



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO
SERTÃO PERNAMBUCANO
COORDENAÇÃO DO CURSO DE SISTEMAS PARA INTERNET
SISTEMAS PARA INTERNET**

JOSÉ VINÍCUS SOUZA

**Recursos Didáticos Táteis para Auxiliar Deficientes Visuais
no Aprendizado de Matemática: Artefatos no Âmbito da
Manufatura Aditiva**

**SALGUEIRO
2022**

JOSÉ VINÍCIUS SOUZA

**Recursos Didáticos Táteis para Auxiliar Deficientes Visuais
no Aprendizado de Matemática: Artefatos no Âmbito da
Manufatura Aditiva**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do curso de Sistemas para Internet do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano, campus Salgueiro, como requisito parcial à obtenção do título de tecnólogo em Sistemas para Internet.

Orientador(a): Marcelo Anderson Batista
Dos Santos

SALGUEIRO
2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

S719 Souza, José Vinícius.

Recursos Didáticos Táteis para Auxiliar Deficientes Visuais no Aprendizado de Matemática : Artefatos no Âmbito da Manufatura Aditiva / José Vinícius Souza. - Salgueiro, 2022.
23 f. : il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Sistemas para Internet) -Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano, Campus Salgueiro, 2022.
Orientação: Prof. Dr. Marcelo Anderson Batista Dos Santos.

1. Tecnologia educacional. 2. Inclusão. 3. Alunos com deficiência visual. 4. Ensino-aprendizagem. I. Título.

CDD 371.334



ATA DE DEFESA DE ARTIGO CIENTÍFICO

Na presente data realizou-se a sessão pública de defesa do Artigo Científico intitulada **Recursos Didáticos Táticos para Auxiliar Deficientes Visuais no Aprendizado de Matemática: Artefatos no mbito da Manufatura Aditiva** apresentada pelo aluno **Jose Vinicius Souza (2019100100016)** do Curso **Tecnologia em Sistemas para Internet (Salgueiro)**. Os trabalhos foram iniciados às **19:00** pelo Professor presidente da banca examinadora, constituída pelos seguintes membros:

- **Marcelo Anderson Batista dos Santos** (Orientador)
- **Leonardo Corsino Campello** (Examinador Interno)
- **Maria Patricia Lourenco Barros** (Examinadora Interna)

A banca examinadora, tendo terminado a apresentação do conteúdo do Artigo Científico, passou à arguição do candidato. Em seguida, os examinadores reuniram-se para avaliação e deram o parecer final sobre o trabalho apresentado pelo aluno, tendo sido atribuído o seguinte resultado:

Aprovado

Reprovado

Nota (quando exigido): 9,0

Observação / Apreciações:

Proclamados os resultados pelo presidente da banca examinadora, foram encerrados os trabalhos e, para constar, eu **Marcelo Anderson Batista dos Santos** lavrei a presente ata que assino juntamente com os demais membros da banca examinadora.

Salgueiro / PE, 10/03/2022

MarceloAndersonBatista
dosSantos:07697542447

Assinado de forma digital por Marcelo Anderson Batista dos Santos:07697542447
Motivo: Confirmo a precisão e a integridade deste documento
Localização: IF Sertão-PE
Dados: 2022.03.22 20:03:11 -03'00'

Marcelo Anderson Batista dos Santos

Leonardo Corsino
Campello:06960917476

Digitally signed by Leonardo Corsino Campello:06960917476
Date: 2022.03.10 21:05:54 -03'00'

Leonardo Corsino Campello

MariaPatriciaLourencoBarros:05548953400

Assinado de forma digital por Maria Patricia Lourenco Barros:05548953400
Dados: 2022.03.10 21:31:50 -03'00'

Maria Patricia Lourenco Barros

Recursos Didáticos Táteis para Auxiliar Deficientes Visuais no Aprendizado de Matemática: Artefatos no Âmbito da Manufatura Aditiva

Vinicius Souza, Marcelo Santos

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano – Campus Salgueiro (IFSPE) – Salgueiro – PE – Brazil

josé.vinicius@aluno.ifsertao-pe.edu.br, marcelo.santos@ifsertao-pe.edu.br

Abstract. *The inclusion of visually impaired students in the educational environment requires teaching-learning tools. Thus, the use of technologies has been adding positive values in this environment. The time additive manufacturing, for example, becomes increasingly educational, helping mainly in inclusive pedagogical practices. Because, with its use, it is possible to build three-dimensional and adaptable objects for transmitting information. Thus, we performed an impression of objects related to functions and sets and, we found that the use of 3D printing in teaching for the visually impaired as a pedagogical tool can gradually help in the understanding and interactivity of these students.*

Resumo. *A inclusão de alunos com deficiência visual em âmbito educacional requer ferramentas eficazes de ensino-aprendizagem. Assim, a utilização de novas tecnologias vem agregando valores positivos neste meio. A manufatura aditiva, por exemplo, vem se tornando cada vez mais presente no meio educacional, auxiliando, principalmente, em práticas pedagógicas inclusivas. Pois, com seu uso, é possível construir objetos tridimensionais táteis e adaptativos, facilitando a transmissão de informações. Assim, realizamos a impressão de objetos relacionados a funções e conjuntos e, constatamos, através da experiência de um aluno cego, que o uso da impressão 3D no ensino inclusivo para deficientes visuais como ferramenta pedagógica, pode auxiliar no processo de entendimento e interatividade destes alunos.*

1. Introdução

A inclusão de pessoas com deficiências em âmbito escolar é garantida pela Lei nº 13.146/15, tornando-se foco de muitos debates atualmente. Resultando em um assunto de grande importância para aqueles que estão inseridos no cenário educacional e pedagógico (JUSBRAZIL, 2017).

Segundo dados do censo, realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2015), no setor geográfico brasileiro, existem um total de mais de 6,5 milhões de pessoas que apresentam alguma deficiência visual, e destas, mais de 582 mil são incapazes de enxergar (cegos) e 6 milhões possuem baixa visão ou visão subnormal.

A deficiência visual se divide, basicamente, em dois grupos que apresentam necessidades e características diferentes: a cegueira e a baixa visão ou visão subnormal. Uma vez que cegueira é o termo utilizado para a perda completa da visão, as pessoas

que a apresentam necessitam de ferramentas e tecnologias adicionais para realizar determinados processos, principalmente, quando se trata de temas voltados para a leitura e ensino-aprendizagem. Neste contexto, o sistema braille, é uma alternativa considerada como auxílio e, conseqüentemente, utilizada neste cenário.

Sendo assim, é possível compreender o quão importante é que as escolas e instituições auxiliem de maneira efetiva na inclusão destes alunos, a fim de proporcionar recursos didáticos, equipamentos especiais e formações específicas para o ensino destes, uma vez que a falta de infraestrutura, presente em grandes partes dos ambientes, torna-se empecilho no processo de inclusão (SILVA, T. et al, 2017).

A transmissão dos conhecimentos, para os deficientes visuais, principalmente na matemática, utilizando apenas a verbalização, torna a compreensão mais complexa, visto que a visualização de pessoas cegas se dá de maneira completamente tátil. Desta forma, a utilização de materiais, tecnologias e metodologias de apoio tornam-se um meio viável para a auxiliar na educação inclusiva (PEREIRA, R. T. de C. et al, 2016). A manufatura aditiva é uma destas tecnologias, uma vez que com o emprego da impressora 3D, é possível construir objetos tridimensionais e adaptativos capazes de serem tocados, auxiliando de maneira considerável na compreensão do conteúdo como um todo.

É visível como as tecnologias, principalmente a manufatura aditiva, que é, basicamente, um processo de manufatura digital por adição, no qual operam diversos tipos de equipamentos, comumente conhecida como “impressão 3D”, pode auxiliar os educadores na transmissão de conhecimento para as pessoas com deficiência visual, tornando a sala de aula mais interativa e, conseqüentemente, influenciando positivamente no ensino inclusivo (SILVA, T. et al, 2017), uma vez que com a possibilidade de utilização de objetos palpáveis, o entendimento deste torna-se consideravelmente mais simples e intuitivo.

Assim, este artigo tem como principal objetivo demonstrar e validar técnicas existentes em manufatura aditiva para auxiliar no processo de inclusão dos deficientes visuais no ambiente escolar, assim como disponibilizar para estes, objetos tridimensionais a fim de proporcionar melhor ensino-aprendizagem e adaptação, mais especificamente no ensino de funções e conjuntos, referentes a área de matemática.

Ao decorrer do projeto, realizamos a construção de artefatos em braille, focando especialmente na disciplina lógica da matemática. Foram impressos um total de 15 peças nas impressoras 3D, todas possuindo símbolos ou gráficos com seu respectivo conteúdo em braille. O intuito é possibilitar que o aluno cego consiga identificar e visualizar, de maneira tátil, a peça como um todo, com ou sem o auxílio direto do educador. Para a impressão destas, foram utilizados um total de 5 impressoras e filamentos do tipo PETG, ABS e PLA, no ambiente relativo ao laboratório Maker do IFSertãoPE.

2. Revisão da Literatura

2.1. Fundamentação Teórica

A visão nos auxilia de maneira gradual em todos os aspectos, principalmente quando se trata do ambiente escolar. A mesma contribui para a compreensão e absorção de informações, que acabam influenciando positivamente em nosso aprendizado. Sendo assim, é possível entender que as pessoas com deficiências visuais, mais precisamente os cegos, tendem a apresentar mais dificuldades em relação a adaptação e captação destas informações, seja pela falta de infraestrutura do ambiente ou pela não formação específica do educador.

Assumindo que a educação especial é uma modalidade da educação a qual inclui estudantes com qualquer tipo de deficiência em escolas de ensino regular, auxiliando no combate ao preconceito, atualmente, é possível encontrar um número de pessoas com deficiência visual bem maior que há alguns anos atrás, portanto, a educação inclusiva deve estar presente de maneira abundante neste meio, uma vez que a deficiência visual, pode se apresentar de diversas formas (BRASIL ESCOLA, 2021).

A representação da cegueira propriamente dita, está presente quando a acuidade visual no melhor olho é de 20/200 (0,1), esgotando os meios ópticos e cirúrgicos para correção, e impossibilitando o sujeito de enxergar (WAISBERG, Y, 2015). Já a categoria conhecida como visão subnormal, são pessoas que possuem baixo nível de visão ou parte dela comprometida.

Em um meio termo entre ambas, existem as pessoas que se apresentam próximas à cegueira, as quais ainda são capazes de distinguir a luz e sombra no campo visual, porém com um nível relativamente baixo. Vale ressaltar que ambos os tipos de deficiência podem estar presentes desde nascença ou podem ser adquiridas com o passar do tempo.

Quando tratamos dos sujeitos cegos, em âmbito educacional, é possível compreender o quão complexo é transmitir ensinamentos para estes, uma vez que para realização de leitura e escrita, se faz necessário, na maioria das vezes, o Sistema Braille, que em suma, é um meio de leitura e escrita tátil, possibilitando aos deficientes visuais a leitura do conteúdo e compreensão do contexto. O braille é constituído de pequenos pontos em relevo, que seguem determinadas normas, a fim de possibilitar que as pessoas privadas da visão possam ler e escrever, dado que a aquisição de informações pelo deficiente se dá pelo conjunto de sensações táteis, cinestésicas e auditivas aliadas às experiências mentais anteriormente vivenciadas e construídas pelo sujeito.

Além do braille como forma de comunicação com as pessoas que possuem deficiência visual, podemos utilizar, como meio de auxílio, softwares de ativação por voz, visto que este consegue converter a voz de um alto-falante em palavras, ou ainda podemos optar por gravações de livros e/ou áudio.

Em relação a ensino-aprendizagem, por exemplo, estes alunos utilizam textos explicativos digitalizados e descrição verbal, para que ocorra a assimilação auditiva.

Para tornar o ensino mais eficiente e interativo, também podem ser utilizadas novas metodologias de ensino, produzindo materiais didáticos adaptativos ao contexto da aula.

Uma das disciplinas que enfrenta uma série de dificuldades na transmissão de contexto e compreensão dos alunos incapazes de enxergar é a matemática, sendo que, muitas instituições e ambientes escolares tendem a não disponibilizar recursos e educadores com formações específicas para o cenário referente.

Posto isto, metodologias como a manufatura aditiva vem contribuindo no processo de ensino, auxiliando na representação gráfica, interseção de superfícies e na visualização de vários aspectos (LEMKE, R; SIPLE, Z. I; FIGUEIREDO, B, 2016, p.1), relacionados a processos de ensino da matemática, por exemplo, em assuntos relacionados a Funções, Cálculo, Diagramas e Álgebra Linear, resultando do fato de que o manuseio e o toque no objeto impresso podem facilitar a compreensão dos mesmos.

Sendo assim, é possível compreender o quão importante é utilizar novos meios de ensino para a adaptação e aprendizagem dos alunos com deficiência visual, uma vez que, se com a visão o estudo da matemática torna-se relativamente complexo em determinados aspectos, sem o uso de bens palpáveis, a dificuldade aumenta gradualmente.

2.2.Trabalhos Relacionados

As universidades e até mesmo a própria sociedade vêm sofrendo grandes mudanças ao longo dos anos, tornando-se cada vez mais desenvolvida, potencialmente utilizando o crescimento exponencial da tecnologia e da ciência, ocasionalmente contribuindo na formação e no sistema educacional do ensino institucional como um todo.

Categorias como indústria, escolas e saúde, por exemplo, já estão sendo influenciadas pela grande quantidade de possibilidades oferecidas a partir do uso da impressora 3D. Uma vez que, modelos impressos são utilizados para o aperfeiçoamento de peças industriais e modelos anatômicos, participando de planejamentos pré-operatórios de cirurgias complexas e assim contribuindo para o seu sucesso (DUCAN; DAURKA; AKHTAR, 2014).

Entre diversas mudanças que ocorreram, agora no que diz respeito à educação, levando em consideração a inclusão de alunos com deficiência visual em âmbito educacional, as escolas e universidades precisam se adaptar arquitetonicamente e de maneira prática pedagógica para contribuir neste meio de adversidade.

Em estudos relacionados a educação inclusiva, na instituição UNICAMP (NAKASONE KIEI, 2018), foram realizados a construção de peças para auxílio da disciplina de biologia, as quais foram impressos organismos táteis para o melhor entendimento dos estudantes cegos; ao final da experiência, foi ressaltado pelos alunos que o aprendizado se torna consideravelmente mais simples e intuitivo. Já o projeto realizado pelo professor Ferronato (COLPES, K.M. et al, 2013), cujo intuito foi a construção de geoplanos, os quais permitem a construção de gráficos e formas geométricas, disponibiliza também, objetos 3D para a melhor compreensão do contexto

matemático abordado durante suas aulas, ambos ocasionando maior flexibilidade e facilidade na transmissão de conhecimentos para os estudantes.

Seguindo nesta mesma linha de raciocínio, artigos realizados pela UFRGS (FISCHER BRENDLER et al., [s.d.], 2014), realizaram a impressão de materiais didáticos tácticos, e afirmam que o produto impresso impacta positivamente o público com deficiência, ocasionando maior facilidade de compreensão dos conteúdos.

A Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), adere a manufatura aditiva em alguns de seus projetos, (SILVEIRA, C. et al., 2018), e à utilizou para a impressão 3D como parte da metodologia de ensino referente a disciplina de matemática, e relata que os sujeitos participantes descrevem que o uso de objetos tridimensionais proporcionam uma fácil visualização tátil, assim como possui grande potencial no ensino inclusivo referente ao ambiente escolar, além de disponibilizar melhorias para a realização das atividades.

Ainda no projeto citado no parágrafo anterior, ocorreu a utilização da caneta 3D, que é uma alternativa viável a inclusão destes em sala de aula, pois, quando se trata da matemática, ela pode ser utilizada para a impressão/desenho de conteúdos de formas geométricas, funções, ângulos e sistemas de coordenadas cartesianas, permitindo assim que os mesmos possam ser tocados. Há grandes vantagens em relação às canetas 3D, uma delas é a construção imediata das representações, ocasionando a flexibilização das atividades, além de possibilitar o uso simples e seguro do objeto (SILVEIRA, C. et al., 2018).

Neste mesmo contexto, a manufatura aditiva já vem sendo bastante utilizada em sala de aula. No trabalho de Alves (2018), por exemplo, foram projetados dois objetos, um esqueleto de um animal e o modelo de um porífero, ocasionando melhor entendimento por parte dos os estudantes da pesquisa, alcançando assim seu objetivo.

Presente também no ensino da química, no projeto realizado por Toledo e Rizzatti (2021), foram impressas várias peças voltadas para modelos atômicos, cujo ao final do processo, os professores e avaliadores do trabalho evidenciam que os materiais produzidos demonstram viabilidade, sendo adaptados ao contexto e a seus respectivos alunos.

Dessa forma, em âmbito educacional, grande quantidade de disciplinas e matérias podem ser influenciadas de maneira positiva na aprendizagem com o uso da manufatura aditiva. A matemática não é uma exceção. Considerando que o ensino dessa disciplina, quando se trata de inclusão dos deficientes visuais, ainda é um grande desafio para os professores, a utilização de objetos tridimensionais pode facilitar bastante na compreensão de alunos cegos durante as aulas.

Grande parte das peças produzidas na impressão 3D, cujo o objetivo é realizar a construção ferramentas de auxílio aos deficientes visuais, são projetos sem qualquer tipo de contextualização escrita. Portanto, este projeto visa, além dos objetos, adicionar as placas, textos em braille, possibilitando a transmissão de informações sem que ocorra auxílio direto do educador.

Outro ponto a ser considerado é que muitos dos materiais impressos são completamente estáticos, ficando, de certa forma, preso a determinados cenários. A construção do plano cartesiano dinâmico, realizado ao longo do nosso projeto, visa a adaptação do objeto a necessidade do educador, possibilitando a formação de diferentes funções, com a utilização de uma única peça.

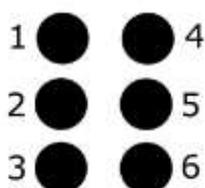
3. Linguagem Braille: fundamentos e desafios na Sala de Aula

Para compreendermos melhor o relacionamento das pessoas que possuem deficiências visuais ou a cegueira propriamente dita, com a leitura e escrita, precisamos entender um pouco do sistema utilizado pelos mesmos, o Braille.

O braille surgiu na França, no século XIX, mais precisamente no ano de 1825, criado por Louis Braille. Daí veio seu nome. Vale ressaltar que o braille chegou ao Brasil no ano 1854, por meio de José Álvares de Azevedo, um estudante da época. Ele é, basicamente, um sistema de leitura e escrita que possui como intuito garantir que pessoas cegas ou com algum tipo de deficiência visual consigam realizar leitura. É um sistema completamente tátil, baseado em 64 símbolos, formados por pontos a partir do conjunto matricial (123456), e tradicionalmente escrito em papel relevo, que são aprendidos por meio do contato com a ponta dos dedos (UOL, 2021).

Para que sejam identificados de maneira exata, os pontos são numerados de cima para baixo e da esquerda para a direita, decorrendo da combinação de até seis pontos dispostos em duas colunas de três pontos cada, apresentados em uma sequência denominada Ordem Braille, e distribuídos em sete séries.

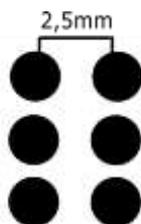
Figura 1 – conjunto matricial



Fonte: imagem autoral

A distância definida entre os pontos adjacentes em uma mesma cela é de 2,5 mm.

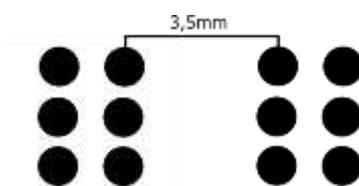
Figura 2 – distância entre pontos



Fonte: imagem autoral

Já a distância horizontal entre os pontos de duas celas consecutivas é de 3,5 mm.

Figura 3 – distância celas consecutivas



Fonte: imagem autoral

O uso do braille torna-se cada vez mais necessário, uma vez que os deficientes visuais estão cada vez mais presentes nas salas de aula, aumentando, consideravelmente, a demanda pela adaptação dos professores à realidade encontrada. Sendo assim, o ensino torna-se cada vez mais complexo, tendo como base a falta de infraestrutura de vários ambientes escolares. A falta de equipamentos como impressoras 3D, placas e livros em braille, acabam dificultando a aprendizagem destes alunos. Sem estes equipamentos e/ou objetos em braille a tarefa do professor torna-se, conseqüentemente, mais difícil.

Tecnologias como impressoras braille, que são equipamentos capazes de converter textos comuns para o referido sistema, ajudam de maneira considerável na aprendizagem inclusiva dos alunos com deficiência visual, no entanto, ela possui um valor de compra e manutenção relativamente alto, dificultando seu uso. A impressora Index Basic D v4, por exemplo, que é uma das mais conhecidas e utilizadas neste meio, possui um custo médio de preço acima de 10 mil reais.

É possível compreender que com estas impressoras o ensino e didática dos professores se tornariam cada vez mais simples e adaptativo, pois seria possível imprimir textos e elementos quando necessário. Com isso, a utilização de livros em braille, que hoje são, de certa forma, escassos nas salas de aulas, se disponibilizados em massa, possibilitam, certa facilidade de ensino aprendizagem para estes alunos.

Assim, podemos compreender como é importante a utilização do sistema braille no ambiente escolar, principalmente, quando se trata da educação inclusiva, com foco nos deficientes visuais.

4. A Manufatura Aditiva como Ferramentas Dentro da Sala de Aula

Comumente chamada de impressão 3D, a manufatura aditiva é, basicamente, um processo mecânico, cujo utiliza técnicas de fabricação digital, as quais têm seu funcionamento por meio de uma combinação de hardware e software, possuindo como objetivo a criação de objetos tridimensionais.

Em resumo, a manufatura aditiva é entendida como um processo de fabricação por meio de acréscimo sucessivo de materiais em forma de camadas vindas de informações obtidas de uma representação geométrica computacional 3D do objeto (VOLPATO, 2007).

Utilizada neste contexto, e considerada inovadora, a impressora 3D é completamente diferente das que possuímos em casa ou no escritório, que normalmente imprimem em papel; como por exemplo as matriciais, a laser ou a jatos de tinta. A

impressora 3D é uma tecnologia que cria ou transforma projetos digitais em objetos tangíveis, materializando estes em três dimensões.

O desenvolvimento do projeto ou objeto, tem seu início em um software de desenho ou modelagem 3D, ou seja, uma aplicação de desenho assistido por computador (CAD), onde os projetos são criados virtualmente. O arquivo criado é convertido para um determinado formato (normalmente para o formato STL, que significa *Standard Triangle Language*). O equipamento de manufatura aditiva, recebe estes modelos virtuais pré-preparados e produz uma peça física exatamente igual à que foi projetada, levando em consideração vários aspectos que podem vir a agregar valores positivos ou negativos durante a construção e impressão da peça.

Em suma, na impressão 3D ocorre a fabricação do filamento fundido e logo em seguida sua divisão em finas camadas, que são depositadas sobre a mesa de impressão, sucessivamente, ou seja, sobrepondo uma à outra, até a criação completa da peça especificada. Após determinado período de esfriamento e segurança, o projetista retira o objeto da linha de produção e o disponibiliza para uso.

4.1. STEAM, STEAM e Espaço Maker

Sendo utilizado em sala de aula e de certa forma auxiliando no uso da impressão 3D, assim como contribuindo no processo de aprendizagem consideravelmente inovador e se afastando da forma de ensino “tradicional”, as metodologias STEM (*Science, Technology, Engineering and Mathematics* ou Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática) e STEAM (*Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics* ou Ciência, Tecnologia, Engenharia, Artes e Matemática) visam apresentar, de certa forma, uma maneira de aprendizagem integrada, com base em projetos, buscando a formação do sujeito em várias áreas do conhecimento, desenvolvendo assim, valores fundamentais tanto para a cidadania quanto para o ambiente de trabalho (HABTO, 2021)..

Stem e Steam, mesmo possuindo nomenclaturas tão semelhantes, apresentam certas diferenças entre si, sendo ambos focados em multidisciplinaridade. Esta diferença se dá pelo fato de o Steam apresentar o campo adicional “artes”, cujo representa mais um eixo desta metodologia, no qual apresentam-se, em conjuntos, diversos termos, como arquitetura, cultura, design, cinema, teatro e vários outros. A metodologia Stem/Steam apresenta uma grande série de benefícios, como a busca pela interdisciplinaridade, a construção do conhecimento, experiências, competências e habilidades em várias áreas distintas, além de incentivar os alunos a criação e aplicação de métodos e objetos por meio de suas experiências (HABTO, 2021).

Conseqüentemente conectado a metodologia Stem/Steam, o espaço Maker, que é, basicamente, um ambiente o qual oferece aos alunos a oportunidades de realizar atividades práticas em sala de aula, é de grande importância para o estímulo do desenvolvimento de diversas habilidades, agindo positivamente, no incentivo da imaginação, invenção e recriação.

Com o auxílio deste espaço e com a ajuda de materiais propícios, como a impressora 3D, a educação como um todo, até mesmo a inclusiva, proporciona melhor aprendizado ao estudante. O ambiente ajuda no aprendizado dos alunos de maneira considerável, auxiliando no melhor engajamento, no senso de empreendedorismo e na

formação do pensamento crítico, além de tornar o aluno protagonista, auxiliando na relação dos mesmos com seus professores (COLÉGIO ACADEMIA, 2021).

Dessa forma, todo este conjunto de espaço, tecnologias e metodologias já vem sendo utilizado em métodos relacionados às grades curriculares, apresentando-se uma ótima alternativa de adaptação e absorção de conhecimento. Capaz de viabilizar a intercomunicação entre as quatro áreas de conhecimento, a impressão 3D conecta e viabiliza os projetos desenvolvidos pelos estudos.

Deste modo, a tecnologia vem fazendo parte deste processo de inclusão de alunos com algum tipo de deficiência, no âmbito escolar. Ocasionalmente, agregando valor em todos os aspectos, independentemente deste possuir ou não algum tipo de deficiência. Uma vez que a maneira de transmitir o ensino torna-se mais simples e interativa, os alunos tendem a participar mais ativamente do processo como um todo, possibilitando resultados mais vantajosos.

5. Ensino de conjuntos e funções para deficientes visuais: Uma abordagem com manufatura aditiva

Não é novidade que a matemática se faz presente em nosso cotidiano de maneira gradual, apresentando-se em vários aspectos, principalmente no que diz respeito ao ambiente escolar. Assuntos como funções, equações e conjuntos são costumeiramente tratados neste cenário. Tendo como base este pressuposto, podemos entender o quanto a visão nos auxilia neste aspecto, pois, em diversos termos, transmitir símbolos, equações ou funções em si, utilizando apenas a verbalização, torna-se bastante complexo.

Lavando em consideração que o número de estudantes cegos que conseguem atingir o nível universitário é relativamente reduzido em relação ao número presente em carreiras acadêmicas de matemática, principalmente, pela falta de conhecimento dos professores sobre novas melhorias e implementações tecnológicas, instruídas na didática (SAUER, L, 2020), a explicação através apenas da verbalização, têm impacto negativo na absorção de conhecimentos pelo mesmo.

Uma vez que a maioria das representações gráficas e simbólicas são, normalmente, representadas de maneira visual, as mesmas não possuem condições de serem visualizadas por pessoas cegas. Sendo assim, quando tratamos deste tema na área da educação, logo se pensa em como passar todos estes conhecimentos para o aluno. No entanto, há processos e materiais adaptativos que podem auxiliar o professor na operação de ensino-aprendizagem.

Porém, isto acaba sendo um desafio para o mesmo, principalmente pelo fato da falta de recursos que possibilitem a execução. Com a utilização de recursos táteis, é possível fazer com que estes consigam compreender e absorver melhor as informações, devido aos relevos que podem ser sentidos pelo toque e assim interpretados, consequentemente, fazendo com que o estudante consiga visualizar, de maneira tátil, a função, equação ou símbolo.

O sistema Braille, por ser de compreensão tátil, é de grande auxílio na representação destas funções, uma vez que com ele é possível descrever tanto os números quanto seu respectivo contexto mediante ao cenário apresentado.

Um ponto consideravelmente significativo, é que grande parte das instituições e escolas, sendo elas públicas ou particulares, não possuem os recursos de infraestrutura

adequados para receber e auxiliar de maneira efetiva os alunos com deficiência visual. Fator este que, conseqüentemente, influencia negativamente no processo de ensino do professor.

Estratégias como ábacos, soroban e materiais concretos podem ser de grande auxílio neste meio, assim como a formação específica do ministrante da aula. Tecnologias assistivas são fatores que também coincidem com o cenário de adaptação. A criação de objetos tridimensionais, construídos a partir da manufatura aditiva, vem sendo, de certa forma, uma alternativa para este tipo de situação, uma vez que ela passa da explicação completamente verbal, para algo mais concreto e capaz de ser tocado.

Com a utilização destes recursos, projetos como gráficos e funções podem ser realizados de maneira adaptativa pelos ministrantes da aula, tornando-se modelos a partir da demanda especificada, influenciando assim, positivamente no processo de inclusão, pelo fato de possibilitar a apresentação, seja da função, equação ou gráfico, de maneira descritiva tátil. Ao obter uma perspectiva em relevo, o sujeito pode acompanhar os contornos da figura localizando e sentindo o formato do desenho.

O professor ou até mesmo sujeitos auxiliares os quais possuam conhecimento necessário para modelagem e impressão 3D, que possuam programas aplicativos em seu computador, possuem a possibilidade de desenhar e imprimir, de maneira simples e flexível, determinadas peças para os respectivos alunos.

Sendo assim, a manufatura aditiva possibilita aos ministrantes realizar a impressão de todos estes paradigmas citados acima, sendo que gráficos, equações e funções, por exemplo, podem ser modelados ou até mesmo adquiridos na web através de pesquisas. Placas cujo possuem descrição em braille tornam-se, também, cada vez mais presentes neste âmbito.

6. Metodologia

Pesquisas na área da educação são instrumentos indispensáveis para a evolução do processo educacional, contribuindo com novas experiências e, ocasionalmente, consolidando algumas práticas ou ainda refutando outras. Sendo assim, buscou-se, através da literatura, levantamentos bibliográficos referentes tanto à manufatura aditiva quanto aos deficientes visuais, os cegos. Dando foco principalmente a inclusão destes em âmbito escolar e tendo como base principal a impressão 3D. Para isto, foram utilizadas plataformas de ensino, como o Google Acadêmico e o Scielo.

O eventual foco do projeto, em relação às disciplinas cursadas pelo aluno cego, no Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano, foi a matemática aplicada, uma vez que ele é graduando em Tecnologia em Sistemas para Internet. Vale ressaltar que atuamos especialmente em assuntos relacionados aos conjuntos matemáticos.

Inicialmente, antes de realizar qualquer tipo de construção virtual ou material, entramos em contato com a professora referente à disciplina lógica matemática. Assim, conseguimos identificar quais seriam os símbolos e objetos a serem modelados e impressos.

Para a projeção virtual de todos os objetos, foram estudados dois softwares de modelagem de 3D: Tinkercad¹ e Fusion360².

Sendo Tinkercad o software mais utilizado nesta etapa do projeto, principalmente pelo fato de apresentar ótima usabilidade, e o Fusion360 utilizado para suprir algumas necessidades de alterações no modelo as quais o Tinkercad não possuía.

Logo após a conclusão da etapa de construção virtual, os arquivos foram salvos com a extensão STL; que é uma das extensões mais utilizadas na impressão 3D.

Ao realizar a escolhas das peças e suas respectivas modelagens, utilizamos o Ultimaker Cura para configurar uma gama de ajustes relacionados aos parâmetros de impressão e preparar os objetos para produção, como, por exemplo, o tamanho da peça, a espessura da camada, adição de suporte e o intervalo de tempo que a mesma levaria para ser completamente concluída.

Foram utilizadas cinco impressoras pertencentes ao Laboratório Maker do IFSertãoPE, Campus Salgueiro:

- Creality Ender-3
- Creality Ender-5
- Flashforge Finder
- GT MAX-A1v2
- Creality CR-10

No decorrer do projeto, optamos pela impressão de 15 objetos tridimensionais e o principal foco foi a construção de placas as quais apresentam símbolos matemáticos. Os símbolos impressos foram:

- Maior e Menor Que;
- Maior ou Igual e Menor ou Igual;
- Pertence e Não Pertence;
- Conjunto Vazio;
- Conjunto dos Números Reais;
- Conjunto dos Números Racionais;
- Conjunto dos Números Naturais;
- A Contido em B;
- A Não Contido em B;
- Igual e Diferente;

Além dos símbolos matemáticos, optamos também pela impressão de um plano cartesiano a fim de disponibilizar uma série de funções e equações gráficas completamente dinâmicas.

A impressão deste plano se deu na impressora Creality CR-10, por ter o tamanho da mesa de impressão consideravelmente maior que as demais, cujo possui a área útil de impressão de 300 x 300 x 400mm. As demais peças, por serem relativamente menores que esta, foram construídas nas demais impressoras. Na imagem abaixo podemos observar o momento de impressão da peça que representa o símbolo “Pertence”, no contexto matemático, e sua respectiva nomenclatura em braille.

¹ <https://www.tinkercad.com>

² <https://www.autodesk.com/products/fusion-360>

Figura 4 – impressão do objeto do símbolo pertence



Fonte: imagem autoral

Para a construção destes objetos utilizamos os tipos de filamentos PLA, PETG e ABS, onde cada um destes possui características distintas, como por exemplo, o PLA é um filamento mais suave e brilhante, possuindo maior rapidez no processo de impressão, enquanto o ABS possui mais durabilidade.

Com a utilização das impressoras já citadas e dos três tipos de filamentos ressaltados logo acima, podemos avaliar que, principalmente, por causa dos textos em braille presentes em todas as placas produzidas em todas as impressoras, o melhor cenário se deu quando utilizamos a Ender-5 e os filamentos PETG e PLA.

Vale ressaltar que o tempo de impressão de cada uma das peças varia bastante em relação a todos os parâmetros utilizados. Logo de acordo com estes valores, podem ser definidos o custo total de cada peça produzida, levando em consideração os aspectos de tempo de impressão, quantidade de filamento em gramas e taxa de energia. Abaixo segue uma tabela com o tempo de impressão e custo de cada peça, podendo variar de acordo principalmente com a sua velocidade de impressão.

Tabela 1 – tempo de impressão e custo de cada objeto

Simb.	Objeto/Símbolo Impresso	Tempo de Impressão	Custo de Impressão
≠	Diferente	1h e 3 min	R\$ 0.60
=	Igual	42 min	R\$ 0.55
<	Maior Que	34 min	R\$ 0.76
>	Menor Que	36 min	R\$ 0.74
≥	Maior ou Igual	53 min	R\$ 0.89
≤	Menor ou Igual	55 min	R\$ 0.84
∈	Pertence	43 min	R\$0.99
∉	Não Pertence	1h e 10 min	R\$1.09
$A \subset B$	A Contido em B	1h e 52 min	R\$1.54
$C \not\subset B$	A Não Contido em B	2h e 47 min	R\$1.67
∅	Conjunto Vazio	48 min	R\$ 0.55

\mathbb{Q}	Conjunto dos Número Racionais	1h e 30 min	R\$1.65
\mathbb{R}	Conjunto dos Números Reais	1h e 13 min	R\$1.52
\mathbb{IN}	Conjunto dos Números Naturais	1h e 35 min	R\$1.72
	Plano Cartesiano	23h e 10 min	R\$19.53

Logo em seguida, na tabela 2, podemos verificar as configurações dos parâmetros gerais de impressão utilizando o filamento PETG.

Tabela 2 – parâmetros de impressão

Parâmetro	Valor Configurado
Temperatura da Mesa de Impressão	80 °C
Temperatura do Bico da Impressora	245 °C
Velocidade de Impressão	55 mm/s
Espessura da Camada	0.25 mm

Todos os valores citados são de suma importância para a produção de objetos tridimensionais, uma vez que, se configurados de forma errada, podem causar a má formação da peça.

Assim, com um total de 15 peças produzidas, agora é possível utilizá-las em sala de aula e analisar o auxílio destas no ensino-aprendizagem inclusivo, além de possibilitar uma base para análise de tempo e custo de impressão de determinados objetos tridimensionais.

7. Resultados e Discussão

Como resultado do trabalho, realizamos a elaboração de modelos 3D e suas respectivas impressões 3D, através de impressoras apropriadas, auxiliando no processo de inclusão educacional do deficiente visual. Durante o processo de geração das peças, diversas lições foram aprendidas e desafios superados.

7.1. Objetos Produzidos

Com os estudos realizados, conseguimos inovar e utilizar a tecnologia a nosso favor, principalmente quando se trata do ensino inclusivo, possibilitando a interação e adaptação de símbolos matemáticos, especificamente para os deficientes visuais. Podemos observar também como a falta de infraestrutura e formações específicas ocasionam a complexidade tanto de transmitir conhecimentos relacionados ao ensino-aprendizagem quanto de orientar esses alunos que apresentam deficiência.

Ao decorrer do processo de construção dos objetos, realizamos a modelagem de todas as peças já citadas, onde a primeira peça projeto foi o símbolo Pertence, figura 5, sendo logo acompanhada das demais. Vale ressaltar que, por possuir tempo de produção consideravelmente maior, o plano cartesiano foi a última peça produzida.

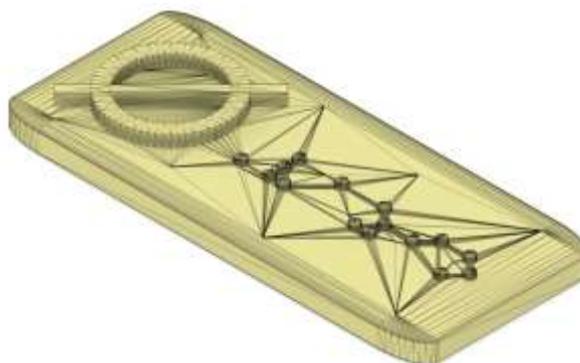
Figura 5 – símbolo pertence (Fusion360)



Fonte: imagem autoral

Todas estas peças estão disponíveis publicamente no GitHub³, sendo assim possível que qualquer sujeito, que possua pelo menos uma conta na plataforma, consiga acessá-las e utilizá-las, auxiliando no processo de impressão ágil, uma vez que a peça já está pronta para ser impressa. Logo abaixo podemos visualizar o modelo virtual do símbolo Vazio.

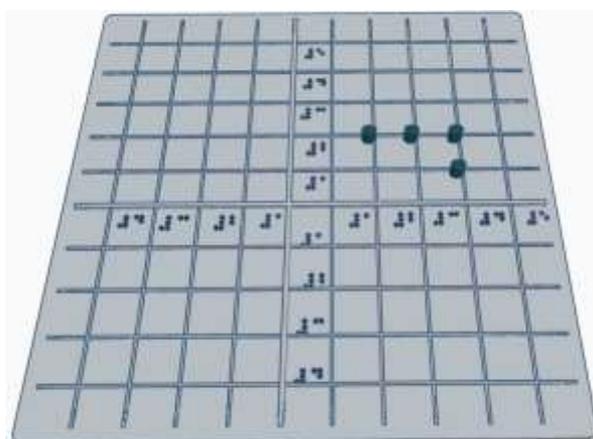
Figura 6 – símbolo conjunto vazio (Fusion360)



Fonte: imagem autoral

Além destes símbolos, realizamos a impressão de um gráfico manipulável, onde é possível realizar a construção de diversas funções, uma vez que o mesmo apresenta malha quadriculada e pontos móveis, podendo se adaptar às funções necessárias. Cada eixo do gráfico possui numerações entre 0 e 5, escritos em braille.

Figura 7 – modelo gráfico virtual (Tinkercard)



Fonte: imagem autoral

³ <https://github.com/ViniciusSouza21/Modelos3D>

O referente gráfico possui pontos de encaixe em formato de cilindro, os quais se encaixam perfeitamente na malha quadriculada, que por possuir altura relativamente maior as linhas, podem ser identificadas facilmente pelo toque e, conseqüentemente, formar funções. O mesmo pode ser utilizado como ferramenta tanto quando estudamos geometria analítica, quanto na representação e/ou construção de gráficos de funções, podendo se adaptar às necessidades do educador.

Uma vez que com o auxílio da visão, às vezes, torna-se complexo o entendimento do conteúdo gráfico, principalmente pelo fato de necessitar visualizar de alguma forma a posição exata de cada ponto e seu respectivo valor, sem ela a dificuldade aumenta gradualmente. O plano cartesiano possibilita exatamente esta visualização, podendo auxiliar todos os grupos de estudos, independentemente de possuir deficiência visual ou não.

O plano é constituído com os eixos X e Y, possuindo representações numéricas em braille, possibilitando assim, que o aluno deficiente consiga obter a localização exata. Além disso, ele pode abranger vários tipos de funções, como por exemplo, as funções lineares, identidade e constante.

Considerando que, a complexidade de transmissão dos símbolos utilizando apenas o método verbal torna o processo de ensino cansativo e conseqüentemente mais difícil, peças como, por exemplo, o símbolo referente ao conjunto dos números Racionais, localizado na figura logo abaixo e produzido na impressora Creality Ender-5, mostra como a manufatura aditiva pode auxiliar no processo de inclusão dos deficientes visuais em âmbito escolar, uma vez que a placa impressa apresenta sua contextualização em braille, possibilitando assim, que o aluno identifique o símbolo e seu respectivo valor sem a necessidade de auxílio direto imediato.

Figura 8 – símbolo conjunto dos números Racionais



Fonte: imagem autoral

Para possibilitar maior acessibilidade aos deficientes visuais, símbolos costumeiramente utilizados nas aulas de matemáticas, especialmente em conteúdos relacionados a equações, também foram projetados e impressos, viabilizando o uso destas tecnologias em sala de aula.

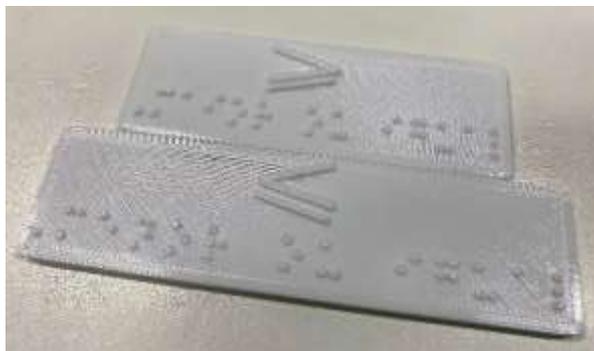
Figura 9 – conjunto dos números reais



Fonte: imagem autoral

As placas que representam a simbologia de Menor ou Igual e Maior Igual são exemplos disto.

Figura 10 – símbolo maior ou igual e menor ou igual



Fonte: imagem autoral

Ao final de todas as impressões, disponibilizamos todas as peças construídas para o aluno cego, o qual, como já relatado anteriormente, é graduando em Tecnologia em Sistemas para Internet, no Instituto Federal – Campus Salgueiro.

Ao utilizar as peças, ele ressalta que o uso de materiais adaptativos em ambientes educacionais ainda é relativamente baixo, e que a possibilidade de ter o contato tátil com o objeto pode auxiliar bastante no meio educacional, principalmente, pelo fato de as peças possuírem seu referido contexto em braille, possibilitando a visualização do cenário como um todo. Ao tocar em todos os objetos, o aluno conseguiu definir com exatidão qual era o símbolo impresso, lembrando-o, e afirma que é possível conhecê-los em um primeiro contato, através do toque e de sua respectiva leitura em braille.

Os objetos produzidos visam estabelecer conceitos de orientação e mobilidade de pessoas que apresentam algum tipo de deficiência visual, criando uma melhor percepção e autonomia de ambiente e espaço.

Assim, este estudo demonstra que a visualização e a disponibilização de elementos táteis proporcionados pela impressão 3D possibilitam conjugar conceitos de Conjuntos Matemáticos, Equações e Funções, permitindo ao estudante vislumbrar como o uso de tecnologias consideravelmente simples e práticas podem auxiliá-lo a resolver problemas do mundo real e influenciá-lo positivamente a ir em busca de novos conhecimentos, agregando valor profissionalmente e socialmente.

7.2. Dificuldades Encontradas

É comum encontrar dificuldades e problemas quando se trabalha a primeira vez com determinados materiais e tecnologias, principalmente, pelo fato de não possuírmos o conhecimento prévio necessário para realizar a atividade, de maneira simples, como um todo.

Em relação a impressão 3D, não foi diferente. As dificuldades iniciais encontradas durante a execução do projeto foram relacionadas ao uso de softwares de modelagem 3D. Além disso, vale ressaltar que o processo de impressão das peças em si,

ocasionou experiências únicas, pelo fato de abranger vários aspectos e tecnologias utilizadas.

Um dos principais desafios a serem superados durante o processo, foi as configurações dos parâmetros nas impressoras, onde se fez necessário atentar à grande quantidade de especificações, como o nivelamento da mesa de impressão e sua respectiva temperatura, a temperatura do bico, o tipo de filamento a ser utilizado e sua configuração completa no software de fatiamento Ultimaker Cura⁴.

Figura 11 – erro de impressão



Fonte: imagem autoral

Considerando que todos os fatores citados acima estão diretamente relacionados a aderência da peça à mesa e, conseqüentemente, a sua conclusão correta, aspectos como a falta de fixação do objeto na mesa ocasionou, em algumas ocasiões, a má formatação de determinadas peças, tornando-as inutilizáveis para o objetivo esperado, sendo prejudicado principalmente a parte inferior destas, as quais possuíam os textos em braille.

Figura 12 – erro de impressão de símbolos



Fonte: imagem autoral

As imagens logo acima representam alguns dos erros de impressões presentes durante o processo, no qual se deram, principalmente, pelo fato de a modelagem das referidas peças não estarem corretamente adaptadas ao processo de impressão. Contudo, ao decorrer do projeto, realizamos a impressão as 15 peças de maneira correta.

⁴ <https://ultimaker.com/software/ultimaker-cura>

8. Considerações Finais

Este trabalho contribuiu para o levantamento da área da Matemática em articulação com a Educação Especial, mais precisamente relacionando-se ao ensino para deficientes visuais. As informações relatadas evidenciam que apesar de haver grande quantidade de publicações referentes a área, a produção de materiais inclusivos em si, ainda é muito escassa, principalmente quando se considera a disciplina de Matemática.

Mesmo com a inclusão dos deficientes visuais ser prevista por lei, deve-se realizar didáticas adaptativas para que o aprendizado seja de fato eficiente, uma vez que a falta de ferramentas específicas se torna empecilho ao processo de ensino-aprendizagem realizados pelo educador, obrigando-o a utilizar padrões inovadores e improvisos durante as aulas e suas respectivas atividades, ocasionando o aumento significativo na complexidade de ensino.

Todavia, podemos perceber como a tecnologia pode auxiliar os alunos cegos neste processo como um todo, disponibilizando ferramentas específicas que conseguem atender a demanda do aluno, acarretando a melhor absorção de informações. A manufatura aditiva, cujo comentado, é um dos principais tópicos, quando se trata desta inclusão, por fornecer produção personalizada, rápida e noções de espaço vislumbradas taticamente, sendo que, a impressão 3D pode ser utilizada para a construção de objetos simbólicos, placas e textos em braille, se adaptando facilmente ao propósito especificado na disciplina de matemática.

Assim, espera-se que este projeto consiga contribuir para subsidiar novos métodos, discussões e reflexões relacionadas a utilização da manufatura aditiva no ambiente matemático escolar, auxiliando no processo de inclusão dos deficientes visuais. O projeto visa, também, posteriormente, expandir o número e os tipos de peças impressas no setor, objetivando tornar o ensino-aprendizagem mais eficiente e simplificado para todos.

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Federal de Ciências e Tecnologia do Sertão Pernambucano (IFSertãoPE) - Campus Salgueiro, por conceder o acesso ao campus, e também ao laboratório maker, por disponibilizar impressoras 3D, bem como os insumos para realização das impressões dos objetos tridimensionais.

9. Referências

BRASIL ESCOLA, **O ALUNO CEGO E DE BAIXA VISÃO NO MEIO ESCOLAR.** 2021. Disponível em:

<<https://meuartigo.brasile scola.uol.com.br/educacao/o-aluno-cego-baixa-visao-no-meio-escolar.htm>>. Acesso em: 01 mar. 2022.

COLÉGIO ACADEMIA, **que é um espaço maker e como esse ambiente ajuda no aprendizado?**. 2021. Disponível em: <<https://blog.academia.com.br/espaco-maker/#:~:text=O%20espa%C3%A7o%20maker%20%C3%A9%20um,objetos%20recicl%C3%A1veis%20e%20outros%20materiais.>>. Acesso em: 01 mar. 2022.

COLPES, K.M.; LARANJA, R.A.C. **Impressora de gráfico para cegos: um facilitador no ensino de conteúdos de matemática e física em engenharia**. XLI COBENGE. Gramado, 2013. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/282506212_IMPRESSORA_DE_GRAFICO_PARA_CEGOS_UM_FACILITADOR_NO_ENSINO_DE_CONTEUDOS_DE_MATEMATICA_E_FISICA_EM_ENGENHARIA>.

DUCAN, J. M.; DAURKA, J.; AKHTAR, K. **Use of 3D printing in orthopedic surgery**. British Medical Journal, 2014. Disponível em: <<https://www.bmj.com/content/348/bmj.g2963>>.

FISCHER, B. C; VIARO, F. S; BRUNO, F. B. TEIXEIRA, F. G; PIERRE, S. R. **RECURSOS DIDÁTICOS TÁTEIS PARA AUXILIAR A APRENDIZAGEM DE DEFICIENTES VISUAIS**. Educação Gráfica, 2014. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/148932/000953276.pdf?sequence=1> >.

HABTO, **Metodologia Stem/Steam. O que é e como posso utilizar?**. Disponível em: <<https://www.habto.com/blog/07-metodologia-stem-steam-o-que-e-e-como-possou-utilizar>>. Acesso em: 20 fev. 2022.

IBGE. 2015. **Brasil e aumenta inclusão de cegos na sociedade**. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/cidadania-e-justica/2015/01/braille-aumenta-inclusao-de-cegos-na-sociedade>>. Acesso em: 20 dez. 2021.

Lei 9394/96. 2016. **Art.59 da Lei de Diretrizes e Bases-Lei 9394/96**. Disponível em: <<https://www.jusbrasil.com.br/topicos/11686882/artigo-59-da-lei-n-9394-de-20-de-dezembro-de-1996>>. Acesso em: 01 dez. 2021.

LEMKE, R; SIPLE, Z. I; FIGUEIREDO, B. **OAS PARA O ENSINO DE CÁLCULO: POTENCIALIDADES DE TECNOLOGIAS 3D**. v. 14, n. 1, 2016. Disponível em: <<https://seer.ufrgs.br/renote/issue/view/2864>>.

NAKASONE, KIEI. **Manufatura aditiva como ferramenta inclusiva no ensino técnico**, 2018. Disponível em: <<https://cietenped.ufscar.br/submissao/index.php/2018/article/view/57/68>>. Acesso em: 02 mar. 2022.

PEREIRA, R. T. de C.; CORCOLL, C. d. O.; SANTOS, A. dos. **Mathcraft: O uso de objetos manipuláveis no ensino e aprendizagem da geometria**, São Paulo - SP, p. 6–12, 2016. Disponível em: <http://www.sbem.com.br/enem2016/anais/pdf/6223_2608_ID.pdf>. Acesso em: 01 fev. 2022.

SAUER, L. **Mathematics for visually impaired students: increasing accessibility of mathematics resources with LaTeX and Nemeth MathSpeak**, 2020. Disponível em: <<https://digitalcommons.liberty.edu/honors/954/>>. Acesso em: 28 fev. 2022.

SILVA, T. S.; LAZZARIN, J. R. **Matemática Inclusiva: Ensinando Matrizes a Deficientes Visuais**. Ciência e Natura, Santa Maria, v. 39, n. 1, p. 118-126, 2017.

SILVEIRA, C, AGUIAR, R, FRIZZARINI, T. **CANETA 3D: PERSPECTIVAS PARA O ENSINO DE MATEMÁTICA PARA CEGOS**. UDESC, 2018. Disponível em: <

https://www.udesc.br/arquivos/udesc/id_cpmenu/10679/32_CANETA_3D_PERSPECTIVAS_PARA_O_ENSINO_DE_MATEMATICA_PARA_CEGOS_15656352348678_10679.pdf>. Acesso em: 23 mar. 2022.

TOLEDO, C. K; RIZZATTI, M. I. **Modelos atômicos e a impressora 3D: proposta para a inclusão de alunos deficientes visuais no ensino de química**. v. 3 n. 2. Edição Especial 20º ENEQ - Encontro Nacional de Ensino de Química (I), 2021. Disponível em: < <https://periodicos.ufac.br/index.php/SciNat/article/view/5657>>.

UOL. **Braille. Como foi criado o Braille?**. 2021. Disponível em: < <https://mundoeducacao.uol.com.br/curiosidades/braille.htm#:~:text=Braille%20%C3%A9%20um%20sistema%20de,por%20mil%C3%B5es%20de%20pessoas%20cegas.>>. Acesso em: 23 mar. 2022.

VOLPATO, N (et.al). **Prototipagem rápida tecnologias e aplicações**. 1ª ed. São Paulo: Edgar Blücher, 2007.

WAISBERG, Y. **Cegueira, Visão Subnormal, Deficiência visual e Deficiente visual**. 2015. Disponível em: < <https://yw.med.br/cegueira-deficiente-visual/>>. Acesso em: 23 mar. 2022.