do Instituto Benjamin Constant, ilustra o alfabeto em braille e as letras com diacríticos.

Figura 3. Alfabeto Braille. FONTE: IBC, 2019.

1 – Alfabeto						
a	b	c	d	e	f	g
⠁	⠃	⠉	⠑	⠗	⠋	⠛
h	i	j	k	l	m	
⠄	⠎	⠊	⠗	⠞	⠓	⠚
n	o	p	q	r	s	t
⠝	⠕	⠏	⠑	⠗	⠋	⠞
u	v	w	x	y	z	
⠥	⠧	⠪	⠻	⠽	⠿	⠿
2 – Letras com diacríticos						
<b>Vogais</b>	a	⠁	e	⠗	i	⠎
<b>Acento agudo</b>	á	⠁	é	⠗	í	⠎
<b>Acento grave</b>	à	⠁	–	–	–	–
<b>Acento circunflexo</b>	â	⠁	ê	⠗	ô	⠕
<b>Til</b>	ã	⠁	–	–	õ	⠕
<b>Consoante</b>	c	⠉				
<b>Cedilha</b>	ç	⠉				

Um breve levantamento apurou poucos trabalhos relativos à área de ensino de Ciências e/ou Química, intensificando a necessidade de pesquisa direcionada aos estudantes com Necessidades Educacionais Especiais (NEE). Contudo, viu-se um

projeto intitulado como “A grafia Química em Braille”, disponível gratuitamente no site do Ministério da Educação, uma apostila que traz toda a especificidade da linguagem química adaptada ao braille.

É importante ressaltar que, além do quadro, o livro é o material didático mais disseminado nas salas de aula. No entanto, a inacessibilidade aos materiais visuais fornecidos pelo mesmo, o seu uso restringe uma ampla parcela dos conhecimentos que são passados, excluindo ainda mais os alunos DVs. Estes ainda são considerados, uma das questões que impedem uma melhor performance na aprendizagem de ciências, já que a percepção visual está diretamente ligada a esse processo (MASINE, 2002 *apud*: BATISTETIL, 2009).

O primeiro contato dos alunos com ciências se dá no primeiro ano do Ensino Fundamental. Com a passagem dos anos e a chegada ao Ensino Médio, essa ciência se divide e passa a ser ensinada de uma forma mais detalhada pelas disciplinas de Biologia, Física e Química.

Chassot (1993) aponta que a Química implica numa melhor compreensão do mundo e uma nova leitura dele. Porém, como todo bom livro, essa disciplina exige um domínio da sua linguagem específica e maior dedicação na interpretação de seus códigos comunicacionais. Os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), trazem uma importante razão para a Química ser ensinada:

“os conhecimentos difundidos no ensino de Química permitem a construção de uma visão de mundo mais articulada e menos fragmentada, contribuindo para que o indivíduo se veja como participante de um mundo em constante transformação” (BRASIL, 1999).

No entanto, para contrabalancear a importância do conhecimento químico, vem a aversão que a maioria dos alunos apresenta, muitas vezes justificadas pela dificuldade de trazer o conteúdo do plano do quadro para abstração das suas mentes. Conforme Gonçalves (1995), achar meios para estimular o interesse na matéria ou facilitar essa via de comunicação entre a Química e o aluno, são dois fatores importantes que podem vir a solucionar ou pelo menos minimizar essas dificuldades.

Chassot (1993) ainda complementa uma possível outra solução, o emprego de modelos que sejam ferramentas facilitadoras para os professores repassarem certos conceitos.

“Mas falemos, finalmente, da necessidade de construirmos modelos, quando trabalhamos com Química. Nunca é demais insistir, que quando se fala em átomos, moléculas, reações químicas, etc., estamos nos referindo a realidades sobre as quais não conhecemos mais do que resultado de algumas interações. Por isso, construímos modelos das mesmas, que são mais ou menos aproximados, em função do que conhecemos do modelado. Os modelos são importantes ferramentas de que dispomos, para tentar compreender um mundo cujo acesso é muito difícil” (CHASSOT, 1993, p.100)

Assim, para auxiliar tanto os alunos normovisuais quanto os DVs, surgem as Tecnologias Assistivas (TA), que facilitam a aprendizagem de tais conceitos abstratos. Aproveitando o exemplo do autor, os modelos conseguem transpor uma estrutura espacial de uma molécula desenhado no quadro, para uma representação bidimensional que pode ser tocada.

Portanto, as TA's são definidas como “qualquer item, equipamento ou parte dele, produto ou sistema fabricado em série ou sob medida, utilizado para aumentar, manter ou melhorar as capacidades funcionais das pessoas com deficiência” (ADA, 1994). Com isso, todas as imagens, diagramas, gráficos e qualquer outra forma de comunicação inerente ao ensino de Química, deverá ser adaptado de alguma maneira, evitando que se tornem futuros obstáculos ao acesso de informações relacionada à matéria.

Yoshikawa (2010) entende material didático como os meios necessários para facilitar o aprendizado do aluno, levando em consideração alternativas adequadas para cada tipo de conteúdo. Sendo assim:

“(...)devem ser diversos e diversificáveis, para que, como pelas de uma construção, permitam a cada professor elaborar seu projeto específico de intervenção adaptado às necessidades de sua realidade educacional e à sua personalidade. Quanto mais diversos e mais diversificáveis foram os materiais, mais fácil a elaboração de propostas singulares (YOSHIKAWA, 2010 p.17)”

No caso dos alunos deficientes visuais, Martí (1999), propõe o estímulo do tato e da audição, somados a materiais texturizados e explicações verbais para melhorar a interação e aprendizagem do conteúdo.

Ao se construir um material didático inclusivo, Griffin e Geber (1996) apontam alguns quesitos importantes que devem ser levados em consideração conforme indica a Figura 4:



Figura 4. Especificidades de um material tátil. FONTE: PAULO; BORGES; DELOU, 2018; Graficado pela autora do presente trabalho.



Além desses quatro pontos, vale ressaltar a importância da fidelidade do material pedagógico proposto ao conceito químico a ser trabalhado, bem como ser de uso comum aos alunos normovisuais e DVs. Dessa forma, a busca pela inclusão de um não implica na exclusão do outro.

A motivação precursora para a realizar esse trabalho de conclusão de curso, surgiu durante a época de estágio obrigatório no Colégio Pedro II - unidade Tijuca, localizado na cidade do Rio de Janeiro, onde a autora teve o seu primeiro contato com o Núcleo de Atenção a Pessoas com Necessidades Específicas (NAPNE). Ao acompanhar as aulas de Química Orgânica tornavam-se nítidas as dificuldades dos alunos com o conteúdo e que ao longo de um semestre, pequenos erros conceituais criados na parte inicial da matéria se refletiam nas provas finais.

## 4. METODOLOGIA

Neste capítulo será apresentado o processo de desenvolvimento da ideia proposta, partindo da escolha e criação das moléculas até a sua confecção pela modelagem 3D.

### 4.1. Desenvolvimento da ideia

Este trabalho utilizou o Modelo de Perspectiva Centrada na Razão na sua primeira parte, onde através de um processo de Pesquisa-Ação onde houve a identificação de um problema, seguida de uma proposta de um produto como possível solução. Baseando-se no plano do produto previamente elaborado, apenas os empecilhos relacionados as questões do desenvolvimento físico das placas foram resolvidas de acordo com o seu surgimento.

A partir do que já foi previamente discutido, fica claro a necessidade de elaboração de materiais de ensino para trabalhar possíveis dificuldades cognitivas ligadas à espacialidade dos compostos orgânicos. No entanto, o que tange a este trabalho é a descrição de moléculas no plano bidimensional. Portanto, a proposta desse material é recriar as estruturas dos compostos que aparecem nos livros didáticos em placas de alto relevo impressas por uma impressora 3D contendo a estrutura e nomenclatura da mesma tanto em caracteres latinos quanto em braille.

O processo de confecção deste material didático foi dividido em duas etapas:

- 1ª Etapa - As moléculas
- 2ª Etapa - A Modelagem 3D

Como as placas ainda seriam testadas e avaliadas pelo público alvo, optou-se por imprimir poucos modelos, o suficiente para a realização dos testes de forma e conteúdo. Ao criar os protótipos, alguns testes de dimensionamento da placa e estrutura e tamanho de letra latina e braille foram necessários até encontrar os que parecem melhor se adequar. Por fim, a última etapa consistiu em levar as placas prontas para avaliação pelo Instituto Benjamin Constant.

### 4.2. Escolha e criação das moléculas

O passo inicial da primeira etapa do processo foi apontar dentro da química orgânica qual tópico seria trabalhado. Portanto, o espaço amostral escolhido para o

trabalho foram as Funções Orgânicas, especificamente hidrocarbonetos e as funções oxigenadas, listando um total de 36 moléculas presentes no Apêndice 1. Esse total representa estruturas das seguintes funções: hidrocarboneto, álcool, ácido carboxílico, ester, éter, cetona, aldeído e fenol.

Algumas moléculas, de complexidade variada, foram selecionadas para os testes das características físicas finais.

Partindo do princípio de que o material proposto desse certo e as estruturas mais complexas fossem entendidas, conseqüentemente as mais simples também o seriam.

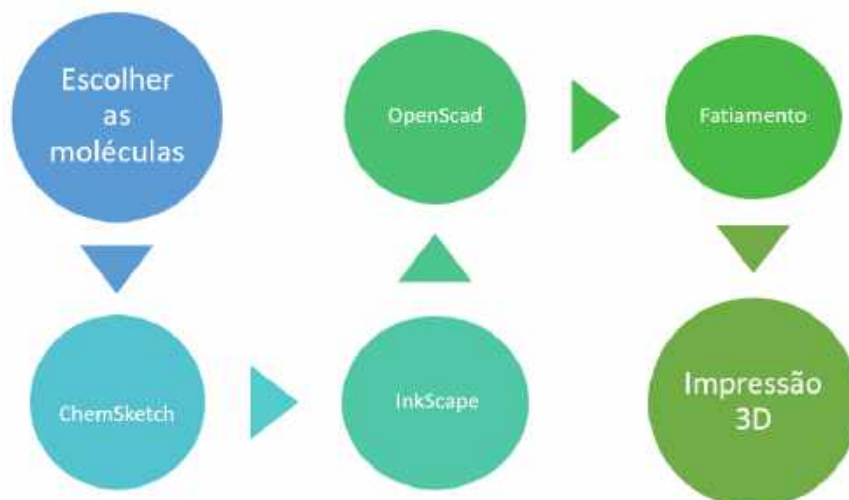
### **4.3. A modelagem 3D**

A tecnologia convencionalizada como impressão 3D é a técnica de construção de estruturas tridimensionais, camada por camada, uma sobreposta a outra, até formar o objeto. Essa especialidade também é conhecida como manufatura aditiva, pois como o próprio nome sugere, há a adição da matéria gradativamente até a conclusão do objeto. As impressoras 3D imprimem utilizando os três eixos do plano cartesiano, x, y e z, se utilizando de um código que descreve objetos na forma de comandos para a movimentação da impressora e deposição de plástico fundido, para que o item possa ser construído.

A criação do objeto de estudo desenvolveu-se no âmbito do Laboratório de Integração em Tecnologia Analítica, LabITAn, na Universidade Federal do Rio de Janeiro, sob a orientação do professor Ricardo Michel.

Para gerar as placas em alto relevo, as moléculas escolhidas foram transformadas em arquivos os quais a impressora GTMax 3D, modelo A3v2, pudesse ler. Dessa forma, montou-se um roteiro de criação dos arquivos correspondentes a cada uma delas, seguindo o procedimento descrito na Figura 5:

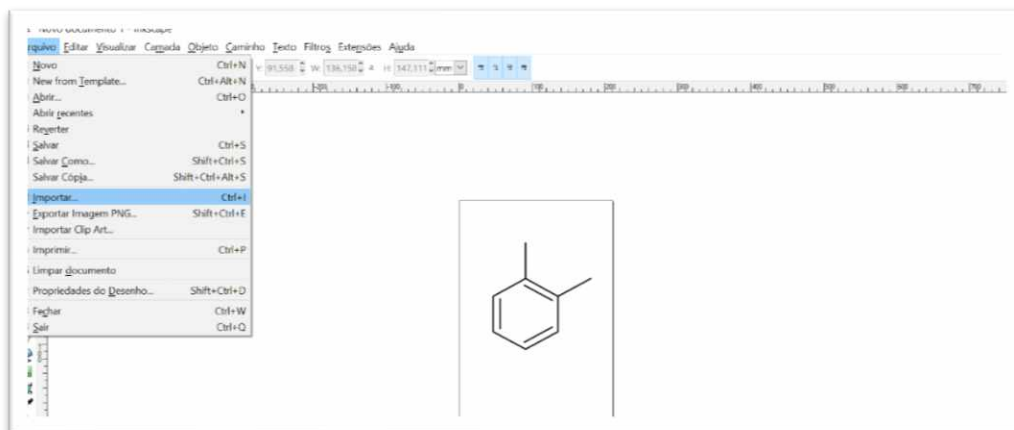
Figura 5. Ordem de uso dos programas para a confecção da impressão 3D.



O procedimento consiste em desenhar a molécula escolhida no programa ChemSketch(<https://www.acdlabs.com/resources/freeware/chemsketch/download.php>) produzindo uma imagem da molécula no formato jpg. É importante que o arranjo bidimensional da molécula desenhada permita ao aluno cego o acesso às suas características fundamentais, evitando-se a sobreposição de grupos funcionais. A imagem jpg é então convertida em uma descrição vetorial, com o uso do programa de código aberto Inkscape (<https://inkscape.org/pt-br/>), para que possa ser utilizada na próxima etapa. Esta conversão de imagem para vetor é feita da seguinte forma:

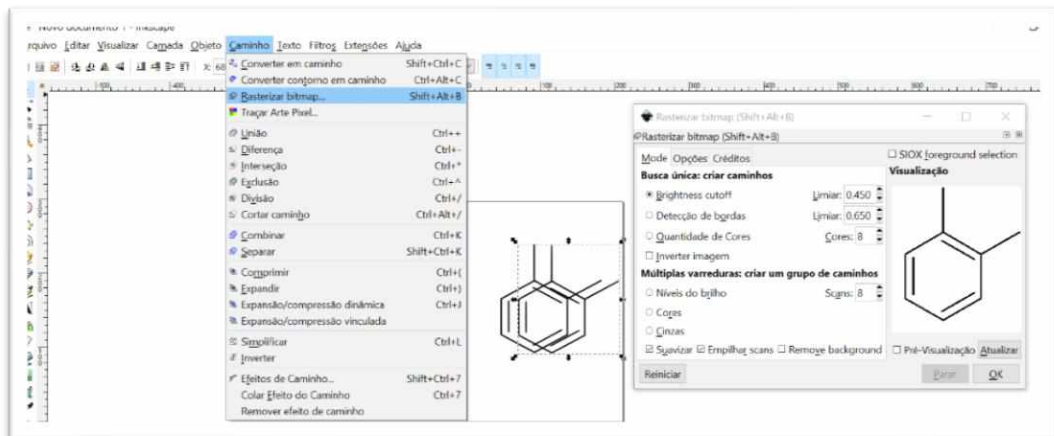
- 1ª Etapa: Abrir a imagem criada no ChemSketch através do botão 'Arquivo' no tópico 'Importar' conforme mostrado na Figura 6:

Figura 6: Captura de tela do software Inkscape referente à 1ª Etapa.



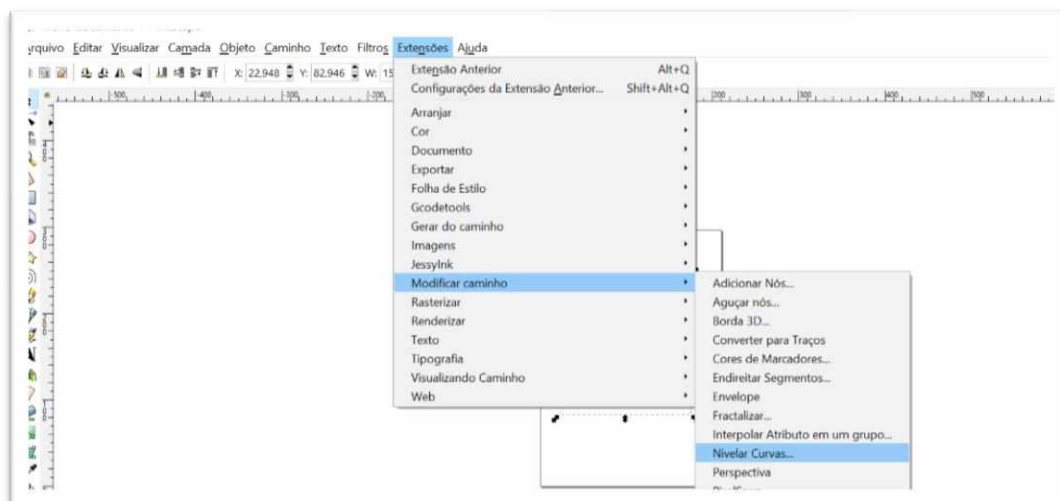
- 2ª Etapa: Selecionar a imagem, clicar no botão 'Caminho' e no tópico 'Rasterizar bitmap'. Nesse momento, uma nova janela com a imagem abre junto com os limiares que podem ser alterados. Essa alteração será de acordo com a estrutura e a necessidade de criar mais pontos que criam vetores entre sim, na imagem da Figura 7:

Figura 7: Captura de tela do software Inkscape referente à 2ª Etapa.



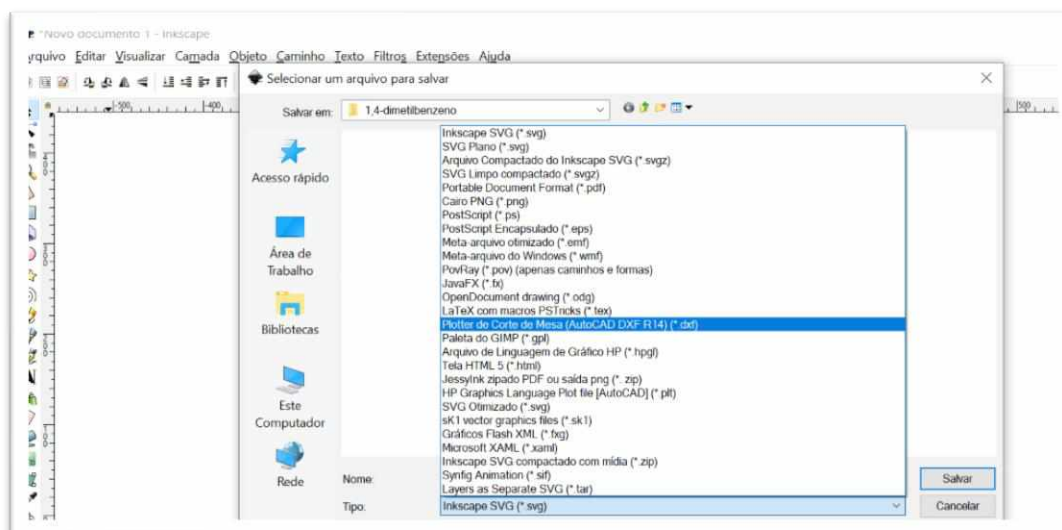
- 3ª Etapa: Com a imagem vetorizada já criada pode-se excluir a anterior. A penúltima etapa é a transformação de curvas em segmentos de retas, a partir do botão de 'Extensões' > 'Modificar caminho' > 'Nivelar Curvas' como exemplifica a Figura 8. Nesse momento, uma nova janela se abre onde é possível escolher o 'Achatamento' da estrutura. Neste trabalho o valor usado foi 0,2. A transformação em segmentos de reta se faz necessária para a etapa de geração de modelo no programa OpenSCAD.

Figura 8: Captura de tela do software Inkscape referente à 3ª Etapa.



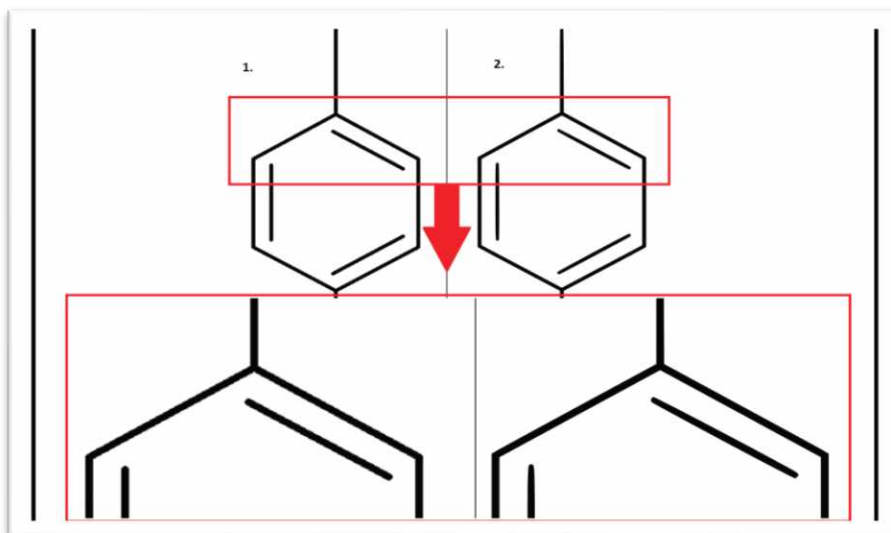
- 4ª Etapa: Depois de passar pelas etapas anteriores a imagem está pronta para ser salva. Para finalizar clica-se no botão 'Arquivo' > 'Salvar como' > Tipo: Plotter de Corte de Mesa (AutoCAD DXF R14) (\*.dxf) > Salvar conforme indicado na Figura 9.

Figura 9: Captura de tela do software Inkscape referente à 4ª Etapa.



A diferença de imagens entre o arquivo jpg gerado pelo software ChemSketch e o arquivo dxf gerado pelo software Inkscape é vista na Figura 10 a seguir:

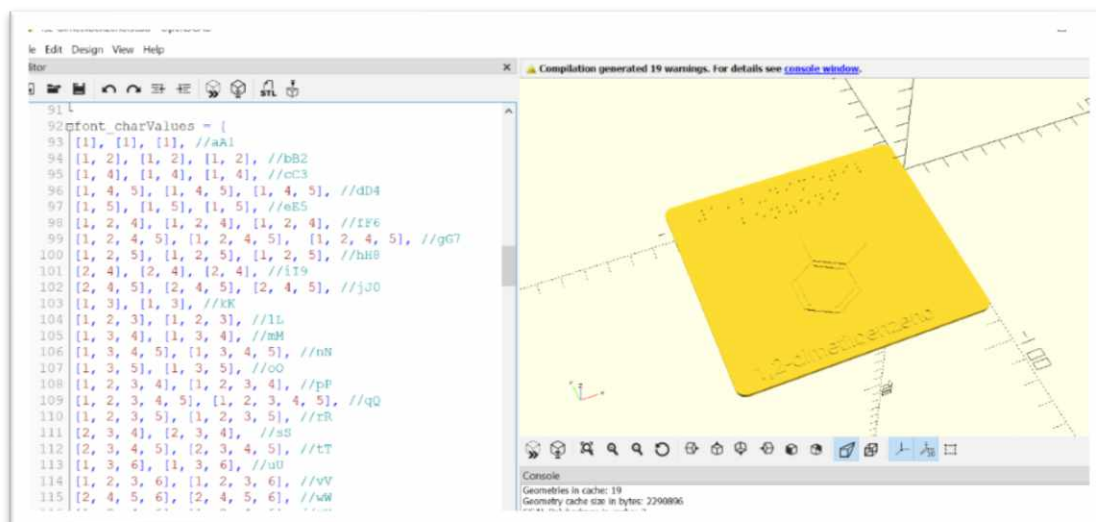
Figura 10: Comparação entre o arquivo .png (à esquerda) e o dxf (à direita) mostrando a diferença entre as duas representações. A do arquivo png representa os pixels individuais, enquanto a representação vetorial (em formato dxf) representa as regras utilizadas para reconstruir o objeto.



Este processo pode ser realizado com qualquer imagem ou texto que se queira produzir em relevo por impressão 3D, usando a ferramenta de extrusão do OpenSCAD.

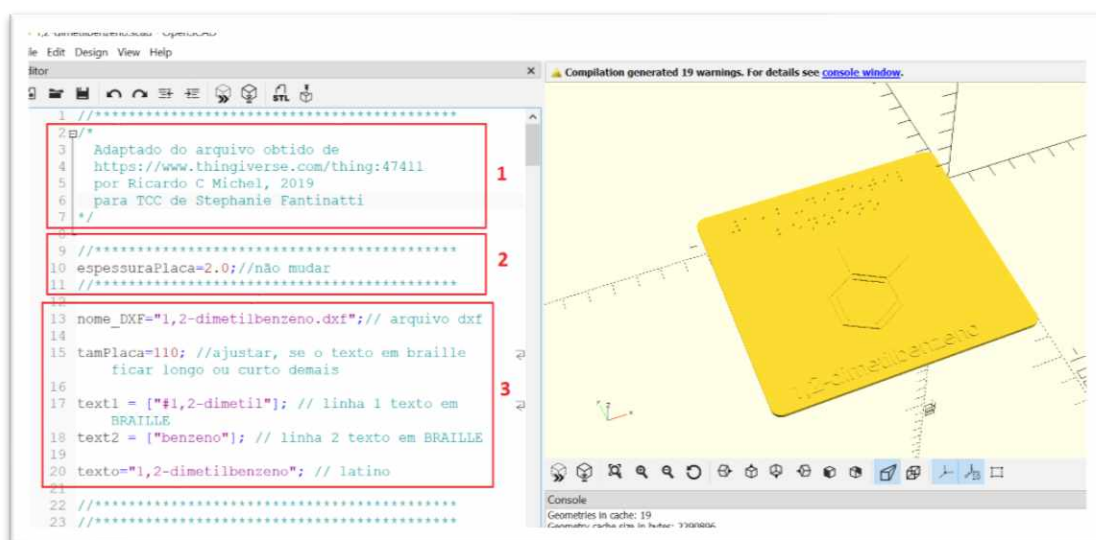
O programa OpenSCAD (<https://www.openscad.org/>) permite a geração de modelos tridimensionais a partir de uma descrição programacional. Essa linguagem converte letras em um texto em suas respectivas cédulas em braille, usando esferas para tal, permitindo o controle total sobre o espaçamento entre os pontos, os caracteres e as linhas. A Figura 11 apresenta parte do programa que descreve os caracteres latinos em braille.

Figura 11: Captura de tela do software OpenSCAD. À esquerda há parte da etapa do programa responsável por descrever caracteres latinos em braille.



O programa descreve a base retangular para a impressão e o texto em caracteres latinos, de forma que permita a fácil alteração da molécula e seu nome – o trecho de geração dos caracteres em braille foi baseado no programa Braille Labels (<https://www.thingiverse.com/thing:47411>), criado por Chris Wallace, pela adição de novos caracteres modificadores, e incorporado ao programa de desenho da placa, pelo professor Ricardo Cunha Michel.

Figura 12: Captura de tela do software OpenSCAD com a parte inicial da linguagem programacional adaptada.

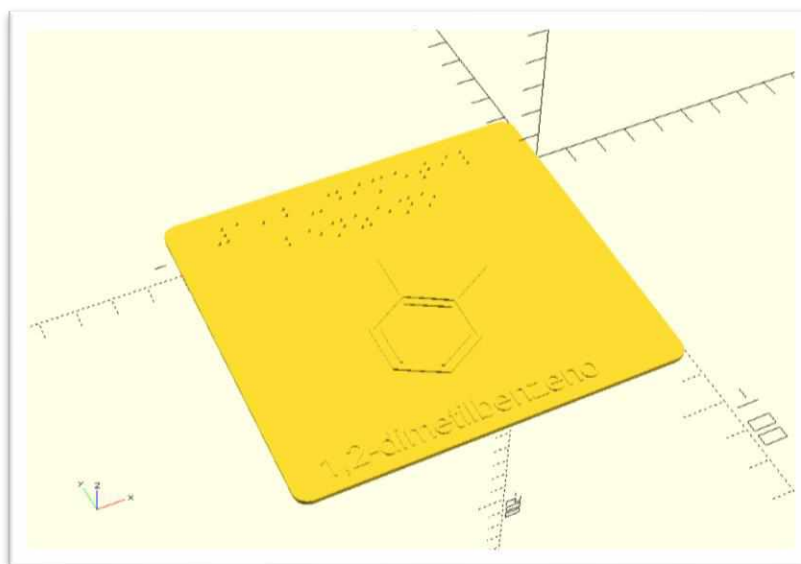




A Figura 12 mostra em blocos as especificações da placa. No bloco 1 tem-se escrito a referência do programa utilizado como base, o responsável pelas modificações e a finalidade de uso delas. No bloco 2 há a especificação da espessura da placa. No bloco 3, na linha 15 está descrito outra característica do objeto, nesse caso o tamanho da placa. A linha 13 traz o nome do arquivo dxf que deverá ser aberto e as linhas 17 e 18 são responsáveis pela escrita braille, sendo divididas em primeira parte (linha) e segunda parte (linha) da nomenclatura. Por fim, a linha 20 descreve a nomenclatura da molécula em caracteres latinos. A listagem completa do programa utilizado encontra-se no Apêndice 1.

O OpenSCAD gera o arquivo no formato stl, além da descrição textual do objeto. O formato stl é utilizado globalmente para distribuição de modelos para impressão 3D, sendo os arquivos stl gerados correspondentes ao produto deste Projeto de Conclusão de Curso. A Figura 13 apresenta um destes arquivos stl gerados com procedimento descrito.

Figura 13: Imagem do arquivo stl da placa referente à molécula 1,2-dimetilbenzeno.



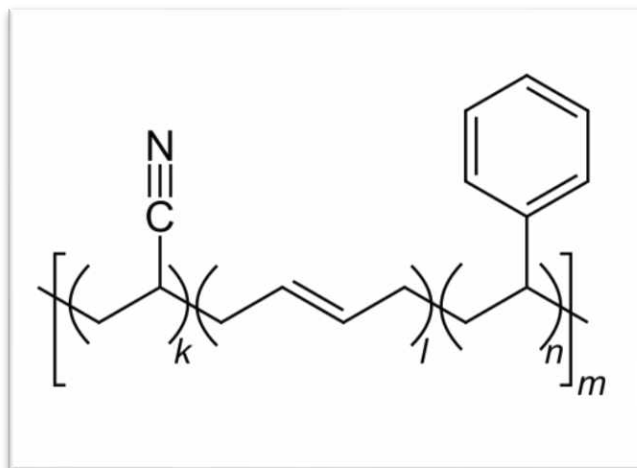
As próximas etapas, fatiamento e impressão, podem ser realizadas pelo usuário final de maneiras diversas. Tendo acesso a uma impressora 3D, os modelos podem ser impressos na própria escola ou pelo aluno. Caso não exista acesso, é possível recorrer a serviços de impressora em 3D, disponíveis em diversas cidades. A impressão em si necessita que o arquivo stl seja “fatiado”, isto é, descrito na forma

de movimentos simples da impressora para deposição de plástico em cada uma das camadas horizontais nas quais o objeto é subdividido. É possível utilizar fatiadores de código aberto, tais como o Cura (<https://ultimaker.com/software/ultimaker-cura>) ou o Slic3r (<https://slic3r.org/>). O presente trabalho fez uso de uma versão comercial, Simplify 3D (<https://www.simplify3d.com/>), proprietário, do qual o laboratório dispõe de licença.

A etapa de impressão, por fim, pode ser realizada por diversas tecnologias de impressão 3D. Existem diversas tecnologias para a impressão em sim, o site Wishbox Technologies descreve três das mais comuns:

*“FFF ou FDM (Fabricação por Filamento Fundido):* nesse processo utiliza-se um fio grosso como matéria-prima, onde o filamento é extrusado por um bico aquecido, o qual é montado em um sistema de movimentos lineares que se move ao redor de uma área de impressão. *SLA (Estereolitografia):* outra grande tecnologia que usa uma resina de cura UV como matéria-prima. A resina é colocada em um pequeno tanque de vidro ou acrílico, na qual a plataforma de construção fica submersa. O laser UV ou projetor DLP direciona uma luz UV na resina para de forma seletiva endurecer a peça em uma camada horizontal através dos dados do arquivo CAD. *SLS (Sinterização Seletiva a Laser):* o terceiro maior método de impressão na qual usa um material em pó como matéria prima, sendo tipicamente um polímero. O polímero é alocado em um recipiente, onde uma lâmina de recobrimento distribui uma fina camada de material sobre a área de construção. Um laser de alta potência combina as pequenas partículas do material para formar uma única camada horizontal de acordo com os dados do CAD. O recipiente então move uma fração de milímetro para iniciar uma nova camada.” (WISHBOX TECHNOLOGIES, 2019. Disponível em: <https://www.wishbox.net.br/fff-sla-e-sls-comparando-tecnologias/>. Acesso em 28 jul. 2019).

Figura 14: Estrutura do mero do polímero ABS.



Entretanto os modelos foram planejados e otimizados para a tecnologia mais acessível, de deposição de filamento fundido (FFF), utilizando filamentos de ABS (acrilonitrila-butadieno-estireno), representado na Figura 14, em função de sua resistência mecânica.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

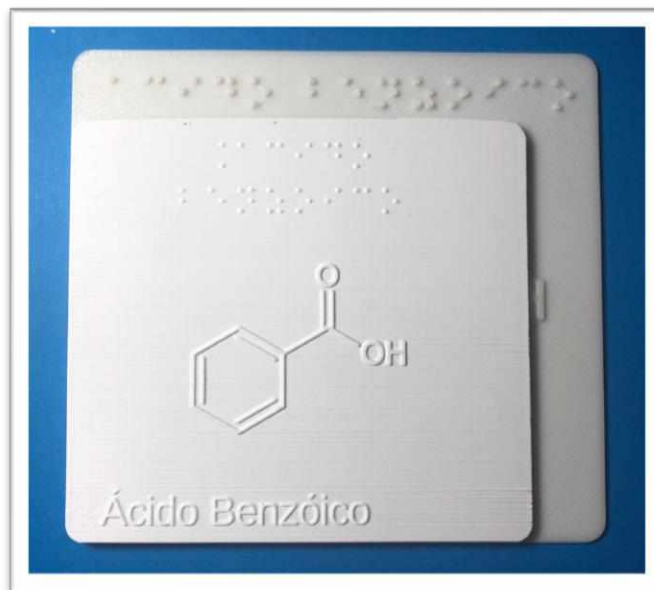
Na intenção de fornecer um suporte aos professores em suas aulas de Química Orgânica, foram produzidas placas bidimensionais que tem por objetivo auxiliar a compreensão das estruturas orgânicas presentes nos livros didáticos. Na estrutura até ao modelo de placa o qual acredita-se ser o mais adequado, foram produzidos alguns protótipos anteriores que apontaram a necessidade de algumas modificações.

Figura 15. Primeiro protótipo de placa da molécula ácido benzóico.



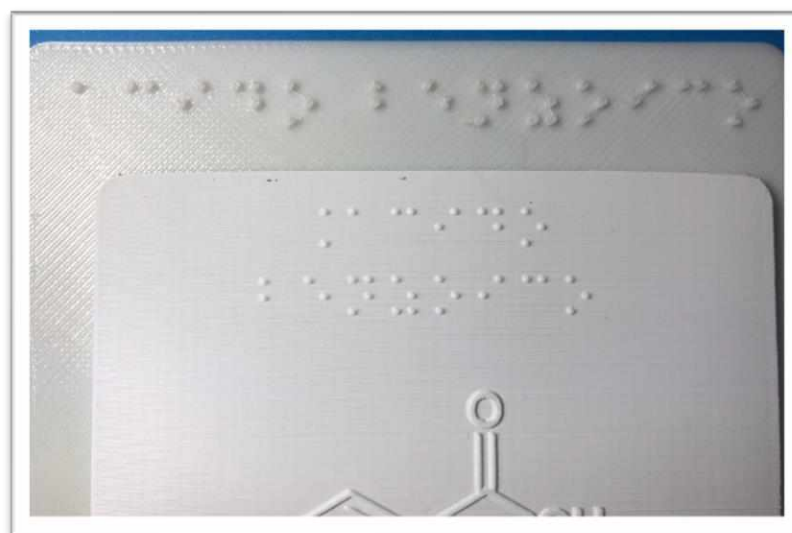
A Figura 15 acima é da primeira placa representante do ácido benzoico. Depois de pronta, percebeu-se três pontos importantes e que deveriam ser modificados. O primeiro deles foi a dimensão da placa, pois trabalhar com uma placa grande implica também em estrutura e nomes da molécula expandidos. Porém, a literatura afirma que deficientes visuais tem maior facilidade em perceber objetos com proporções específicas e de menor extensão através do tato (OCHAÍTA, E.; ROSA, A *in*: COLL & ROSA, 1995). Baseada nessa concepção optou-se por dimensões menores e que, embora não especificados, viessem a se adequar melhor a tais parâmetros.

Figura 16. Comparação entre o segundo modelo de placa do ácido benzóico sobreposto ao primeiro



A Figura 16 exemplifica a segunda modificação está relacionada ao Braille. No primeiro código, a grafia braille era feita através de cilindros apoiados na placa base, porém viu-se que havia ficado muito abrasivo ao tato. Com isso, o código foi aperfeiçoado e no lugar dos cilindros foram postas esferas também afundadas na base. Após a impressão da nova placa, constatou-se a suavização do braille, o que pode ser inferido da Figura 17.

Figura 17. Comparação do avanço referente à grafia braille.



A última modificação está ligada à direção como a placa foi impressa. A primeira foi impressa no plano da mesa de impressão, ou seja, deitada e isso gerou uma textura na superfície superior da placa que poderia ser um incômodo. Essas ranhuras foram consequência da movimentação do bico de impressão contra o plano horizontal da placa. Para solucionar este problema, a orientação de impressão foi alterada para vertical, dessa forma o plano da placa fica perpendicular à mesa da impressora. Essa alteração pode ser claramente vista na Figura 18 abaixo. À esquerda uma superfície com ranhuras e à direita uma superfície com ranhuras suavizadas e quase imperceptíveis.

Figura 18. Comparação entre as superfícies dos modelos.



Depois das informações obtidas a partir dos protótipos e seguindo as modificações discutidas acima, foram impressas o total de sete placas com seis moléculas diferentes. Outro aspecto importante é a geração do acento em braille. É necessário criar as letras acentuadas no programa SCAD. Este aspecto está em fase final, quando da redação deste texto. As demais placas geradas são mostradas nas Figuras de 19 à 21.

Figura 19. Placas referentes às moléculas 4-metil-hidroxibenzeno e 3-metil-hidroxibenzeno.



Figura 20. Placas referentes às moléculas 1,2-dimetilbenzeno e 1,4-dimetilbenzeno.

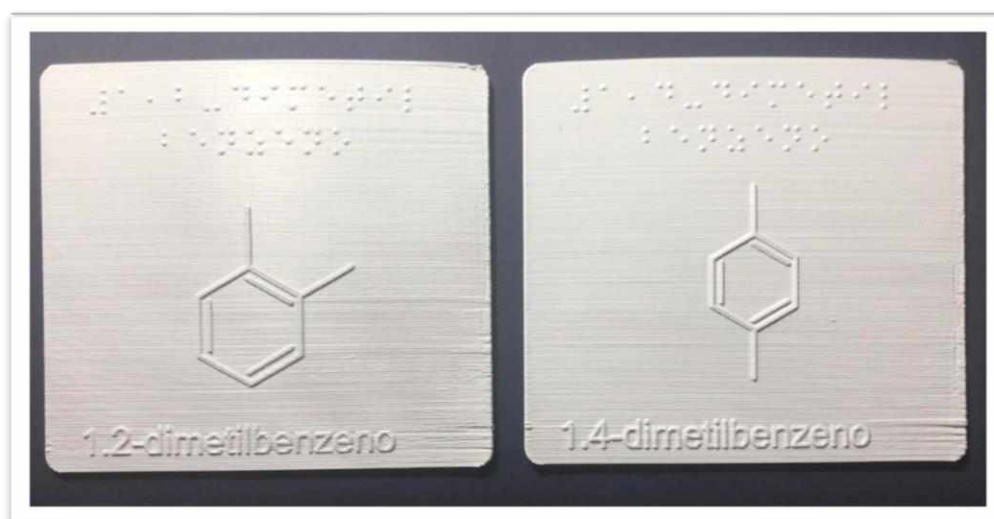


Figura 21. Placas referentes à molécula 3-metilhidroxibenzeno com alturas diferentes. À esquerda uma altura menor que a direita.



Ao analisar a Figura 21 percebe-se a diferença de altura no relevo das estruturas. Essa diferença foi proposital para dar opções aos alunos DVs de apontarem a mais adequada e aquela que ajudasse na leitura tátil da estrutura.

Um ponto que vale a pena ser comentado é que durante a criação do arquivo .gcode das placas, o software de fatiamento estima o tempo em que o objeto ficará pronto e é capaz de estimar o custo do mesmo. Em uma de suas abas há como colocar os valores da matéria prima utilizada, nesse caso filamento de plástico ABS branco, e a partir da quantidade dessa matéria usada, tem-se o valor do objeto. É uma forma rápida e simples de quantificar o material. O intuito principal não é o comércio dessas placas, mas sim a criação de uma metodologia que possa ser replicada com as especificações corretas do material mais próximo do ideal. Dessa forma professores e instituições podem se unir para trocar informações e material, já que a técnica de impressão 3D é algo que, ainda, não acessível a todos.

A última etapa metodológica corresponde à avaliação do produto. Sendo assim, o mesmo foi levado ao Instituto Benjamin Constant e sob a supervisão do professor Aires da Conceição Silva e com o auxílio de duas revisoras do Instituto, Cláudia dos Anjos Vidal e Jéssica Medina, obteve-se um diagnóstico contendo pontos positivos e negativo das placas.

As primeiras placas avaliadas foram as correspondentes à molécula 3-metilhidroxibenzeno, da Figura 21, para averiguar qual seria o tamanho de altura ideal, tanto da estrutura quanto dos caracteres braille e em tinta. Ambas as revisoras preferiram a placa com altura maior, ou seja, a de 1 mm. A outra placa considerada menor possuía metade da altura, 0,5 mm. Nessa altura de 1 mm, as revisoras afirmaram perceber melhor a escrita braille, porém o grupamento hidroxila não ficou



perceptível. Apenas a revisora que possui cegueira adquirida conseguiu perceber rapidamente quais eram as letras por já as conhecer. A segunda revisora que possui cegueira congênita demorou um pouco mais.

Ao comparar essas placas da estrutura 3-metil-hidroxibenzeno com a primeira placa do ácido benzóico, ilustrada na Figura 15, que segue a descrição antiga do programa, ambas as revisoras apontaram que o tamanho dos caracteres latinos era mais claro por ser maior e mais espaçado. No entanto, desaprovaram o braille cilíndrico e a textura da placa base, confirmando duas hipóteses: em primeiro lugar, a hipótese de que, apesar de demorar um pouco mais para ser impressa, a orientação vertical das placas para impressão é mais adequada devido à suavização das linhas de fundo. Em segundo lugar a hipótese de que os pontos em braille feitos a partir de semiesferas seriam muito menos agressivos ao leitor, por não apresentarem ângulos agudos e por serem mais similares em forma aos caracteres impressos em impressora braille.

Em relação à orientação de leitura das placas, para ter algo que aponte onde começa a leitura do texto braille, a segunda revisora Jéssica Medina disse ser algo sugeriu indicar se a placa está no sentido correto e não de ponta à cabeça. Com isso, o aluno teria uma independência maior ao tatear o material, por ser capaz de descobrir sozinho onde começa a leitura. Outra consideração relevante para a melhora do material seria a troca dos caracteres latinos da estrutura para braille. Esse seria outro facilitador, mas não foi considerado essencial para o bom uso das placas.

O uso deste material didático não foi programado para ter o acompanhamento de uma cartilha de instruções exatas, deixando a critério do professor a melhor forma e momento para usá-las. A ideia principal seria um uso concomitante à aula, de forma que o aluno tenha o primeiro contato com a matéria e já possa aplicá-la a fim de exercitar e assimilar o aprendizado.

A forma pela qual os professores terão acesso aos produtos deste trabalho será por meio de um site institucional. A princípio procura-se uma parceria com o Laboratório Didático de Química, LaDQuim, através do professor Joaquim Fernando Mendes da Silva, um dos responsáveis pelo Laboratório. Dessa forma, além de criar um vínculo com a instituição, fomentam-se também parcerias que visem a divulgação novos materiais didáticos. A proposta inicial seria, dentro do site, criar um acervo com esses arquivos, deixando-os disponíveis ao acesso e incentivar a centralização de novos produtos no mesmo lugar. Assim, qualquer indivíduo que precise de um

material pode averiguar no site se o mesmo já existe, ou se há algo que sirva ao seu propósito.

Serão disponibilizados os produtos gerados para uso livre, tanto no sentido de “*uso gratuito*”, sem custos, quanto no sentido de “*poder ser executado, copiado, modificado, aperfeiçoado e redistribuído livremente*”, desde que citada sempre a fonte original: *os autores, este trabalho e o link original*, de acordo com o prescrito na licença CC-BY, Creative Commons – Atribuição 4.0 Internacional. Na citação, deve-se obedecer às normas da Associação Brasileira de Normas e Técnicas (ABNT), fornecer o link para a licença e indicar se alterações foram feitas.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Existe grande necessidade de recursos didáticos para deficientes visuais, independente da área de conhecimento. Apesar de não ser a realidade, a quantidade de materiais didáticos disponíveis deveria ser proporcional ao aumento desses alunos na comunidade escolar, beneficiando estes com um processo de inclusão educacional. Há também outra questão relevante que seria a avaliação desses recursos pelos seus futuros usuários, com a finalidade de chegar a um resultado melhor. Não será de grande relevância um material que não seja bem aceito pelo público alvo.

Ciente da pluralidade das realidades que as escolas brasileiras enfrentam atualmente, este trabalho teve como objetivo definir uma forma para o desenho das moléculas, compatível com o formato já usado pelos professores e livros didáticos. E em segundo plano, criar uma metodologia acessível e de fácil entendimento que possa ser reproduzida e adaptada para as mais diversas situações.

O material foi avaliado como adequado, precisando apenas de pequenas modificações. As revisoras afirmaram que nunca haviam utilizado recursos didáticos como estes e nem nada com uma matéria prima similar, reafirmando o potencial e a utilidade do produto.

O objetivo principal foi atingido com a criação das placas bidimensionais de estruturas orgânicas, capaz de fazer a transposição do abstrato para o concreto através do tato. Futuramente, o uso de descrições audiovisuais seria uma excelente adição ao uso das placas, de forma a dar independência aos alunos para que utilizem o material sozinhos, tendo acesso ao seu próprio guia de leitura da placa.

Após a apresentação e avaliação do material, ambas as revisoras destacaram as dificuldades que enfrentaram durante o ensino médio. Relataram que às vezes os colegas de classe que tinham tempo disponível faziam alguns materiais didáticos à base de corda e cola para auxiliar no seu aprendizado, já que a escola não era preparada para isso. A partir dessas experiências vê-se o quanto ainda precisa avançar.

Embora não seja do escopo deste trabalho, ao longo da pesquisa sobre as referências bibliográficas, constatou-se que além da criação de novas tecnologias assistivas, a formação do professor também é uma etapa essencial para que o ensino de Química se torne realmente inclusivo. Poucas, para não dizer quase nulas, são as disciplinas em que os licenciados têm acesso a realidades relativa aos deficientes, sejam visuais ou não. Essa falta de disciplinas ou outros meios que trabalhem isso com o professor em formação, deixa espaços importantes vazios.

## 7.REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADA. **AMERICAN WITH DISABILITIES ACT 1994**. Disponível em: < [https://www.ada.gov/ada\\_intro.htm](https://www.ada.gov/ada_intro.htm) > Acesso em: maio 2019.

AMIRALIAN, M. L. T. M. **O psicodiagnóstico do cego congênito – aspectos cognitivos**. 1986. 285 f. Dissertação (Mestrado em Psicologia) – Instituto de Psicologia, Universidade de São Paulo, São Paulo.

BARCZINSKI, M. C. de C. **Reações psicológicas à perde da visão**. Benjamin Constant, Rio de Janeiro, IBCENTRO, v. 7, n. 28, abr. 2001.

BATISTETIL, C., et al. **Uma discussão sobre a utilização da história da ciência no ensino de célula para alunos com deficiência visual**. In: ENPEC, 7., 2009, Anais, Florianópolis: UFSC, 2009.

BRASIL. **DECRETO Nº 5.926/04, DE 2 DE DEZEMBRO DE 2004**. Disponível em: < [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2004-2006/2004/Decreto/D5296.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2004/Decreto/D5296.htm) > Acesso em: maio 2019.

BRASIL. **Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional**, LDB 4.024, de 20 de dezembro de 1961. Ministério da Educação.

BRASIL. **LEI Nº 9.394 DE 20 DE DEZEMBRO DE 1996**. Disponível em: < [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l9394.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9394.htm) > Acesso em: maio 2019.

BRASIL. **RESOLUÇÃO CNE/CEB Nº 2/2001**. Disponível em: < <http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/CEB0201.pdf> > Acesso em: maio 2019.

BRASIL. **Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM)**. Disponível em: < <http://portal.mec.gov.br/expansao-da-rede-federal/195-secretarias-112877938/seb-educacao-basica-2007048997/12598-publicacoes-sp-265002211> > Acessado em: maio 2019.

BRASIL. **SECRETARIA DE EDUCAÇÃO MÉDIA E TECNOLÓGICA. Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio – Ciências da natureza, Matemáticas e suas Tecnologias**. Brasília: MEC/SEF, 1999.

CARVALHO, A. M. P.; GIL-PÉREZ, D. **Formação de professores de ciências: tendências e inovações**. São Paulo: Cortez, 2011.

CHASSOT, A. I. **Catalisando Transformações na Educação**. Ijuí, RS, Brasil. Editora UNIJUÍ, 1993.

DE MAIS, I. **Deficiente visual: educação e reabilitação**. Brasília: Ministério da Educação / Secretaria de Educação Especial, 2002.

GARCIA, N. **Da necessidade de programas de treinamento da visão no processo de aprendizagem da criança portadora de visão subnormal**. 1984, 100 f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Faculdade de Educação, Pontifícia Universidade Católica, São Paulo.

GIL, F. C. M. **A criança com Deficiência Visual na escola regular**. São Paulo, 2009.

GONÇALVES, C. **O ensino de física e química para alunos com deficiência visual. Reflexões sobre as dificuldades específicas. Dificuldades em aspectos específicos do programa e na prática laboratorial**. Disponível em: < <http://www.deficienciavisual.pt/txt-ensinofisicaquimica.htm> > Acesso em: maio 2019.

GRIFFIN, H.; GERBER, P. **Desenvolvimento tátil e suas implicações na educação de crianças cegas**. Disponível em: < <http://www.ibc.gov.br/revistas/200-edicao-05-dezembro-de-1996> > Acesso em: maio 2019.

IBC. **Instituto Benjamin Constant: Ministério da Educação**. Disponível em: < <http://www.ibc.gov.br/> > Acesso em: maio 2019.

INEP. **INEP- Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira**. Disponível em: < <http://www.inep.gov.br/> > Acesso em: maio 2019.

LORA, T. D. P. **O professor especializado no ensino de deficientes visuais: um estudo centrado em seus papéis e competências**. 200. 124f. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

MANTOAN, M. T. E. **Inclusão Escolar. O que é? Por quê? Como fazer?** São Paulo: Moderna, 2003.

MAZZOTTA, M. J. S. **Educação Especial no Brasil: História e Políticas Públicas**. São Paulo: Editora Cortez, 5ª Ed. 2005.

MAZZOTTA, M. J. S. **Fundamentos de educação especial**. São Paulo: Editora Pioneiras, 1997.

MENESCAL, A. **A criança portadora de deficiência visual usando o seu corpo e descobrindo o mundo**. In: Lazer, atividades físicas e esportivas para portadores com deficiência. Brasília: SESI, DF. Ministério do Esporte e Turismo, 2001. p. 135-176.

OCHAÍTA, E.; ESPINOSA, M. A. Desenvolvimento e intervenção educativa nas crianças cegas ou deficientes visuais. In: COLL, C.; MARCHESI, A.; PALACIOS, J. (Org.). **Desenvolvimento psicológico e educação**. 2ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. V.3.

OCHAÍTA, E.; ROSA, A. Percepção, ação e conhecimento nas crianças cegas. In: COLL, C.; MARCHESI, A.; PALACIOS, J. (Org.). **Desenvolvimento psicológico e educação**. 2ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. V.3.

OLIVEIRA, J. V. G. **Do essencial invisível**. Benjamin Cosntant, Rio de Janeiro, IBCENTRO, v.5, n.14, dez. 1999.

OLIVEIRA, R. C. de S.; KARA-JOSÉ, N.; SAMPAIO, M. W. **Entendendo a baixa visão. Orientação aos professores**. Brasília, DF: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Especial (MEC), 2000.

ONU, Organização Das Nações Unidas. **Declaração dos direitos das pessoas deficientes**. 1975. Disponível em: < [http://portal.mec.gov.br/seesp/arquivos/pdf/dec\\_def.pdf](http://portal.mec.gov.br/seesp/arquivos/pdf/dec_def.pdf) >. Acesso em: maio 2019.

RAPOSO, P. N.; CARVALHO, **A pessoa com Deficiência Visual na Escola**, Módulo 6, UNB, 2010.

RETONDO, C. G. & SILVA, G. M. **Ressignificação da Formação de Professores de Química para a Educação Especial e Inclusiva: Uma História de Parceria**. Química Nova, nº30, p. 27-33, 2008.

SÁ, E. D. de; CAMPOS I., M. de; SILVA, M. B. C., **Atendimento Educacional Especializado, Deficiência Visual**. SEESP / MEC, DF - 2007.

SILVA, T. A. R. da, **Desenvolvimento de Recursos Didáticos para o Ensino de Vermínoses para Deficientes Visuais**. 2008. Dissertação – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro.

SILVA, T. N. C.; **Deficiente visual: Ensinando e aprendendo química através das tecnologias assistivas no ensino médio**. Rio Grande do Sul, 2014.

SOLER, R.; **Educação física inclusiva: em busca de uma escola plural**. Rio de Janeiro. Sprint, 2005.

UNESCO, Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura. **Declaração de Salamanca sobre Princípios, Política e Práticas área das necessidades educativas especiais**. 1994. Disponível em: < <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000139394> > Acesso em: maio 2019.

WISHBOX TECHNOLOGIES, 2019. Disponível em: <https://www.wishbox.net.br/fff-sla-e-sls-comparando-tecnologias/>. Acesso em 28 jul. 2019

YOSHIKAWA, R. C. S. **Possibilidades de aprendizagem na elaboração de materiais didáticos de Biologia com educandos deficientes visuais**. 2010. 149 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, curso de Pós-graduação em Ensino de Ciências.

## Apêndice I – Listagem das 36 moléculas escolhidas

Lista das moléculas de hidrocarbonetos, álcoois, fenóis, aldeídos, cetonas, ácidos carboxílicos, éteres e ésteres escolhidas para este estudo. As sete primeiras foram as escolhidas para impressão e as demais possuem apenas os arquivos gcode finalizados.

1	1,2-dimetilbenzeno
2	1,4-dimetilbenzeno
3	2-metilhidroxibenzeno
4	3-metilhidroxibenzeno
5	4-metilhidroxibenzeno
6	Ácido Benzóico
7	Ácido Butanóico
8	Ácido Etanóico
9	Antraceno
10	Benzaldeído
11	Benzeno
12	Butanal
13	Butano
14	Butanol
15	Buteno
16	Ciclohexano
17	Ciclopentano
18	Etanal
19	Etanoato de metila
20	Etanotato de fenila
21	Etolol
22	Etoxi etano
23	Fenantreno
24	Fenol
25	Hexano
26	Hexeno
27	p-cresol
28	Pentano
29	Pentanol
30	Penteno
31	Propranal
32	Propano
33	Propanoato de metila
34	Propanol
35	Propanona
36	Propeno



## Apêndice II – Programa Descritivo da Placa Adaptado pelo Prof. Ricardo Cunha Michel

Programa de desenho das placas, desenvolvido por Ricardo C Michel, com trecho de geração de braille adaptado do objeto 47411 de Chris Wallace. A licença deste programa é CC-BY-AS, em função da licença do objeto 47411 Creative Commons Attribution – Share Alike.

```

/*
Geração de modelo em relevo de moléculas orgânicas, escrito por Ricardo Cunha Michel, em 2019,
com trecho de geração de caracteres em braille adaptado do arquivo obtido de
www.thingiverse.com/thing:47411, para TCC de Stephanie Fantinatti
*/
espessuraPlaca=2.0;//não mudar
nome_DXF="1,2-dimetilbenzeno.dxf";// arquivo dxf
tamPlaca=110; //ajustar, se o texto em braille ficar longo ou curto demais
text1 = ["#1,2-dimetil"]; // linha 1 texto em BRAILLE
text2 = ["benzeno"]; // linha 2 texto em BRAILLE
texto="1,2-dimetilbenzeno"; // latino

function max_length_r(v, i, max) =
  i == len(v) ? max : max_length_r(v, i+1, len(v[i]) > max ? len(v[i]) : max);
function max_length(v) = max_length_r(v,0,0);
// dot is not a hemisphere
function chord_radius(length,height) = ( length * length /(4 * height) + height)/2;

font_charKeys = [
"a", "A", "1",
"b", "B", "2",
"c", "C", "3",
"d", "D", "4",
"e", "E", "5",
"f", "F", "6",
"g", "G", "7",
"h", "H", "8",
"i", "I", "9",
"j", "J", "0",
"k", "K",
"l", "L",
"m", "M",
"n", "N",
"o", "O",
"p", "P",
"q", "Q",
"r", "R",
"s", "S",
"t", "T",
"u", "U",
"v", "V",
"w", "W",
"x", "X",
"y", "Y",

```

```

"z", "Z",
",",
".",
":",
"!(",
")",
"?",
"\",
"\"",
"_'",
" -",
"#",
"^\",
"$"];

font_charValues = [
[1], [1], [1], //aA1
[1, 2], [1, 2], [1, 2], //bB2
[1, 4], [1, 4], [1, 4], //cC3
[1, 4, 5], [1, 4, 5], [1, 4, 5], //dD4
[1, 5], [1, 5], [1, 5], //eE5
[1, 2, 4], [1, 2, 4], [1, 2, 4], //fF6
[1, 2, 4, 5], [1, 2, 4, 5], [1, 2, 4, 5], //gG7
[1, 2, 5], [1, 2, 5], [1, 2, 5], //hH8
[2, 4], [2, 4], [2, 4], //iI9
[2, 4, 5], [2, 4, 5], [2, 4, 5], //jJ0
[1, 3], [1, 3], //kK
[1, 2, 3], [1, 2, 3], //lL
[1, 3, 4], [1, 3, 4], //mM
[1, 3, 4, 5], [1, 3, 4, 5], //nN
[1, 3, 5], [1, 3, 5], //oO
[1, 2, 3, 4], [1, 2, 3, 4], //pP
[1, 2, 3, 4, 5], [1, 2, 3, 4, 5], //qQ
[1, 2, 3, 5], [1, 2, 3, 5], //rR
[2, 3, 4], [2, 3, 4], //sS
[2, 3, 4, 5], [2, 3, 4, 5], //tT
[1, 3, 6], [1, 3, 6], //uU
[1, 2, 3, 6], [1, 2, 3, 6], //vV
[2, 4, 5, 6], [2, 4, 5, 6], //wW
[1, 3, 4, 6], [1, 3, 4, 6], //xX
[1, 3, 4, 5, 6], [1, 3, 4, 5, 6], //yY
[1, 3, 5, 6], [1, 3, 5, 6], //zZ

[2], //,
[2, 3], //;
[2, 5], //:
[2, 5, 6], //.
[2, 3, 5], //!
[2, 3, 5, 6], //(
[2, 3, 5, 6], //(
[2, 3, 6], //?
[2, 3, 6], //\"
[3, 5], //*
[3], //
[3, 6], //-

[4, 6], //_ maiúscula

```

```

[3, 4, 5, 6], ## numero
[4], /^"grego minúsculo"
[4, 5] //$ "grego maiúsculo"
];
module drawDot(location) {
  translate(location)
  translate ([0,0, -font_dotSphereOffset ]) sphere(font_dotSphereRadius, $fn=30);
}
module drawCharacter(charMap) {
  for(i = [0: len(charMap)-1])
    assign(dot = charMap[i] - 1)
    drawDot( [floor(dot / 3) * font_dotWidth, -(dot %3) * font_dotWidth, 0], font_dotRadius
);
}
module drawLine(line) {
  for(i = [0: len(line)-1])
    translate([font_charWidth*i, 0, 0])
    for(j = [0:len(font_charKeys)])
      if(font_charKeys[j] == line[i])
        drawCharacter(font_charValues[j]);
}
module drawText(text, linha) {
  assign(totalHeight = len(text) * font_lineHeight)
  translate([-tamPlaca/2, -font_lineHeight*(linha-1.5), 1])
  for(i = [0: len(text)])
    translate([-len(text[i])*font_charWidth/2, totalHeight/2-font_lineHeight*i, 0])
    drawLine(text[i]);
}
module label() {
  linha=1;
  depth=1;
  assign(width =( max_length(text1) + 2) * font_charWidth,
  height = len(text1) * font_lineHeight )

  difference () {
    union() {
      //objeto

      /*
      translate([-width/2, font_lineHeight/3-height/2, 0]) cube([width, height, depth]);
      translate([width/2, font_lineHeight/3, 0]) cylinder(d=height, h=depth);
      */
      translate([-tamPlaca/2,-tamPlaca/2+2*font_lineHeight,1.8-espessuraPlaca])
      resize([tamPlaca,0,espessuraPlaca], auto=true)
      nome();

      //texto
      drawText(text1, 1);
      drawText(text2, 2);
    }
  }
}
$fa = 0.01; $fs = 0.5;
font_dotHeight = 0.7;
font_dotBase = 1.6;
font_dotRadius = font_dotBase /2;
font_dotWidth= 2.54;
font_charWidth = 7; //7.62;

```

```

font_lineHeight = 11;
font_dotSphereRadius = chord_radius(font_dotBase,font_dotHeight);
font_dotSphereOffset =font_dotSphereRadius - font_dotHeight;
label();
esp_base=1.5;
larg_base=60;
compr_base=55;
esp_desenho=0.5;
module base(){
  union(){
    hull(){
      translate([-larg_base, -compr_base, 0]) cylinder(d=10, h=esp_base);
      translate([ larg_base, compr_base, 0]) cylinder(d=10, h=esp_base);
      translate([-larg_base, compr_base, 0]) cylinder(d=10, h=esp_base);
      translate([ larg_base, -compr_base, 0]) cylinder(d=10, h=esp_base);
    }
    color([1,0,0])
    translate([-larg_base+5, -compr_base,esp_base-0.001])
    linear_extrude(height=esp_desenho, $fn=60){text(texto, font="Arial", size=8);}
  }
}
module molecula(){
  color([0,0,1])
  translate([0,0,esp_base-0.001])
  linear_extrude(height=esp_desenho, $fn=60)
  {
    translate([-20,-35,0])
    offset(r=0.3){
      resize([45,0,0], auto=true)
      import(nome_DXF);
    };
  }
}
module nome(){
  union(){
    molecula();
    base();
  }
}
/*

```

Adaptado do arquivo obtido de

<https://www.thingiverse.com/thing:47411>

para incluir símbolos novos e nova forma da base

based on <http://www.thingiverse.com/thing:8000>

mods :

- braille font parameters set as global variables (prefixed font\_) for clarity

- resolution set globally

- module for printing the label, multiple lines -drawText() - as well as a line - drawLine()

- dropped the difference operation when drawing dots since embedded in slab anyway

- dot sphere offset because spec requires base which is longer than 2 times the height

- functions added to compute the radius from a chord length and height

- length() > len()

- max line length calculated with recursive function so width of slab

- can be calculated

- fixing holes at the top added so the fitter knows which way up it goes

- braille parameters larger for signage

todo allow capitals -openSCAD lacks a function to change the case of a letter,

- hence the duplicate entries for both forms of the letter

- adding the shift character for an uppercase letter is tricky since cannot simply

accumulate the length printed  
use search instead of looping through the parallel array for easier maintenance