

A PROTOTIPAGEM NA PRODUÇÃO DE MATERIAL DIDÁTICO PARA PESSOAS COM DEFICIÊNCIA VISUAL¹

*AGUIAR, Bárbara de Cássia Xavier Cassins²,
ANDRADE, Andrea Faria³,
GARCIA, Gabriela Rodriguez⁴,
PASQUAL, Fernanda Da⁵*

Resumo: A educação inclusiva busca, por meios de leis e conceitos, garantir que pessoas com necessidades especiais tenham as mesmas oportunidades que os demais na sociedade. Com a inclusão de alunos com deficiência visual no ensino regular, a produção de materiais didáticos adaptados torna-se um fator de extrema importância para o ensino/aprendizagem. O presente trabalho tem como objetivo produzir materiais didáticos táteis para a utilização nas aulas em turmas regulares do ensino fundamental, com alunos deficientes visuais inclusos. Após entrevistas e estudos teóricos, foram produzidos materiais didáticos por meio da modelagem 3D e da prototipagem rápida. Os testes iniciais apontam que os materiais desenvolvidos, auxiliam o professor e favorecem o processo de ensino-aprendizagem de pessoas com deficiência visual.

Palavras-chave: deficiência visual, material didático, modelagem 3D, prototipagem rápida.

Abstract: Inclusive education seeks, by means of laws and concepts, to ensure that people with special needs have the same opportunities as others in society. With the inclusion of visually impaired students in regular education, the production of adapted teaching materials becomes an extremely important factor for teaching / learning. The present work aims to produce a tactile didactic material for use in classes in regular elementary school classes with visually impaired students included. After interviews and theoretical studies, teaching materials were produced using 3D modeling and rapid prototyping. The initial tests show that the materials developed, help the teacher and favor the teaching-learning process of people with visual impairments.

Keywords: visual impairment, teaching material, 3D modeling, rapid prototyping.

¹ Artigo ampliado, com base em duas publicações que foram selecionadas dos Anais do Graphica 2019: Aguiar, Andrade e Pasqual (2019) e Aguiar, Andrade e Garcia (2019).

² Universidade Federal do Paraná, babi.eg@ufpr.br

³ Universidade Federal do Paraná, afariandrade@gmail.com

⁴ Universidade Federal do Paraná, garcia97gabi@hotmail.com

⁵ Universidade Federal do Paraná, feerdal30@gmail.com

1 Introdução

A sociedade vive em um mundo onde a visão é amplamente usada para a comunicação, a interação e o conhecimento. Sendo assim, essa questão é fortemente refletida no ensino. Para pessoas com deficiência visual, a busca por um ensino inclusivo ainda possui muitos pontos a serem melhorados.

Segundo Fernandes e Orrico (2011), a acessibilidade é a possibilidade da pessoa com deficiência utilizar com autonomia e segurança os espaços e os artefatos culturais. Neste sentido, a acessibilidade ao currículo é fundamental para o estudante com deficiência visual, e um de seus canais de recepção é o tato.

Acessibilidade vai além de tornar os ambientes físicos aptos para pessoas com deficiência: no caso dos deficientes visuais, vai muito além, é uma palavra que abrange muitos sentidos, inclusive possibilitar e trazer condições para o conhecimento e satisfação pessoal dos seres humanos com essa limitação. Com isso, pode-se dizer que o conhecimento não precisa ser limitado à leitura, no caso do braille, mas também trazer meios táteis para a análise de imagens, assim como, o ensino de pessoas com visão normal, onde os materiais didáticos são cheios de ilustrações e demonstrações visuais.

De acordo com Tiballi (2003), a educação inclusiva busca, por diversos meios, dissolver as barreiras criadas pela deficiência do indivíduo na área do ensino e aprendizagem, suprimindo suas necessidades de modo a não haver prejuízo para pessoas com deficiência. Entre os métodos previstos nos conceitos da educação inclusiva estão a modificação no modo de ensino, diferentes formas de avaliação e diferentes métodos de comunicação.

Os alunos com deficiência visual, cegos ou com visão subnormal, compõem um grupo que necessita de alguns recursos didáticos e adaptações curriculares para que possam participar ativamente do processo de ensino e aprendizagem. Apesar dos esforços realizados para a capacitação dos professores do ensino regular, a realidade educacional brasileira aponta lacunas e graves problemas no processo de inclusão de alunos com deficiências visuais. (OLIVEIRA; ROSA; OLIVEIRA, 2006).

O objetivo deste trabalho é produzir materiais didáticos táteis para a utilização nas aulas de diversas disciplinas em turmas regulares do ensino fundamental, com alunos deficientes visuais inclusos. Após entrevistas com profissionais da educação, responsáveis pela sala de recursos e estudos teóricos, foram produzidos materiais didáticos através da modelagem 3D e da prototipagem rápida.

2 Revisão da literatura

2.1 A deficiência visual

A deficiência visual é o comprometimento parcial (de 40 a 60%) ou total da visão, não caracterizado pelas doenças de visão que podem ser corrigidas com lentes ou por meio de cirurgias. A deficiência visual é caracterizada por dois grupos de pessoas, nos quais são incluídos os cegos e os de visão subnormal ou reduzida, com perda de percepção luminosa. “Um indivíduo é considerado com baixa visão quando apresenta desde a capacidade de perceber luminosidade até o grau em que a deficiência visual interfira ou limite seu desempenho” (JORGE, 2010).

Ainda para Jorge (2010), a escala oftalmológica que delimita o grupo de deficientes visuais, divide-se em duas, sendo elas: acuidade visual, que diz respeito à capacidade do olho distinguir detalhes espaciais (identificar contornos e formas); e campo visual, que é a área que o olho pode alcançar ao seu redor, ou seja, a noção espacial. Os portadores de deficiência visual podem nascer com problemas de visão ou adquiri-los durante a vida, independentemente da idade. Existe a cegueira congênita, que vem desde o nascimento, devido à má formação ou a alguma doença adquirida pela mãe na gestação, e a cegueira adquirida, onde a pessoa pode, como o nome já diz, adquirir a deficiência visual por meio de acidente ou causas orgânicas.

Segundo a Organização Mundial da Saúde, atualmente, no mundo, existem 45 milhões de pessoas cegas e 135 milhões com baixa visão. No Brasil, conforme o Censo de 2010, existem mais de 35 milhões de pessoas com deficiência visual. Desse total, 506.377 são cegos, 5.056.533 têm grande dificuldade para enxergar e 29.211.482, têm algum tipo de dificuldade para enxergar (Medeiros *et al.*, 2014, *apud* Sociedade Brasileira de Oftalmologia).

2.2 Educação Inclusiva

A educação inclusiva tem como prioridade a igualdade na educação, agindo como um movimento político, social e educacional, tentando acabar com a ideia de que o ensino deve ser igual para todas as pessoas, buscando nas diferenças e individualidades dos alunos formas de fundamentar uma mudança no ensino para que todos tenham oportunidade de instrução para uma vida autônoma e independente, apesar de suas limitações. Para isso, busca-se uma reforma na grade curricular e nas formas avaliativas utilizadas, o que só seria possível com a implementação da instrução dos docentes. O objetivo da educação inclusiva fica bem evidente no texto de Nunes e Madureira.

A educação inclusiva enquanto meta a atingir na sociedade atual constitui assim um movimento político, social e educacional que preconiza o direito de todos os indivíduos a acederem, participarem e contribuírem de forma ativa na sociedade, bem como o direito de serem aceitos e respeitados, independentemente das diferenças que revelem. (NUNES; MADUREIRA, 2015)

Várias instituições buscam meios de garantir o direito de instrução adequada a todos, reforçando a importância da educação em todos os estágios, desde o ensino fundamental até o superior, pois seu propósito é não apenas alfabetizar os alunos, mas também prepará-los para o mercado de trabalho.

Segundo Sekkel e Casco (2011), o maior paradoxo da educação inclusiva começa quando falamos de educação especial⁶, pois quando ela é voltada apenas para os estudantes com necessidades especiais ocorre a exclusão desses alunos do ensino regular, porém em contra partida, quando falamos da educação inclusiva procuramos instruir todos com foco no público-alvo com individualidades, mas, ao mesmo tempo, formar todos igualmente, de forma que isso ignore suas diferenças e potenciais específicos.

Ambos os termos têm problemas na sua execução, pois em algum momento não é considerada uma das partes, seja os alunos sem necessidades especiais como na educação especial, ou seja, as divergências entre os alunos ao chegarem a sua formação final. A inclusão tem como objetivo tornar as diferenças e individualidades, muitas vezes consideradas como obstáculos, em potenciais dos estudantes, ao invés de tentar erradicá-las.

2.3 Produção de material didático adaptável para deficientes visuais

Segundo Sá, Campos e Silva (2007), os professores que têm estudantes com deficiência visual devem buscar estratégias e atividades pedagógicas que atendam às necessidades de todos e de cada estudante em específico, possibilitando a interação entre eles. Os materiais didáticos podem auxiliar no ensino e na aprendizagem de estudantes com deficiência visual, uma vez que eles estimulam os sentidos remanescentes e também a relação deles com os colegas.

Ventura, Santos e César (2010), também defendem a importância da implementação de práticas de trabalho colaborativo. A interação entre os alunos

⁶ A Educação Especial é o ramo da Educação que se ocupa do atendimento e da educação de pessoas com deficiência, preferencialmente em escolas regulares, ou em ambientes especializados, tais como escolas para surdos, escolas para cegos ou escolas para atender pessoas com deficiência intelectual.

normovisuais e com deficiência visual, será importante para ambos, pois necessitam adaptar suas formas de comunicação:

O aluno dito normovisual sente a necessidade de comunicar oralmente o seu raciocínio e de explicar qualquer desenho ou esquema que pretenda realizar. Esta atitude torna-se, também, uma mais-valia para o aluno dito normovisual, já que lhe permite desenvolver a capacidade de comunicar matematicamente, de argumentar de forma sustentada, de organizar o raciocínio, bem como, lhe exige um grande domínio da terminologia específica desta disciplina. O aluno cego procura, também, explicar ao colega a forma como procura resolver a tarefa, já que esta não está, muitas vezes, acessível aos colegas restantes, que não dominam, com velocidade de leitura, a grafia Braille ou algumas das características dos materiais tecnológicos a que os cegos recorrem, em aula. Esta situação exige, por parte do aluno cego, também uma grande organização do raciocínio, já que este dificilmente pode se apoiar em esquemas ou desenhos, bastante rigor na utilização da terminologia matemática e capacidade de argumentação e de perceber, pela entoação do colega, pelos silêncios, se ele está a acompanhar a sua estratégia de resolução, ou não. (VENTURA; SANTOS; CÉSAR, 2010)

No trabalho de Aguiar *et al.* (2018a), foi desenvolvido um jogo de dominó, com a intenção de facilitar o ensino do conteúdo frações e também promover maior interação entre as crianças normovisuais (que não apresentam deficiência visual) e as com deficiência visual. Durante a fase de testes, observou-se que uso de material didático tátil favorece o processo de ensino-aprendizagem de pessoas com deficiência visual.

No trabalho de Aguiar *et al.* (2018b), foi criado um “mapa tátil” do Sistema Solar, atendendo as necessidades citadas por profissionais responsáveis pelas salas de recursos. A ideia do trabalho foi possibilitar a análise de posição e diferenciação de tamanho dos planetas em uma representação do Sistema Solar. O material foi desenvolvido para atender alunos com baixa visão, alunos com cegueira total e alunos normovisuais.

O trabalho de Monteiro (2018), apresentou uma pesquisa de símbolos, com o objetivo de criar uma padronização nos mapas táteis para o ensino de Geografia. Testes foram realizados com estudantes com deficiência visual, onde os símbolos pictóricos e abstratos puderam ser avaliados em ambiente escolar por meio de um mapa do Brasil e seu setor agropecuário. Os mapas foram produzidos a partir do processo de modelagem 3D e de prototipagem rápida, método que facilita a reprodução e a durabilidade do material.

No trabalho de Morais (2011), foram utilizados arames moldados em formato de borboleta e barbantes colados em uma folha de papel seguindo o contorno de uma

borboleta. Assim, os alunos conseguiram identificar a forma de seus contornos através do tato do relevo dos barbantes.

“É importante que o significado das palavras e objetos já estejam constituídos no pensamento do aluno cego e, para que isto ocorra, é necessário que o educando tenha um contato com o objeto concreto, desta forma, ele poderá construir seu pensamento” (FERNANDES et al., 2012, pág. 18).

A utilização de recursos didáticos é de grande importância para o desenvolvimento cognitivo da criança e proporciona, ainda, ao aluno, a oportunidade de aprender realmente o conteúdo de determinada disciplina de modo mais efetivo (SOUZA, 2008, *apud* BASTOS, 2011, p.4).

3 Metodologia

Este trabalho faz parte do Projeto de Extensão Universitária, denominado "Produção de material didático para o processo de ensino-aprendizagem por meio do desenho universal." O projeto conta com a participação de estudantes, de docentes e de pesquisadores da Universidade Federal do Paraná, além da colaboração de entidades externas, como empresas e instituições de ensino ligadas e com necessidade de pesquisa e/ou produção de material didático para o ensino de pessoas com deficiência visual.

A metodologia presente nesta pesquisa é qualitativa, com dados coletados por meio de entrevista semiestruturada a docentes responsáveis por turmas de ensino regular com alunos deficientes visuais matriculados. Este método foi escolhido pela dificuldade de se quantificar o conteúdo, pois busca-se reunir uma boa quantidade de informações e avaliações sobre as dificuldades e facilidades do produto, a fim de melhorá-lo até satisfazer as necessidades dos usuários. A metodologia pode ser simplificada como o esquema presente na Figura 1.

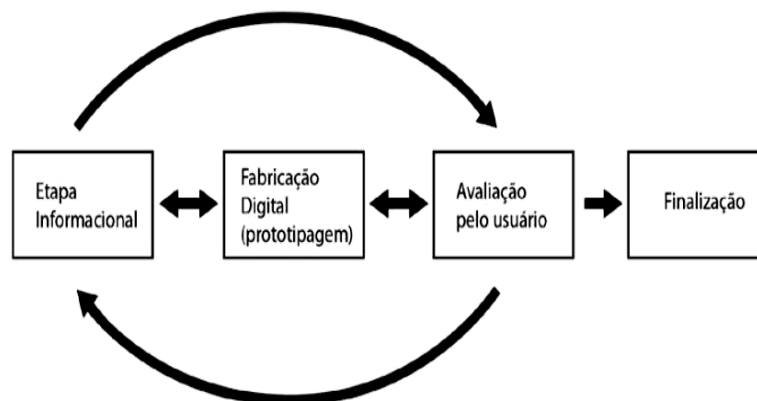


Figura1 - Metodologia para a Elaboração de Material Didático Tátil. Fonte: Camargo (2009)

Camargo (2009) se baseia na abordagem metodológica chamada de “inspiração fenomenológica”, desenvolvida a partir de três etapas: a pré-análise, a exploração do material junto ao tratamento dos resultados e, por último, a interferência e interpretação.

Na etapa inicial, as ideias são organizadas e sistematizadas de forma coerente formando o plano de desenvolvimento de ações, fazendo uma codificação das informações, onde são transformadas em objetivos a serem executados pelo projeto. Neste trabalho, essa etapa foi executada com a escolha da Escola Estadual Dom Pedro II e do Instituto Paranaense de Cegos, fazendo contato com os docentes responsáveis, visitas às instituições de ensino, entrevistas, tanto com os alunos quanto com os professores, e observação de aulas com os conteúdos selecionados. Aliada a pesquisa sobre o tema e união de informações sobre métodos de prototipagem.

Na segunda etapa, denominada de exploração do material e tratamento dos resultados, todas as informações são avaliadas e a partir delas é possível definir um ou dois modelos de produto final e sua forma de execução. Pretende-se definir, nesta fase, a forma de prototipagem mais adequada para a confecção do modelo em 3D para o ensino de pessoas com deficiência visual, o local ou empresa utilizada para utilização de maquinário e o software mais adequado para a modelagem. Partindo para a execução, nesta etapa também são previstos os testes das técnicas e, em caso de falha, possível troca de técnica para a prototipagem ou modelagem.

Na última etapa, inferência e interpretação, os dados são apresentados, testados e avaliados. Os resultados são registrados, sendo possível correção de erros ou melhorias. Neste projeto, o modelo do material didático foi testado com os alunos com deficiência visual e, a partir da avaliação dos próprios alunos, o trabalho pode sofrer mudanças no modelo tridimensional para reformulação de algum detalhe ou forma, a fim de gerar melhor entendimento dos usuários. A avaliação da professora responsável pela turma também terá grande peso na reformulação de ideias e nas considerações de resultados finais do projeto.

3.1 Conteúdos selecionados

Ao analisar os dados sobre a produção de material didático adaptável e definir possibilidades dentro do seguimento de linha de produção que envolve outros trabalhos também relacionados ao Projeto de Extensão do qual esse trabalho faz parte e, após entrevista com profissionais responsáveis pela sala de Recursos Multifuncionais da Escola Estadual Dom Pedro II, sobre a importância da produção de

materiais didáticos adaptáveis dentro das disciplinas no ensino regular com alunos deficientes visuais inclusos, as disciplinas selecionadas para a produção dos materiais didáticos a serem utilizados nesta pesquisa foram: Ciências e Artes. A seguir, serão apresentados os procedimentos adotados para a produção dos materiais.

3.1.1 Ciências

Verificou-se a necessidade da confecção de um material didático adaptado para o conteúdo de Biologia Celular para, dessa forma, facilitar a representação e a compreensão dos alunos com deficiência visual, sobre o tema.

Surgiu, então, a ideia de possibilitar ao aluno com deficiência visual o contato direto com um material concreto para a representação de células no ensino-aprendizagem da Biologia Celular.

Para Bastos (2011), o uso de recursos didáticos no ensino de células animais e vegetais apresenta suas vantagens, pois melhora a participação dos alunos, aumentando seu interesse pelo conteúdo e a interação dentro de sala de aula, principalmente se o uso de maquetes for após uma aula expositiva, pois a conceituação deve ser feita antes da utilização ou elaboração do material.

3.1.1.1 Célula animal

A célula é a unidade estrutural e funcional de todos os seres vivos, sendo o mais baixo nível de organização biológica onde se manifestam todas as propriedades da vida. No século XX, a invenção do microscópio eletrônico com um poder de resolução de até 600.000 mil vezes, juntamente com os avanços da Bioquímica, Biofísica, Imunologia, Fisiologia e Genética, contribuíram para um conhecimento bastante aprofundado de todos os processos celulares, bem como sua estrutura interior e composição molecular (BRITO, 1999).

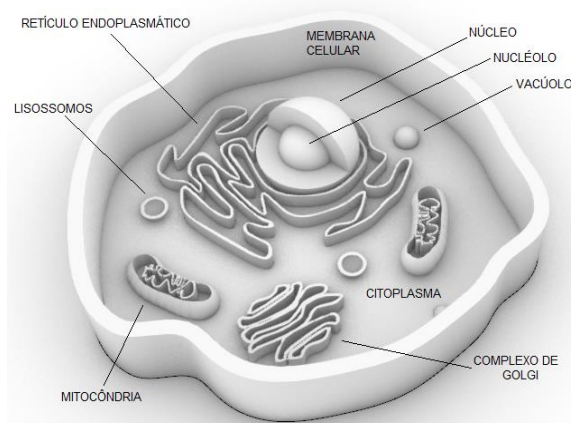


Figura 2 – Célula Animal. Fonte: Os autores

Segundo Maia (2016), a célula animal é constituída por uma Membrana Plasmática, um Citoplasma e um Núcleo. Ela também apresenta algumas Organelas: Mitocôndria, Retículos Endoplasmáticos Liso e Rugoso, Lisossomos e Complexo de Golgi. A célula, no todo, possui inúmeros elementos, porém, em sua representação mais simples e mais utilizada, esses são os elementos que a compõem, conforme mostra a Figura 2.

3.1.1.2 Modelagem 3D da célula

Este tópico de desenvolvimento apresenta as principais informações sobre a produção do material didático, desde a criação de sua primeira ideia, de testes, de mudanças, até seu desenvolvimento final. A modelagem do conteúdo Biologia Celular foi desenvolvida em etapas, desde a sua ideia central, até o desenvolvimento do último protótipo. Isso se deu pois no processo de modelagem, novos refinamentos tiveram que ser realizados e melhorados, até se chegar no modelo para a impressão final.

O *Software* escolhido para a modelagem da célula animal foi o *Rhinceros*. Ele é especializado em modelagem 3D e possui recursos que permitem a modelagem em três dimensões, inclusive as mais complexas formas orgânicas e geométricas, com extrema precisão e com o uso de *plug-ins* que permitem a renderização de imagens foto realistas.

Após um conjunto de testes iniciais, entrevistas com professores e alunos e, algumas adaptações, foi definido que deveria ser confeccionada uma placa para ser utilizada como legenda e uma impressão da célula, ambas separadas. Na confecção da placa, os elementos da célula foram posicionados verticalmente na lateral esquerda, e suas legendas, alinhadas logo à direita do elemento. Para facilitar a relação dos componentes internos da célula com os elementos adicionados à placa, cada componente da célula foi copiado em escala reduzida para que os elementos estivessem ao lado do seu nome em Braille. A escrita do nome dos elementos em alfabeto tradicional em baixo relevo também foi adicionada à placa, pois o material didático produzido neste trabalho, deve servir de apoio para todos os estudantes (com baixa visão, com cegueira total e normovisuais). Nas Figuras 3 e 4, podem ser observadas, respectivamente, a modelagem da placa (legenda) e da legenda em perspectiva.

A Figura 5, por sua vez, permite que se observem as medidas da modelagem da célula (imagem da esquerda) e a célula em perspectiva (imagem da direita).

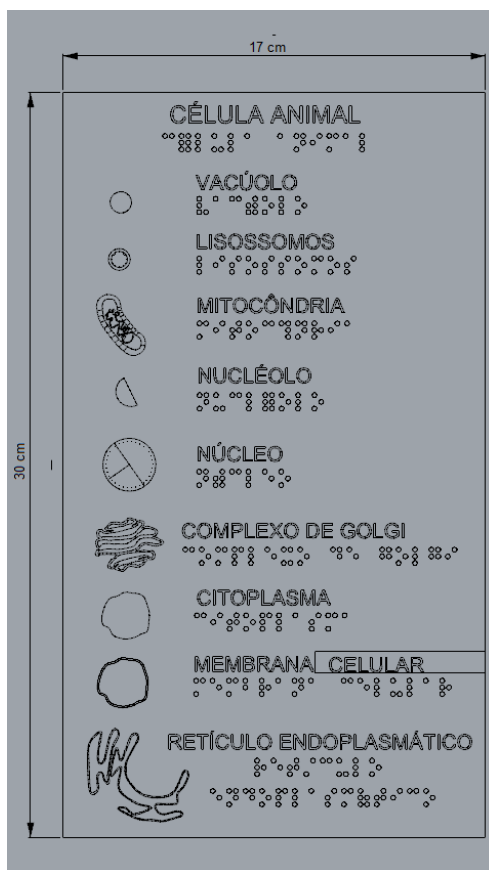


Figura 3 – Modelagem da Legenda. Fonte: Os autores



Figura 4 – Legenda em Perspectiva. Fonte: Os autores

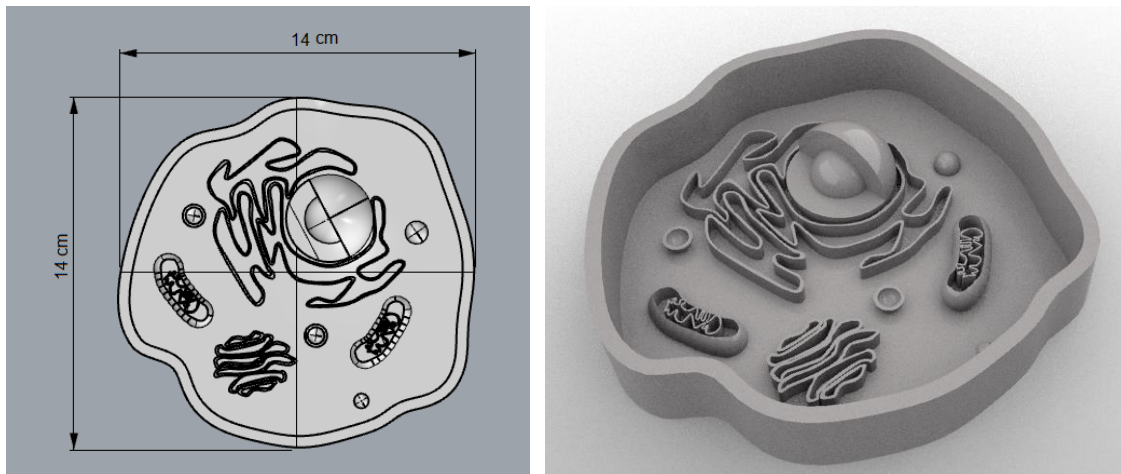


Figura 5 – Célula. Fonte: Os autores

3.1.1.3 Prototipagem

Após a conclusão da modelagem, inicia-se a etapa da prototipagem rápida, onde o que foi modelado será impresso, transformando a modelagem 3D em objetos físicos táteis e de possível acesso aos alunos com deficiência visual.

A impressão foi realizada na Impressora 3D *Cloner*, no Laboratório de Modelagem e Prototipagem (LAMP) da UFPR. Essa impressora utiliza a tecnologia de fabricação aditiva conhecida como FDM (Fusão e Deposição de Material). A fabricação usa como matéria prima um rolo de filamento de termoplástico, que é aquecido em um bico de extrusão. O material é extrudado sobre uma base, em posições determinadas pelo *software* da impressora. Então, o que foi modelado torna-se um objeto em várias camadas horizontais sobrepostas. Dentre as tecnologias de impressão 3D, a fabricação aditiva é a que apresenta o melhor custo/benefício. O material do filamento para impressão utilizado foi o PLA (Poliácido Láctico).

3.1.1.4 Testes do material produzido

O material foi apresentado aos estudantes e aos professores e, após, foi realizada uma análise/teste de seu funcionamento e dos benefícios que ele poderia trazer ao processo de ensino-aprendizagem.

Os participantes dos testes são alunos com deficiência visual, de ensino fundamental e médio, com idades entre 13 e 18 anos. Com o acompanhamento dos professores responsáveis, os alunos fizeram a análise do material individualmente (ver Figura 6), enquanto iam, simultaneamente, respondendo perguntas por meio de um

questionário, elaborado previamente. Ao todo, 5 alunos e 2 professores participaram dos testes.

O Quadro 1 apresenta algumas informações sobre os alunos participantes dos testes.

Quadro 1 – Dados dos Estudantes Participantes

Aluno	Idade (anos)	Série	Condição
1	13	8º Ano	Baixa Visão
2	16	7º Ano	Baixa Visão
3	18	3º Ensino Médio	Baixa Visão
4	18	Ensino Superior	Cegueira Total
5	18	Ensino Superior	Cegueira Total

Fonte: Os autores.

As perguntas aplicadas nos testes foram separadas em duas fases. Na primeira fase, as perguntas eram sobre a identificação do material, ou seja, se as palavras em Braille estavam legíveis, se era possível identificar a diferença no formato dos elementos dispostos na célula e, se conforme a relação da legenda com os componentes dentro da célula, eles conseguiriam identificar cada um deles.

Na segunda fase, o questionário procurava saber sobre a importância do material no ensino-aprendizagem, a partir dos seguintes questionamentos:

- Você achou que este material te ajudou para um maior entendimento de como é composta e representada uma célula?
- Você acha que este material agrega no ensino-aprendizagem de Biologia Celular na disciplina de Ciências?



Figura 6 – Teste do Material. Fonte: Os autores (2018)

Um dos problemas citados durante a execução dos testes foi a impressão em Braille, que se torna, em alguns casos, áspera. Porém, de modo geral, não atrapalhou no entendimento da leitura do conteúdo, apenas, de acordo com os alunos entrevistados, não ficou tão confortável para a leitura, podendo ser reparado de alguma forma, posteriormente.

De modo geral, as respostas da entrevista dos alunos participantes dos testes foram positivas, podendo, com pequenos ajustes, fazer uso do material produzido como um material de apoio, facilitando o ensino-aprendizagem de alunos com deficiência visual.

Além dos alunos, os professores responsáveis ofereceram opiniões sobre a produção dos materiais, apontando alguns elementos a serem melhorados para trabalhos futuros. Uma ideia apontada é a mudança de cor da placa de legenda para a cor branca, para que possibilite que as palavras escritas em baixo relevo possam ser pintadas com uma cor escura, como preto, por exemplo, possibilitando assim, o estudo da legenda, não somente para quem entenda Braille, mas também para alunos com baixa visão. Dentro desse mesmo entendimento do uso das cores, surgiu a ideia de pintar cada elemento da célula de uma cor, assim como é feita na representação da imagem em livros didáticos, tornando, dessa forma, o material mais interativo.

3.1.2 Artes

Após a coleta de informações, realizada com o auxílio de professores de Artes que trabalham com alunos deficientes visuais, foi identificado um conteúdo com possibilidade de criação de material didático adaptado para os usuários com deficiência visual. O conteúdo escolhido foi o ensino de formas básicas, presente nas aulas de Artes do ensino regular e, considerado de grande importância, para o aprendizado e identificação de formas e imagens, de acordo com professores responsáveis pela disciplina de Artes do Instituto Paranaense de Cegos. Dentro desse tema, foi escolhido o desenho das formas geométricas regulares: quadrado e triângulo, mas é possível a reprodução de quaisquer formas seguindo os mesmos passos, parâmetros e técnicas descritos neste trabalho.

Após entrevista com os professores, foi possível notar a dificuldade na transmissão das etapas de desenho para os alunos com deficiência visual e, pensando neste problema, iniciou-se o projeto de um material didático em 3D, feito a partir de modelagem tridimensional, que pudesse ser impresso em 3D e que contivesse as informações necessárias para que os alunos pudessem, através do tato,

reconhecer os passos necessários para a composição do desenho. Para o ensino das formas, primeiramente, é necessário seguir as etapas de construção da forma, iniciando pelo conceito de ponto e, em seguida, de aresta, formada a partir da ligação entre dois pontos, e de forma, gerada pela união de três ou mais arestas.

3.1.2.1 Modelagem e Prototipagem do material

Para a modelagem do material didático, foi usado o software *SolidWorks* pela facilidade de alteração do projeto com os esboços, desenhos iniciais feitos em 2D, em que se aplicam ferramentas do programa, capazes de transformá-lo em um sólido tridimensional.

Para a produção da peça de representação do quadrado, foram feitas as etapas necessárias para o desenho de um quadrado, sendo um total de sete etapas, cinco delas com a representação dos pontos presentes nas arestas, uma com o contorno da forma e outra com a face plana do quadrado e, por último, o Braille com a palavra 'quadrado', como mostra a Figura 7.

Para a produção da peça de representação do triângulo, foram utilizados os mesmos parâmetros da peça anterior. A peça possui sete fases, cada uma com a representação do triângulo em uma etapa de desenvolvimento (Figura 8).

Depois das peças modeladas e finalizadas (Figuras 7 e 8), ambas foram exportadas em formato STL (*Standard Triangle Language*), formato necessário para a leitura do modelo pelo software escolhido para a geração do *gcode*, código de coordenadas e ações executadas pela impressora 3D para a produção do modelo físico.

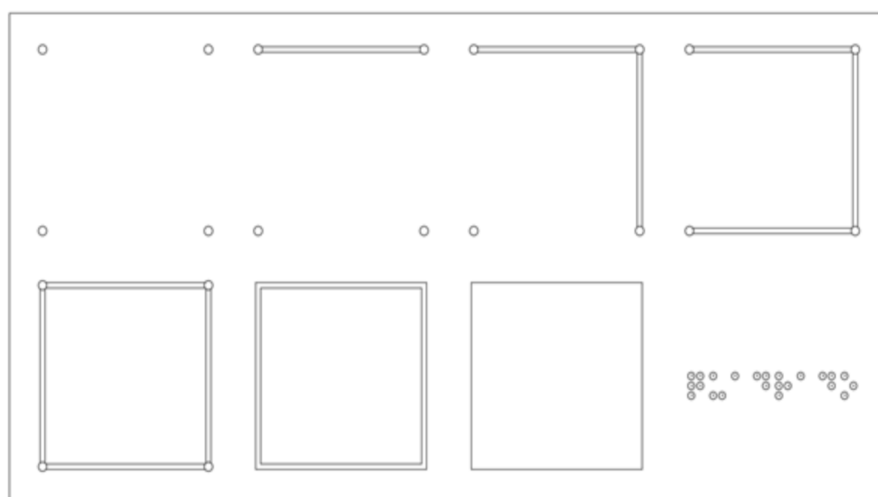


Figura 7 – Vista Superior da Modelagem (Quadrado). Fonte: Os autores (2018)

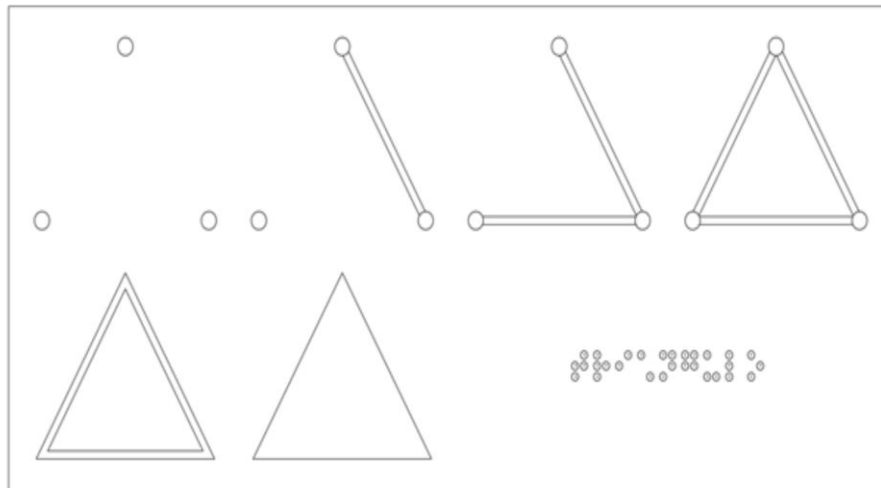


Figura 8 – Vista Superior da Modelagem (Triângulo). Fonte: Os autores (2018)

A impressão dos modelos desenvolvidos foi realizada no LAMP – Laboratório de Modelagem e Prototipagem da UFPR –, localizado no setor de ciências exatas. A impressora 3D escolhida foi a 3D *Cloner* DH.

A impressão da primeira placa, de representação do quadrado, por ser maior, teve um tempo de impressão maior que a segunda placa, referente ao triângulo, além de ser mais leve e conseqüentemente mais barata, como ilustrado no Quadro 2.

Quadro 2 – Dados do Material Impresso

Placa	Tempo de impressão	Peso (gramas)	Custo (reais)
Quadrado	4 horas e 17 minutos	68,59	R\$8,23
Triângulo	3 horas e 40 minutos	61,03	R\$7,32

Fonte: Os autores.

Ambas as peças necessitaram de acabamento, tanto para a retirada da base de sustentação, feita para melhor fixação da impressão na mesa da impressora, quanto para a retirada de rebarbas e pequenos defeitos feitos pela máquina que, apesar de sua precisão, não produz peças perfeitas.

Após o polimento rápido com lixa, principalmente para suavizar as arestas e pontas um pouco agressivas ao toque, as peças (Figuras 9 e 10) ficaram prontas para o teste com os alunos deficientes visuais.

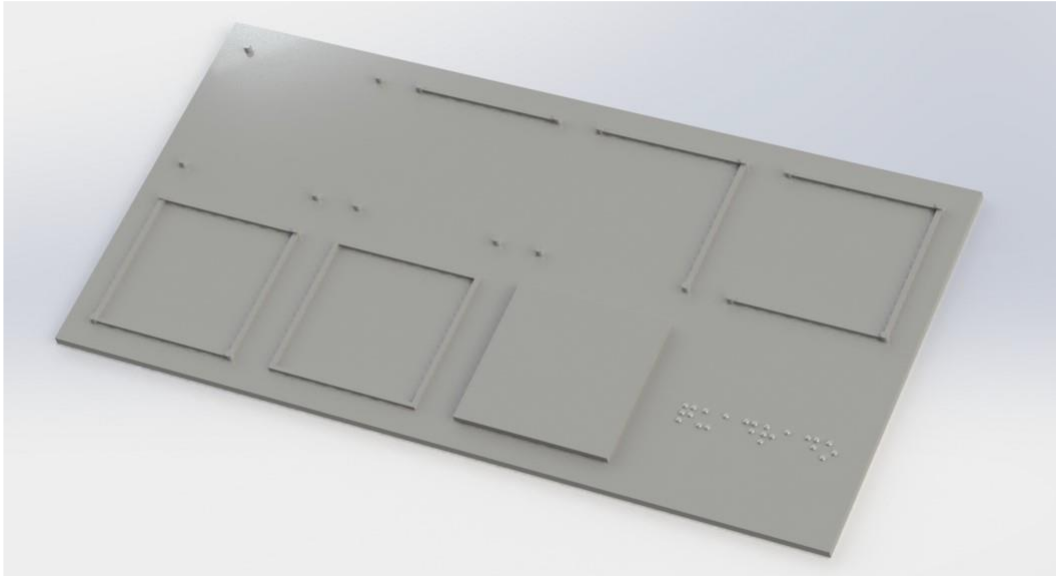


Figura 9 – Placa Impressa (Quadrado). Fonte: Os autores (2018)

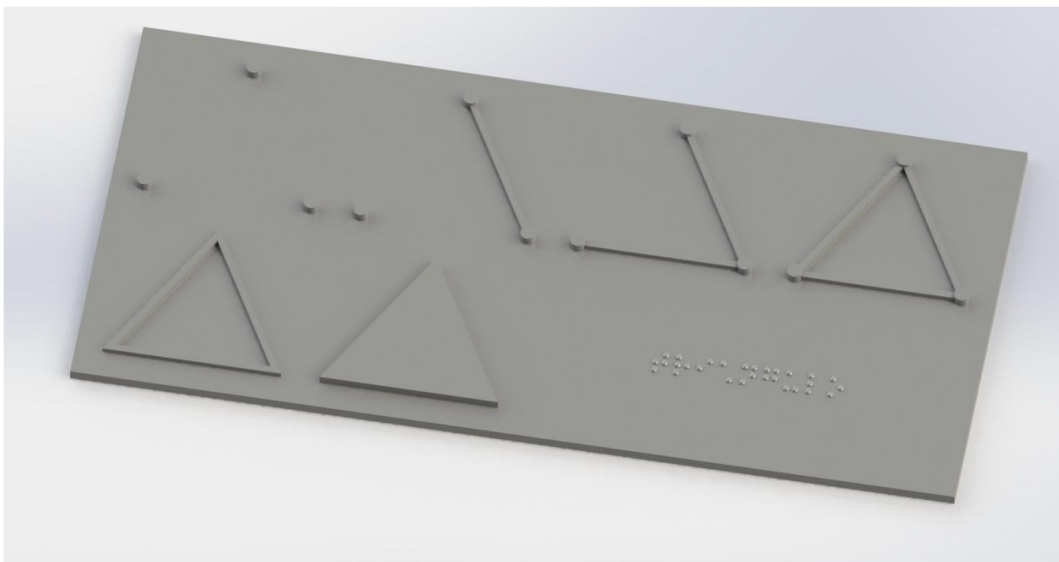


Figura 10 – Placa Impressa (Triângulo). Fonte: Os autores (2018)

3.2 Testes com o material

Os usuários selecionados para a avaliação do material didático necessitavam ser alunos com deficiência visual, seja ela total ou parcial. Para uma avaliação mais eficiente, foi necessário testar o material com cegos congênitos ou que não haviam ainda aprendido formas geométricas ou desenho, a partir de estímulo visual. Sendo assim, os alunos selecionados para avaliar o material deveriam ter idade superior a 5 anos e já terem passado pelo primeiro ciclo do ensino fundamental (1° ao 5° ano), pois esse é o período curricular em que as crianças têm o primeiro contato com a disciplina de Artes e aprendem sobre as formas de desenho e ilustração, de acordo com a Base

Nacional Comum Curricular (BNCC) do MEC. Também foram considerados como usuários os professores que ministram aulas de artes, pois podem orientar os ensinamentos propostos para seus alunos através do uso do material didático proposto neste trabalho.

O Quadro 3 apresenta algumas das informações sobre os alunos participantes.

Quadro 3 - Dados dos Estudantes Participantes do Projeto

Aluno	Idade (anos)	Série	Condição
1	13	7º Ano	Baixa Visão
2	16	8º Ano	Baixa Visão
3	18	9º Ano	Baixa Visão
4	18	2º Ensino Médio	Cegueira Total

Fonte: Os autores.

Primeiramente, em visita ao Instituto Paranaense de Cegos, o material foi avaliado por professores da instituição, entre eles um professor portador de deficiência visual, sendo constatado que o Braille feito na impressora 3D necessita de acabamento com lixa, pois para a leitura das palavras, o dedo do usuário precisará deslizar sobre os pontos e, muitas vezes, a impressora 3D faz picos pontiagudos que dificultam a leitura.

Durante a execução dos testes, os alunos relataram que não apresentaram dificuldades para o entendimento do material. Conseguiram compreender as formas e fizeram a identificação das fases de construção das formas apresentadas, passando pela fase dos pontos, arestas e face da forma.

A professora de Artes também ressaltou a possibilidade de tornar o material confeccionado neste trabalho mais interativo, para que, dentro de sala de aula, o instrutor tenha mais possibilidades de estimular seus alunos fazendo uso deste conteúdo. Na Figura 11, pode-se observar um dos testes realizados.

Outros trabalhos desenvolvidos no Projeto de Extensão envolvem diversas disciplinas tais como: geografia, ciências, matemática, biologia, química, artes e física. Os Softwares utilizados para modelagem dos materiais são: Solidworks, 3Ds Max, Inventor e Rhinoceros.

A Figura 12 apresenta um modelo de “mapa tátil” do Sistema Solar. Para mais informações, o leitor poderá consultar Aguiar et al. 2018b. A Figura 13 mostra a fase de modelagem de um jogo de dominó desenvolvido para auxiliar no ensino de frações. Para mais informações, o leitor poderá consultar Aguiar et al. 2018^a.

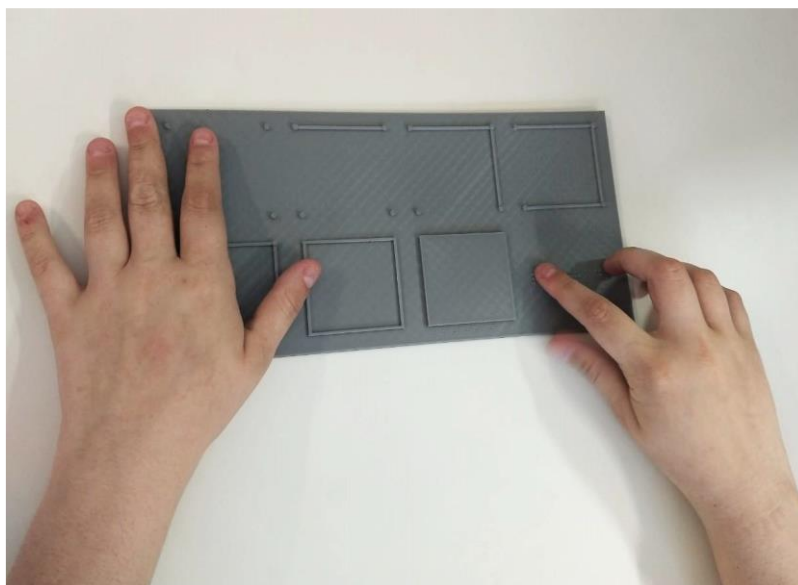


Figura 11 – Teste do Material. Fonte: Os autores (2018)



Figura 12 – Sistema solar. Fonte: Os autores (2018)

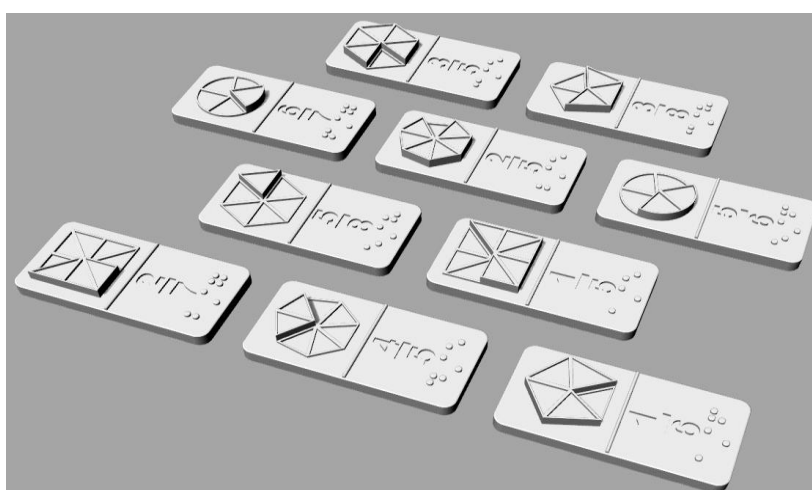


Figura 13 – Dominó de Matemática. Fonte: Os autores (2018)

Todos os trabalhos desenvolvidos no projeto de extensão visam atender alunos com baixa visão, com cegueira total e normovisuais, o que possibilita a interação entre todos os alunos de uma mesma turma, contribuindo com o processo de ensino/aprendizagem e favorecendo a educação inclusiva.

4 Conclusão

Com o desenvolvimento do trabalho, foi possível perceber que a modelagem 3D e a prototipagem rápida são fortes aliados na produção de materiais didáticos táteis, possuindo diversas possibilidades de criação de formas e flexibilidade no momento de efetuar alterações. Esses aliados também são vantajosos pela durabilidade do material produzido e pela capacidade de, através de um único modelo, fazer a produção em larga escala.

No contexto educacional, por mais que projetos como este beneficiem os alunos com deficiência visual, ainda são necessárias novas políticas públicas que busquem a inclusão de pessoas com necessidades especiais na educação brasileira. Na educação de deficientes visuais, algumas disciplinas são esquecidas e não recebem a devida importância, como é o caso da disciplina de Artes e os demais conteúdos que têm sua transmissão de conhecimento baseada, principalmente, em estímulos visuais.

Este trabalho buscou, por meio de estudo teórico, análises e avaliações presenciais, embasamento para a criação de materiais que atendam as necessidades não só dos alunos deficientes visuais, mas também de seus docentes, transmitindo de forma prática, clara e interativa os conteúdos sem o estímulo visual.

Com este trabalho, foram apresentados também o progresso do uso da impressora 3D na produção de materiais didáticos táteis e, principalmente, na reprodução do Braille, utilizando a tecnologia de impressão 3D FDM. Além da facilidade de fabricação do material, ressalta-se que, a partir dos arquivos com as modelagens tridimensionais, após o compartilhamento e divulgação dos arquivos usados para a impressão deste material, qualquer pessoa com acesso a uma impressora 3D poderá produzir e utilizar o produto final originário deste trabalho.

Como recomendação para trabalhos futuros, é possível a produção de um material didático seguindo o mesmo estilo do material descrito neste trabalho, mas com a reprodução de outros polígonos, e fazendo a exemplificação de outros conteúdos ligados ao desenho de figuras geométricas, como, por exemplo, temas de geometria ou matemática com o uso de retas diagonais, ângulos internos e externos. A aplicação

dos conhecimentos adquiridos neste trabalho, por meio de experimentação, serve de estímulo para o desenvolvimento de outros projetos voltados ao público com deficiência visual.

Como contribuição deste trabalho, os arquivos que deram origem ao material didático impresso em 3D serão compartilhados em bibliotecas voltadas ao ensino de pessoas com deficiência visual, objetivando atingir o maior número de indivíduos e, desta forma, que os usuários tenham acesso ao material. Neste sentido, o trabalho pode exercer sua finalidade principal de instruir e transmitir conhecimento a alunos com deficiência visual.

Trabalhos como esse abrem caminhos para a busca de parcerias na produção de materiais didáticos adaptados, em diversas áreas do conhecimento, possibilitando uma infinidade de conteúdos que podem ser modelados e prototipados, auxiliando no processo de ensino-aprendizagem de alunos com deficiência visual.

Conforme as experiências vivenciadas ao longo dessa pesquisa, notou-se que a utilização de materiais didáticos adaptáveis contribui significativamente no processo de ensino-aprendizagem de alunos com deficiência visual, possibilitando um contato direto dos estudantes com materiais concretos e proporcionando análises de representações de imagens, que antes ficavam apenas na imaginação.

Agradecimentos

Agradecemos aos alunos com deficiência visual que participaram dos testes, por suas contribuições para a melhoria deste trabalho; às pessoas ligadas e responsáveis ao LAMP; aos profissionais do Instituto Paranaense de Cegos e da Escola Dom Pedro II, que possibilitaram colocar em prática este projeto e ofereceram seus conhecimentos para a melhoria dele.

Referências

AGUIAR, Bárbara de Cássia Xavier Cassins; ANDRADE, Andrea Faria; AGUIAR, Giancarlo de França; CODEN, Quelen Silveira (a). ***Production of Didactic Material for the Visually Impaired in Mathematics Teaching***. In: 4º CONGRESSO INTERNACIONAL MULTIDISCIPLINAR PHI 2018: MODERNIDADE: FRONTEIRAS E REVOLUÇÕES, 2018, Ponta Delgada - S. Miguel, Açores, Modernity, Frontiers and Revolutions, , 2018 a, p. 221-226

AGUIAR, Bárbara de Cássia Xavier Cassins; ANDRADE, Andrea Faria; AGUIAR, Giancarlo de França; CODEN, Quelen Silveira (b). ***Production of Didactic Material for Visually Impaired Children in Science Teaching***. In: 4º CONGRESSO INTERNACIONAL MULTIDISCIPLINAR PHI 2018: MODERNIDADE: FRONTEIRAS E REVOLUÇÕES, 2018, Ponta Delgada - S. Miguel, Açores, Modernity, Frontiers and Revolutions, 2018 b, p. 215-220.

AGUIAR, Bárbara de Cássia Xavier Cassins; ANDRADE, Andrea Faria; PASQUAL, Fernanda Dal. **Material didático adaptado no ensino de Ciências para pessoas com deficiência visual.** IN: XIII INTERNATIONAL CONFERENCE ON GRAPHICS ENGINEERING FOR ARTS AND DESIGN-GRAPHICA, 2019, Rio de Janeiro, p. 1110-1119.

AGUIAR, Bárbara de Cássia Xavier Cassins; ANDRADE, Andrea Faria; GARCIA, Gabriela Rodriguez. **A prototipagem na produção de material didático para pessoas com deficiência visual no ensino de desenho.** In: XIII INTERNATIONAL CONFERENCE ON GRAPHICS ENGINEERING FOR ARTS AND DESIGN-GRAPHICA, 2019, Rio de Janeiro, p. 1120-1130.

BASTOS, Keine Maria de; FARIA, Joana Cristina Neves de Menezes. **Aplicação de modelos didáticos para abordagem da célula animal e vegetal, um estudo de caso.** ENCICLOPÉDIA BIOSFERA, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.7, n.13, p. 1867, 2011..

CAMARGO, Eder Pires. **Panorama das dificuldades e viabilidades para a inclusão do aluno com deficiência visual em aulas de termologia.** In 2º Congresso Brasileiro de Educação. Bauru, São Paulo, 2009.

FERNANDES, Edicléia; ORRICO, Helio. **Acessibilidade e inclusão social.** Rio de Janeiro: Deescubra. 2011.

FERNANDES, Edicleia Mascarenhas; ANDRADE, Cristiano Cezar dos Santos; SOUZA, Simone Caires. **Estratégias Pedagógicas Tutoriais para Acompanhamento de Alunos com Deficiência Visual do Consórcio CEDERJ.** Anais do III Seminário sobre Inclusão no Ensino Superior O estudante cego e surdo-cego (SIES). UEL, 2012.

JORGE, Viviane. **Recursos didáticos no Ensino de Ciências para alunos com deficiência visual no Instituto Benjamin Constant.** Rio de Janeiro. p 1-34, 2010.

LIMA, Mara Rúbia Guimarães; FERNANDES, Priscila Dantas. **Deficiência Visual: Obstáculos e possibilidades de Inclusão Social.** VI Colóquio Internacional "Educação e Contemporaneidade", São Cristóvão – SE, Brasil, 2012.

MEDEIROS, Ivan Luiz de; Pupo, Regiane; Kegler, Alexandre José Muller; Braviano, Gilson. **Prototipagem Rápida e Design de Produto Assistivo.** 11º P&D Design, Blucher Design Proceedings, n. 4, v. 1, Nov. 2014.

MONTEIRO, Caroline. **Cartografia tátil utilizando a prototipagem rápida: um estudo sobre a padronização de símbolos para o mapeamento temático no ensino da geografia.** UFPR, Curitiba: 2018.

MORAIS, Diele Fernanda Pedrozo. **A Formação da Imagem Mental e a Representação Gráfica de Alunos Cegos Precoces e Tardios.** 146 f. Dissertação (Mestrado em Artes Visuais) - Universidade do Estado de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.

NUNES, Clarice; MADUREIRA, Izabel. **Desenho Universal para a Aprendizagem: Construindo práticas pedagógicas inclusivas.** Invest. Práticas [online], Lisboa, Jul 2015, Vol.5, Num.2, p.126-143.

OLIVEIRA, A.M.; ROSA, A. C.; OLIVEIRA, F. I. W. **A Inclusão de alunos deficientes Visuais na rede pública de Marília: algumas experiências na educação infantil, no ensino fundamental e médio.** In: Jornada de Educação Especial, 2006, Marília. Anais da Jornada de Educação Especial, 2006.

SÁ, Elizabet Dias de; CAMPOS, Izilda. Maria; SILVA, Myriam Beatriz Campolina. **Atendimento educacional especializado: deficiência visual.** SEESP / SEED / MEC Brasília, 2007. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seesp/arquivos/pdf/aee_dv.pdf>. Acesso em: 10 set. 2016.

SEKKEL, Marie Claire; CASCO, Ricardo. **Ambientes inclusivos para Educação Infantil: considerações sobre o exercício docente.** São Paulo: Casa do Psicólogo, 2011.

SOUZA, Olga Solange Herval, organizadora. **Itinerário da inclusão escolar: múltiplos olhares, saberes e práticas.** Canoas: ULBRA Porto Alegre AGE, 2008.

TIBALLI, Elianda Figueiredo Arantes. **Estratégias de inclusão frente à diversidade social e cultural na escola.** In: LISITA, V. M. S. S.; SOUSA, L. F. E. C. P. (Orgs.). Políticas educacionais, práticas escolares e alternativas de inclusão escolar. Rio de Janeiro: DP&A, p. 195-208, 2003.