

## RECURSOS DIDÁTICOS TÁTEIS PARA AUXILIAR A APRENDIZAGEM DE DEFICIENTES VISUAIS

Clariana Fischer Brendler<sup>1</sup>

Felipe Schneider Viaro<sup>2</sup>

Fernando Batista Bruno<sup>3</sup>

Fábio Gonçalves Teixeira<sup>4</sup>

Régio Pierre da Silva<sup>5</sup>

### Resumo

O código Braille é uma opção eficaz que possibilita a aprendizagem de conteúdos verbais sem perda de significado. Entretanto, os conteúdos visuais, utilizados por videntes e que podem contribuir significativamente em sua aprendizagem, não contam com um sistema/código para a transposição equivalente para os deficientes visuais. Portanto, o objetivo deste trabalho é desenvolver recursos didáticos táteis para auxiliar na aprendizagem de pessoas com deficiência visual e, assim, proporcionar a inclusão destas pessoas em universidades e instituições de ensino. O método de desenvolvimento utilizado neste trabalho baseou-se em Lida (2005), Back *et al.* (2008) e Hersh (2010), seguindo uma abordagem centrada no usuário, a partir das seguintes etapas: levantamento e análise de informações; fabricação digital e prototipagem; avaliação com usuário; e finalização. Foram desenvolvidos três recursos didáticos que obtiveram a aprovação do usuário final, auxiliando-o na aprendizagem dos conteúdos abordados. Os recursos desenvolvidos farão parte do acervo para deficientes visuais da Biblioteca Central da UFRGS. Dessa forma, observa-se que o design centrado no usuário, auxiliado por métodos de fabricação digital e prototipagem, pode contribuir com o desenvolvimento de recursos didáticos acessíveis para deficientes visuais.

**Palavras-chave:** projeto de produto; tecnologia assistiva; deficientes visuais; inclusão social.

### Abstract

The Braille code is an effective option that enables learning of verbal content without loss of meaning. However, the visual content, which is used by seers and contributes significantly to their learning, do not have a system/code equally effective in the transposition for the visually impaired. Therefore, the aim of this work is to develop tactile teaching resources for assisting the visually impaired in the learning process, contributing for the inclusion of these people in universities and educational institutions. The development method used in this work was based on Lida (2005) Back *et al.* (2008)

---

<sup>1</sup> Professora Doutoranda, Departamento de Design e Expressão Gráfica -UFRGS, clariana.brendler@ufrgs.br

<sup>2</sup> Mestrando, Programa de pós-graduação em Design - PgDesign, felipe.viaro@ufrgs.br

<sup>3</sup> Professor Doutorando, Departamento de Design e Expressão Gráfica -UFRGS, fernando.bruno@ufrgs.br

<sup>4</sup> Professor Doutor, Departamento de Design e Expressão Gráfica -UFRGS, fabiogt@ufrgs.br

<sup>5</sup> Professor Doutor, Departamento de Design e Expressão Gráfica -UFRGS, regio@ufrgs.br

and Hersh (2010), with a user-centered approach, based on the following steps: gathering and analyzing information; digital manufacturing and prototyping; evaluation with user; and completion. Three teaching resources were developed, obtaining approval of the final user by assisting him in learning the specific content. The developed resources will be part of the collection for the visually impaired at the Central Library of UFRGS. Thus, we observe that the user-centered design, aided by methods of digital fabrication and prototyping, contributes in the development of accessible educational resources for the visually impaired.

**Keywords:** product design; assistive technology; visually impaired; social inclusion.

## 1. Introdução

Resultados do Censo Demográfico 2010 apontam que, atualmente, o Brasil conta com quase 46 milhões de brasileiros (cerca de 24% da população) com alguma deficiência, entre elas: mental, motora, visual ou auditiva. Restringindo-se apenas à deficiência visual, tem-se o maior número de cidadãos declarados, 35,8 milhões de pessoas, sendo 16% dessas homens e 21,4% mulheres. Mais de 528 mil pessoas possuem perda total da visão e mais de 6 milhões possuem baixa visão (IBGE, 2010). Na educação, conforme os dados específicos do Censo Escolar de 2013, há aproximadamente 195 mil estudantes com deficiência matriculados em escolas especiais ou em escolas comuns do ensino regular (CENSO, 2013).

Embora existam leis e normas como a **Lei nº 7.853/89** e a Lei nº 9.934/96, que tentam garantir o acesso de pessoas com deficiência à educação, esse acesso ainda é pouco significativo, considerando os dados disponíveis. É importante citar o Decreto nº 186, de 2008, que ratifica o texto da Organização das Nações Unidas (ONU) sobre os direitos das pessoas com deficiência e afirma que os sistemas educacionais, em todos os níveis, devem ser inclusivos. Mas mesmo após conseguir acesso ao ensino básico ou superior, as barreiras enfrentadas pelos alunos ainda são muitas, causadas pela falta de acessibilidade física e de comunicação (MALHEIROS, 2013). Além da falta de acessibilidade ao material didático.

Visando diminuir as dificuldades destas pessoas, a Universidade Federal do Rio Grande do Sul conta com o Programa Incluir, que não apenas insere os alunos deficientes no ensino superior, mas também torna seu aprendizado acessível, independente da sua deficiência. Desenvolvido pela Secretaria de Ensino Superior/ SESu em parceria com a Secretaria de Educação Especial/SEESP do Ministério da Educação, o Programa Incluir visa apoiar ações que incluam indivíduos com deficiência no ensino superior. O principal objetivo desse programa é assegurar a permanência do aluno com deficiência (cegueira, baixa visão, mobilidade reduzida, deficiência auditiva, surdez, usuário de Libras) e oferecer serviços como leitor oral, materiais didáticos para impressão ampliada e em Braille, guia vidente, tradutor-intérprete de Libras, *softwares* leitores, ampliadores de tela e lupas eletrônicas. Porém, ainda há falta de meios para transpor a linguagem visual representada por imagens para o público com deficiência visual.

O código Braille, utilizado mundialmente pela população com deficiência visual, é uma opção eficaz que possibilita a aprendizagem de conteúdos verbais – um texto escrito e compreendido por uma pessoa vidente pode ser convertido para o Braille sem perda de significado. Entretanto, os conteúdos visuais como as imagens, que pode melhorar significativamente à aprendizagem, não conta com uma transposição

equivalente para a aprendizagem das pessoas com deficiência visual.

Disciplinas como Biologia, Geografia e Matemática, as quais apresentam um número representativo de imagens, são disciplinas que os deficientes visuais apresentam maior dificuldade no aprendizado, segundo o Programa Incluir. Foi verificado que não há recursos didáticos táteis que representem essas figuras. Para resolver este problema, o Design por meio da Tecnologia Assistiva (TA) se propõe a romper as barreiras que impedem a atuação e participação das pessoas com deficiência em atividades do seu dia a dia. No campo da educação, a TA se organiza em serviços e recursos que atendem aos alunos com deficiência e que têm por objetivo construir, com eles, as condições necessárias ao aprendizado.

Portanto, utilizando uma metodologia que desenvolve produtos centrados no usuário e, através das tecnologias de fabricação digital e prototipagem rápida, é possível converter uma imagem em um recurso didático tátil. Assim, o objetivo deste trabalho é desenvolver imagens de conteúdos didáticos em modelos táteis para auxiliar na aprendizagem de pessoas com deficiência visual e, assim, proporcionar a inclusão destas pessoas em universidades e instituições de ensino.

## 2. Tecnologia Assistiva

Design de produtos lida com a criação e o estudo de objetos capazes de nos auxiliar nos afazeres do dia a dia procurando a melhor interação entre produto e usuário. Os produtos de Tecnologia Assistiva têm como objetivo principal auxiliar pessoas com necessidades especiais no desempenho de suas funções, reduzindo incapacidades para a realização de atividades da vida diária e da vida prática.

Tecnologia Assistiva (TA) é compreendida como todo arsenal de recursos, expressos por diversas formas, sejam equipamentos, dispositivos ou adaptações, podendo ser um produto de baixa tecnologia ou alta tecnologia, mas que, ao fim, permitam ao indivíduo uma melhora em suas ações no que tange, fundamentalmente, a interação que mantém com o meio ambiente proporcionando autonomia e sentimento de ser capaz (FONSECA e LIMA, 2008).

Vários autores fazem referência às definições para o termo TA como Hersh e Johnson, (2008); Digiovine et al., (2007); Johnstone, (2001); Barnes, (1994), e todas definições são baseadas na superação das barreiras ou na superação das dificuldades do usuário que possui alguma deficiência física e / ou no melhoramento das suas capacidades funcionais através do uso da TA. Portanto, afirmam que a Tecnologia Assistiva é um termo genérico ou guarda-chuva, que abrange tecnologias, produtos, serviços e sistemas utilizados por idosos ou pessoas com algum tipo de deficiência ou dificuldade, para aumentar sua independência e participação na sociedade (HERSH, 2010).

A qualidade de vida e independência das pessoas com deficiência têm sido pontos indicativos importantes relacionados a qualidade da educação, saúde e desenvolvimento econômico de países. Cada vez mais, têm se refletido acerca de iniciativas e projetos de produtos especialmente voltados a pessoas com deficiência, visando à autonomia e auxílio na vida diária dos deficientes e de suas atividades (DURSIN, 2012).

No contexto educacional inclusivo, a tecnologia assistiva caracteriza-se

como um conjunto de recursos que promovem o acesso e a participação dos alunos com deficiência na aprendizagem, com o apoio de serviços que têm por objetivo identificar os problemas enfrentados por seus alunos e propor intervenções interdisciplinares que envolvem o design, a reabilitação e a educação. Os serviços de tecnologia assistiva são responsáveis pela avaliação, desenvolvimento/seleção e pela implementação de recursos, metodologias e práticas capazes de promover a superação de barreiras e construir as condições necessárias ao desenvolvimento educacional desses alunos com deficiência (BERSCH, 2009).

O processo de reabilitação de pacientes com algum tipo de deficiência, usualmente, conta com objetos auxiliares para que atinja o resultado esperado. Tais objetos visam a melhoria da independência e autonomia do indivíduo, buscando não estigmatizá-lo como incapaz ou deficiente e, sim, auxiliá-lo na realização das tarefas (PLOS et al. 2012).

As pessoas com deficiência visual são aqueles que possuem perda total ou parcial, congênita ou adquirida, da visão. O nível de acuidade visual pode variar, determinando dois grandes grupos de deficiência: Cegueira e baixa visão (ou visão subnormal). No primeiro grupo, há perda total da visão ou pouquíssima capacidade de enxergar, o que leva a pessoa a necessitar do Sistema/código Braille como principal meio de leitura e escrita. O segundo, por sua vez, caracteriza-se pelo comprometimento do funcionamento visual dos olhos, mesmo após tratamento ou correção. Indivíduos com baixa visão podem ler textos impressos ampliados ou com o uso de recursos óticos especiais.

Vários projetos direcionados a deficientes visuais têm sido elaborado visando a inclusão e facilitação destes, em ambientes predominantemente visuais. Segundo Raisamo et al. (2007), indivíduos com deficiência visual possuem uma carência de projetos e interfaces adequadas a suas dificuldades, ou que dificulta a utilização de tecnologias existentes, por estes. Sendo assim, Raisamo et al. (2007) desenvolveram jogos para crianças que exploram as modalidades sensoriais no qual estimulam a cognição. Autores como Muthulakshmi e Ganesh (2012) desenvolveram trabalhos na área de mobilidade e acessibilidade em salas de aula, visando a segurança e a interpretação de espaços. Nisbet (1995) coloca a importância de desenvolver sistemas de voz para utilização do computador por indivíduos com deficiência visual. Ressalta diversos softwares e sistemas integrados que contribuem para a comunicação por meio de voz. Tais sistemas integrados podem ser utilizados, por meio de computadores, como facilitadores da vida diária, ao exemplo de programas que possibilitem, via comandos digitados, voz, teclas e afins.

Nota-se a preocupação e o desenvolvimento de diversos projetos para acessibilidade de pessoas com deficiência física quanto ao uso de tecnologias e à locomoção em espaço físico. Esses conhecimentos poderiam ser utilizados no caso de desenvolvimento de recursos didáticos inclusivos digitais. Entretanto, considerando o propósito deste trabalho, não foram encontradas publicações que tratam especificamente do projeto de recursos didáticos táteis para transpor conteúdos visuais para alunos com deficiência visual.

## 2.1. Processos de Design

Para os designers, projetar é uma atividade realizada com o objetivo de suprir alguma

necessidade. Löbach (2000) relata que Design pode ser considerado um projeto ou um plano para a solução de um problema determinado. Design de produtos lida com a criação e o estudo de objetos capazes de nos auxiliar nos afazeres do dia a dia procurando a melhor interação entre produto e usuário.

Para o design de Tecnologia Assistiva isto significa pesquisa e desenvolvimento de produtos e uma grande oportunidade de colocar os conhecimentos dessa área à disposição da resolução de problemas que as pessoas com deficiência enfrentam diante de desafios (BERSCH, 2009).

O desenvolvimento de produtos, segundo Back *et al.* (2008), é um conceito amplo que compreende aspectos desde a pesquisa de mercado, o projeto de produto, projeto do processo de fabricação, plano de distribuição e manutenção até o descarte do produto. Ainda, Back *et al.* (2008) descrevem a sequência de fases pelas quais se desenvolve o produto, como: planejamento do projeto, projeto informacional e projeto conceitual.

Na fase Projeto Informacional, são determinadas as especificações de projeto de produto. São contempladas as necessidades dos usuários, os requisitos dos usuários e os requisitos de projeto. Para lida (2005), o desenvolvimento de projeto de produto encontra-se dividido em quatro etapas principais, a primeira etapa, denominada de Definição, é determinada pelo conhecimento do perfil usuário e, assim, os requisitos e as especificações para o produto a ser desenvolvido. Na segunda etapa, Desenvolvimento, é realizada a análise da tarefa do produto, análises das interfaces e das informações que deverão conter no produto. Na terceira e quarta etapas, Detalhamento e Avaliação, são detalhados os componentes e o procedimento do projeto, a adaptação às interfaces e a avaliação após o teste com o usuário e, caso necessário, são realizados os reajustes.

Para o desenvolvimento de produtos de Tecnologia Assistiva e produtos personalizados, o uso do modelo do processo de Design Centrado no Usuário (UCD) é particularmente o mais apropriado (WANG *et al.*, 2009).

Buurman (1997) *apud* Wang *et al.* (2009) defende o processo de UCD porque há o envolvimento do usuário em todas as etapas do processo de projeto. Wang *et al.* (2009) trazem outros autores que utilizam o UCD no processo de Design, tais como: Green *et al.*, (1999); Hypponen, (1999); Pahl *et al.* (1996); Roozenburg e Ekels, (1995); Ulrich e Eppinger, (2008).

O Design Centrado no Usuário é um processo importante para o desenvolvimento de produtos, no qual o usuário participa de forma ativa no processo de projeto. Neste modelo, a primeira etapa compreende o estudo sobre os usuários e as tarefas. Na segunda etapa, usa-se o conhecimento das necessidades dos usuários para os requisitos e restrições do projeto. A seguir, na terceira etapa, são apresentados os protótipos ao usuário para avaliação e, na última etapa, é reavaliado o projeto conforme as questões identificadas nas etapas anteriores. Realiza-se assim, um ciclo iterativo de teste, design, medidas e redesign (HERSH, 2010).

Os protótipos, apresentados na terceira etapa, são desenvolvidos por meio de ferramentas como a fabricação digital e sistemas CAD - *Computer Aided Design* (desenho auxiliado por computador) e CAM - *Computer Aided Manufacturing* (Fabricação Assistida por Computador).

À integração destas técnicas num sistema único e completo torna possível o



projeto ser realizado através de *softwares* na tela do computador e suas informações serem transmitidas por meio de interfaces de comunicação entre o computador e um sistema de fabricação, onde o projeto pode ser produzido automaticamente numa máquina CNC (máquinas controladas numericamente). Estes processos são apresentados, detalhadamente, nos itens 2.2 e 2.3 deste artigo.

## 2.2. Fabricação Digital e Sistemas CAD e CAM no Processo de Design

Conforme Gershenfeld (2012), o termo "fabricação digital" geralmente se refere ao processo de produção controlado por computador, que remete à primeira fresadora controlada numericamente (CNC) - Computer Numeric Control, desenvolvida pelo MIT em 1952. Porém, Gershenfeld afirma que o termo abriga um significado mais específico: o processo de manufatura onde os materiais empregados são, também, digitais. O mesmo autor ainda afirma que "a fabricação digital permitirá às pessoas projetarem e produzirem objetos materiais sob demanda, onde e quando forem necessários" (GERSHENFELD, 2012, p. 43).

A evolução das tecnologias de informação e comunicação proporcionou diversas alterações em vários segmentos industriais. A popularização da internet, por exemplo, transformou a forma e a velocidade de difusão de informação. Atualmente, equipamentos destinados à fabricação de produtos, antes restritos a grandes parques fabris, estão disponíveis para um público muito maior. A miniaturização destes equipamentos, assim como o a diminuição dos custos de aquisição, de manutenção e dos insumos necessários são fatores que contribuem para sua popularização (ANDERSON, 2012).

Hoje máquinas como impressoras e digitalizadores tridimensionais, máquinas de corte e fresadoras, são ofertadas no varejo em versões compactas e de custo relativamente baixo em relação aos equipamentos industriais. Estas máquinas, associadas a um computador com software CAD, podem transformar um escritório em uma pequena unidade fabril (ANDERSON, 2012).

A fabricação digital utiliza sistemas de manufatura aditiva, também conhecida como prototipagem rápida ou manufatura restritiva, também conhecida como usinagem CNC. Os sistemas de manufatura aditiva baseiam-se na adição de camadas para obtenção do produto. Na manufatura restritiva, o produto final é obtido através da remoção progressiva de material. Tanto na manufatura aditiva quanto na manufatura restritiva, a primeira etapa é a criação de um modelo virtual, desenvolvido em *softwares* CAD, que permitem a geração e manipulação de formas geométricas complexas em três dimensões. Nestes *softwares* é possível atribuir às peças diferentes tipos de materiais, texturas, volumes e formas, para estudar aspectos como, por exemplo, encaixes entre peças e montagem e desmontagem do produto (ESPINOZA; SCHAFFER, 2004).

Na produção do produto criado através do CAD, podem-se usar *softwares* conhecidos como CAM. Estes *softwares* fazem a ponte entre o modelo virtual criado pelo projetista e a máquina que vai trazê-lo ao mundo físico, como uma CNC ou uma máquina de corte a laser.

Os protótipos podem ser utilizados para resolver problemas de projeto e melhorar a compreensão que se tem do produto em desenvolvimento. Assim, podem auxiliar na geração de ideias, testes com o usuário, comunicação e verificação de requisitos de projeto. Na geração de ideias, o protótipo deve ser produzido de forma

rápida e sem preocupações com detalhes. O objetivo é verificar experimentalmente se uma proposta deve ser seguida, através da exploração de diferentes aspectos do produto físico como materiais, tecnologias, forma e função (HALLGRIMSON, 2012).

### 2.3 Prototipagem Rápida

A prototipagem rápida é uma tecnologia recente e inovadora que vem sendo utilizada desde os anos 90 para produzir protótipos relativamente rápidos para a inspeção visual, avaliação ergonômica e análise da forma, para auxiliar no processo do desenvolvimento de um produto. "De acordo com os materiais utilizados no processos de prototipagem rápida, estes podem ser classificados em três grandes tipos, são eles: com base em pó, à base de resina e laminado a base de folhas" (CHOI; CHAN, 2005).

Segundo os mesmos autores, os processos em pó à base de prototipagem rápida incluem a Sinterização Seletiva a Laser (SLS). A resina com base em processos de prototipagem rápida, tais como a estereolitografia, utiliza uma resina líquida, a qual é solidificada por exposição para um feixe de laser ultra-violeta. Os protótipos realizados com folhas laminadas é fabricado a partir de materiais de resina. "O termo prototipagem rápida (*rapid prototyping*) refere-se normalmente aos métodos de produção de protótipos por sistemas aditivos" (PIPES, 2010).

Com esse método, torna-se possível transformar modelos digitais com geometrias complexas em artefatos físicos. O processo de prototipagem rápida é um processo "aditivo", pois combina camadas de material polimérico para se criar um objeto sólido, permitindo a criação de objetos com características internas complicadas que não podem ser obtidas através de outros processos (GORNI, 2001).

A prototipagem rápida pode ser realizada pelo processo de estereolitografia que, segundo Gorni (2001), é uma impressão 3D, no qual utiliza dados CAD, constroem modelos tridimensionais a partir de materiais poliméricos líquidos fotossensíveis, que se solidificam quando expostos à radiação ultravioleta. É um processo que se desenvolve camada por camada, e constrói peças tridimensionais precisas. Uma fonte de raio laser ultravioleta, com alta precisão de foco, traça a primeira camada, solidificando a seção transversal do modelo e deixando as demais áreas líquidas (GORNI, 2001).

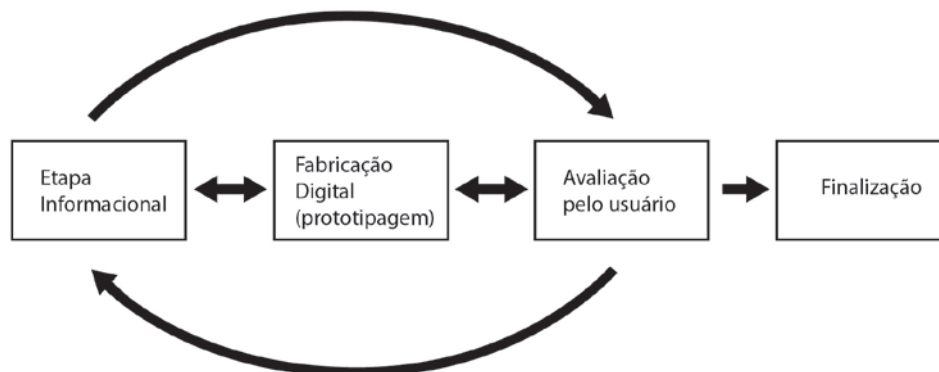
A seguir, um elevador mergulha levemente a plataforma no banho de polímero líquido e o raio laser cria a segunda camada de polímero sólido acima da primeira camada. O processo é repetido sucessivas vezes até o protótipo estar completo. Uma vez pronto, os suportes são retirados e o modelo é introduzido em um banho de álcool isopropílico, e em seguida, um banho de água para limpeza. Após, o modelo é colocado em um forno de radiação ultravioleta para ser submetido a uma cura completa (GORNI, 2001).

### 3. Metodologia

Com base nas metodologias de projeto de produto de Back et al. (2008), Lida (2005) e Hersh (2010), foi elaborada uma metodologia para o desenvolvimento dos recursos didáticos táteis. Esta contempla etapas de conhecimento do usuário e das suas necessidades, requisitos e restrições para o desenvolvimento do projeto, etapas de fabricação digital e prototipagem rápida para produção de protótipos, avaliação destes

protótipos pelo usuário e, a partir desta avaliação, a finalização do produto. O desenho da metodologia é apresentado na Figura 1.

**Figura 1: Metodologia para Elaboração dos Recursos Didáticos Táteis.**



Fonte: Os autores

O desenvolvimento do projeto inicia-se com a identificação de um problema ou necessidade dos usuários na Etapa informacional. Na etapa de Fabricação Digital são desenvolvidos os recursos didáticos táteis, na forma de protótipos, através de equipamentos como impressora tridimensional e cortadora a laser. Os protótipos são submetidos a testes com usuário na etapa de Avaliação. Após a avaliação dos protótipos, são realizados os ajustes necessários e os produtos são finalizados. As etapas da metodologia serão descritas detalhadamente nos itens 3.1 a 3.4.

### **3.1 Etapa Informacional: Conhecimento do Usuário, Necessidades, Definição do Problema e Requisitos do Projeto**

Na etapa informacional são coletados os dados e a partir destes é definido o problema. Saber exatamente onde se pretende chegar é o ponto de partida para uma intervenção em tecnologia assistiva.

A proposta de criação de recursos didáticos táteis iniciou-se através da parceria com o programa incluir da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) e do programa de Pós-Graduação em Design da UFRGS. Foram realizadas visitas com os participantes do Programa Incluir e, a partir destas, foi identificada a necessidade de auxiliar alunos com deficiência visual através do desenvolvimento de recursos didáticos táteis que possam proporcionar o aprendizado de conteúdos baseados em referências visuais.

Portanto, foi elaborada uma proposta de desenvolver recursos didáticos para auxiliar na aprendizagem em alunos com deficiência visual. Através de entrevistas com os participantes do Programa Incluir, foi identificada a necessidade de desenvolver recursos para a disciplina de Biologia, onde os alunos apresentam maior dificuldade de compreender os conteúdos visuais. Para o desenvolvimento de recursos didáticos táteis, utilizando os critérios da etapa informacional da metodologia de projeto, foram identificadas as necessidades do usuário, a partir do conhecimento do usuário e os requisitos do projeto para o desenvolvimento. Estes, seguem apresentados no Quadro 1.



**Quadro 1: Etapa Informacional.**

Conhecimento do usuário	Necessidades	Requisitos
Aluna de prévestibular; 17 anos; Possui deficiência visual total e congênita; Gostaria de ingressar na UFRGS em um curso superior de graduação.	Dificuldade no aprendizado de disciplinas que contém conteúdos gráficos como imagens; Especificamente no conteúdo de Biologia, o código genético.	Conteúdo gráfico em formatos, texturas e relevos que possam ser sentidos através do tato; Legendas em braile; Material com recursos gráficos táteis deverá ficar disponível no acervo da Biblioteca Central da UFRGS. Material resistente ao uso prolongado.

Fonte: Os Autores

Os recursos didáticos táteis foram desenvolvidos para suprir a necessidade de uma aluna, com deficiência visual total e congênita, que está no curso prévestibular e quer ingressar em um curso superior da UFRGS. Através do acompanhamento desta aluna e da professora da disciplina de Biologia, foram selecionadas algumas imagens nas quais a aluna tem bastante dificuldade de aprendizagem do conteúdo verbal. auxiliam a compreensão do formato do cromossomo, da cadeia de DNA e do processo de meiose.

A partir destas definições, foram elaborados os requisitos do projeto e das restrições. Dentre os requisitos, os recursos didáticos táteis deverão possibilitar o reconhecimento da forma através do tato, por meio de alto relevo ou modelos tridimensionais. O material utilizado deverá ficar disponível no acervo da Biblioteca Central da UFRGS, portanto, deverá ser resistente, leve e fácil de manusear. Deverá conter legendas em Braille se necessário.

As restrições para o desenvolvimento dos recursos táteis estão relacionadas às limitações dos equipamentos de prototipagem. Para figuras que necessitem representar o volume, o mais indicado é o uso da impressão 3D. Para formatos em que o alto relevo já permite o conhecimento através do tato, o indicado é a cortadora a laser, principalmente, por possibilitar material de baixo custo para a produção dos protótipos. Após a identificação destes critérios, é iniciado o desenvolvimento da etapa de fabricação digital e prototipagem rápida, apresentados detalhadamente no item 3.2.

### 3.2 Etapa da Fabricação Digital e Prototipagem

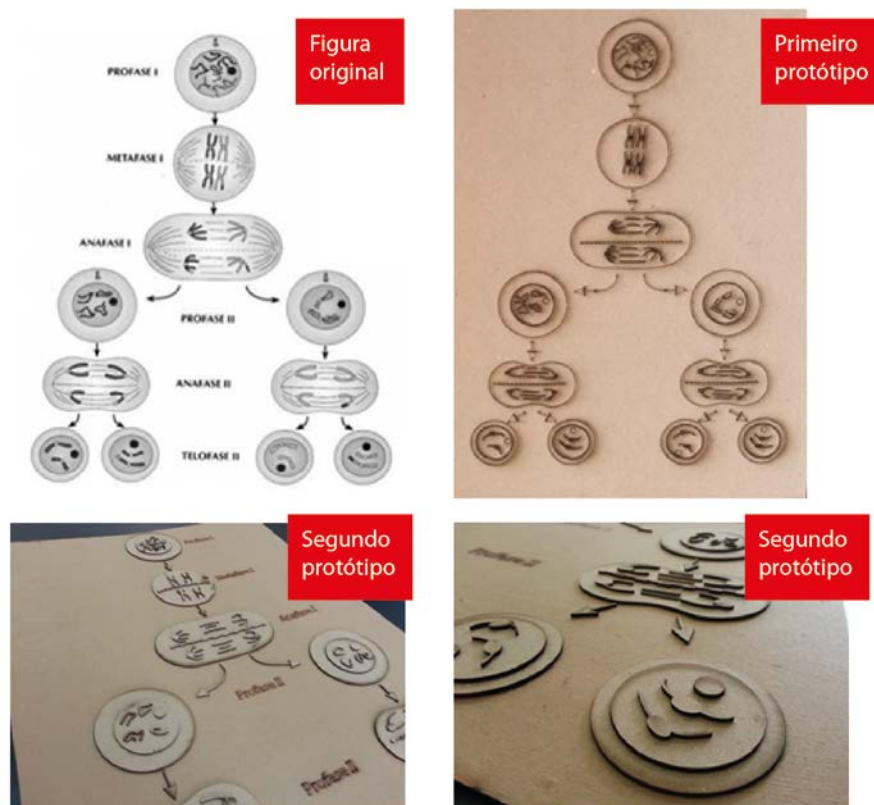
Após realizado o levantamento do perfil do usuário, partiu-se para a produção dos materiais didáticos táteis. O processo passa por uma fase de fabricação do protótipo e outra fase de prototipagem na qual o protótipo construído é testado e submetido a nova produção, se necessário. Foram desenvolvidos três recursos didáticos táteis de Biologia, sendo o primeiro uma representação do processo de meiose; o segundo, a representação da cadeia de DNA; e o terceiro, a representação de um cromossomo. Todos os materiais táteis produzidos basearam-se em imagens contidas no capítulo de código genético – conteúdo que os alunos encontram maior dificuldade, segundo a professora de Biologia do Programa Incluir.

O primeiro recurso didático foi desenvolvido a partir da representação do

processo de meiose. Inicialmente, a partir da técnica de gravação à laser via máquina CNC, foi testada a possibilidade de imprimir a imagem em baixorelevo de modo a possibilitar a leitura do usuário com deficiência visual.

No entanto, o baixorelevo ficou imperceptível, o que levou os autores a realizar nova produção visando potencializar o relevo do material. Assim, a reconstrução do material didático levou em conta as seguintes modificações: o material foi construído em camadas para poder diferenciar os objetos da figura; trabalhou-se com diferentes graus de espessuras para o leitor identificar e diferenciar elementos nos objetos; o texto concernente às etapas do processo foi gravado à laser para permitir também a leitura de usuários videntes e com baixavisão. A Figura 2 apresenta a imagem contida no recurso didático, bem como, os protótipos desenvolvidos.

Figura 2: Recurso Didático I.

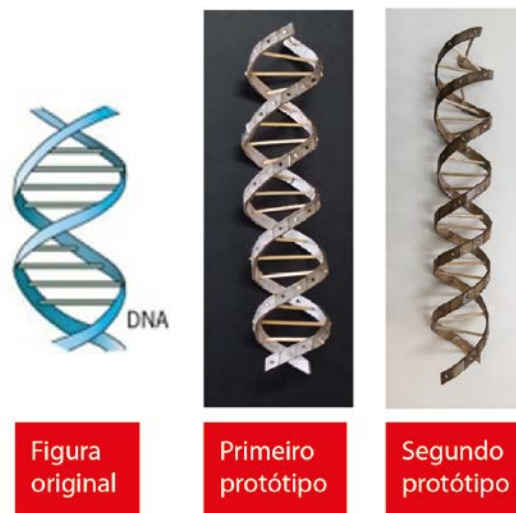


Fonte: Os Autores.

O segundo recurso didático desenvolvido refere-se à estrutura do DNA. Para isso, foram cortados dois filetes em papel Bismark e fixados com hastes de forma a construir uma hélice – figura geométrica que aproximase do DNA. Inicialmente, os dois filetes foram unidos por hastes de papel Bismark, porém a estrutura mostrou-se frágil e foi realizada a substituição desse papel por palitos de madeira roliça. Mesmo assim, a estrutura continuou frágil. Assim, o papel dos filetes foi substituído por outro mais espesso e aplicouse uma camada de resina para enrijecer a estrutura. A Figura 3 apresenta a representação da imagem do DNA original, bem como, os protótipos

desenvolvidos.

**Figura 3: Recurso Didático II.**



Fonte: Os Autores.

O terceiro recurso didático refere-se ao cromossomo. Devido às formas orgânicas encontradas nessa representação, a ideia foi reproduzir o cromossomo a partir do método de impressão 3D. Após a confecção do modelo 3D, o mesmo foi encaminhado para a produção em uma impressora 3D de baixo custo. Foram realizadas três tentativas de produção sem sucesso a parte central do cromossomo demonstrou uma estrutura frágil que comprometeu a produção do modelo 3D. Portanto, utilizou-se uma impressora 3D de melhor qualidade tecnológica, e com maior custo de confecção, para a produção do modelo 3D. A Figura 4 apresenta a representação gráfica do cromossomo, bem como, os materiais tridimensionais produzidos.

**Figura 4: Recurso didático III.**



Fonte: Os Autores.

### 3.3 Avaliação pelo Usuário

A etapa de avaliação pelo usuário é extremamente importante para o processo de desenvolvimento de produtos centrados no usuário, porque é o retorno do usuário final que vai garantir a excelência do produto. A avaliação baseouse em uma adaptação do instrumento SETT – sigla para *Student, Environment, Task, Tools*<sup>6</sup> – que serve para tomar decisões e orientar avaliações educacionais em TA. O instrumento foi desenvolvido por Zabala (1998) e considera: as necessidades dos alunos, incluindo suas deficiências e habilidades; características do ambiente, incluindo recursos didáticos disponíveis, disposição física e tecnologias e iluminação; as tarefas realizadas pelos alunos no ambiente; e as ferramentas e tecnologias que podem auxiliar o aluno no desempenho das tarefas.

As questões que compõem o instrumento são as seguintes:

- O tamanho dos recursos didático está adequado?
- Você consegue identificar os elementos que compõem este recurso?
- O material tem um toque agradável ou machuca?
- Você modificaria a espessura das camadas do material?
- Este recurso auxilia na compreensão do conteúdo?

A avaliação ocorreu no espaço do programa incluir e foram testados os três protótipos produzidos, a cadeia de DNA, o processo de meiose e o cromossomo. As perguntas foram sendo realizadas na medida em que a aluna ia experimentando os protótipos. O primeiro protótipo a ser avaliado foi o processo de meiose, conforme a Figura 5.

Figura 5: Recurso Didático I.



Fonte: Os Autores.

A aluna respondeu satisfatoriamente às perguntas relacionadas ao reconhecimento das formas da figura e da compreensão do processo da meiose. A espessura do relevo e o tamanho das figuras também obtiveram uma resposta positiva. Os nomes das etapas dos processos da meiose foram escritos tanto na linguagem verbal

<sup>6</sup> SETT em português significa Alunos, Ambiente, Tarefas e Ferramentas.



quanto no código em Braille por meio de etiquetas apropriadas sobre a base do protótipo.

O segundo protótipo avaliado foi a cadeia de DNA. A aluna ficou bastante emocionada ao sentir o modelo 3D da cadeia de DNA, conseguindo entender a forma e relatou estar muito feliz em poder conhecer a cadeia de DNA. Tanto o material, o tamanho, a forma quanto ao propósito de auxiliar na aprendizagem obtiveram resultados positivos na avaliação pela aluna. A Figura 6 apresenta a imagem da avaliação.

**Figura 6: Recurso Didático II.**



Fonte: Os Autores.

O terceiro protótipo foi o modelo 3D do cromossomo. A aluna apalpu o modelo 3D e conseguiu perceber que se tratava de um cromossomo. Tanto o material quanto à forma e o tamanho obtiveram resultados satisfatórios. A imagem da avaliação é apresentada na Figura 7.

**Figura 7: Material didático III.**



Fonte: os autores.



### 3.4 Finalização do produto

Os resultados da avaliação dos recursos didáticos táteis com a aluna não necessitaram de ajustes para a sua finalização, tanto da forma, tamanho e do material. Os três recursos desenvolvidos conseguiram cumprir com o propósito de auxiliar na aprendizagem segundo a aluna.

Portanto, os três recursos didáticos táteis avaliados já estão finalizados para disposição no acervo da Biblioteca Central da UFRGS.

## 4 Discussão

Para a identificação do problema de projeto e da necessidade de uma pessoa com deficiência é de extrema importância a pesquisa da etapa informacional. Nesta, é analisada a interação com o meio em que a pessoa com deficiência se encontra. Nesta interação se encontram as barreiras que impedem de participar plenamente da sociedade e em igualdade de condições. Portanto, é esta intervenção no meio e isto supõe atitudes e ferramentas que poderá transformar a situação de exclusão ainda vigente. Um passo importante é garantir a condição de acesso e as ferramentas adequadas, específicas às necessidades de cada pessoa com deficiência, para que lhe seja garantida a igualdade de oportunidades, de se expressar e de interagir, e desta forma, poder se beneficiar e usufruir de todas as consequências naturais desse processo (BERSCH, 2009).

Em nossa sociedade a pessoa com deficiência é ainda percebida, pelo senso comum, como um ser incapaz. A incapacidade, no entanto, é resultante da interação entre a deficiência do indivíduo, a limitação de suas atividades, a restrição na participação social e os fatores ambientais, que podem atuar como facilitadores ou se tornarem barreiras ainda maiores para a inclusão (BERSCH *et al.*, 2007).

Com base na revisão de literatura e nas etapas metodologias de projeto de produto de Back *et al.* (2008), Iida (2005) e Hersh (2010), seguindo uma abordagem centrada no usuário, foram desenvolvidos protótipos de recursos didáticos táteis a fim de auxiliar à aprendizagem de disciplinas que tenham conteúdos gráficos.

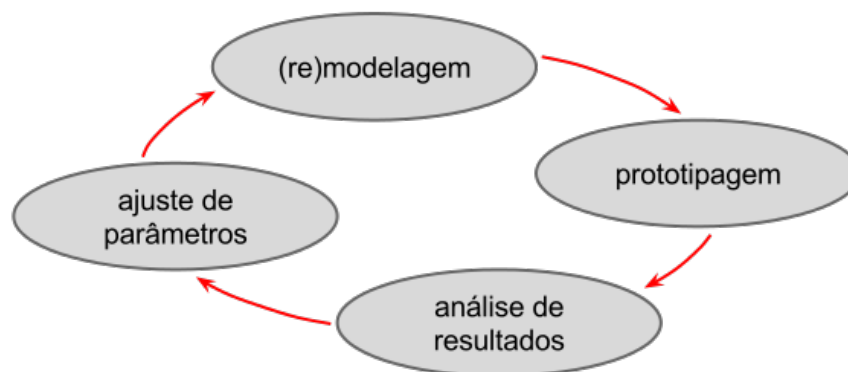
O projeto de desenvolvimento de recursos didáticos táteis se aplica a um projeto de tecnologia assistiva por auxiliar pessoas com deficiência visual a desempenhar uma atividade, o aprendizado, com o auxílio do tato, de conteúdos que contenham referências visuais. O design possibilita o desenvolvimento destes recursos didáticos táteis ou modelos em 3D através da tecnologia da fabricação digital e da prototipagem.

A fabricação digital não é um conceito recente, pois a primeira máquina CNC foi apresentada em 1952. Entretanto, a novidade está na miniaturização dos equipamentos para fabricação e na disponibilidade destes equipamentos para uma fração crescente da população – o que possibilita a qualquer indivíduo fabricar e imprimir seus próprios protótipos e produtos em qualquer lugar.

A fabricação digital mostrou-se uma excelente ferramenta de prototipagem. Durante a realização deste projeto, as etapas de prototipagem foram fundamentais na construção e adaptação do modelo projetado. A fabricação digital conferiu ao processo de design um elevado nível de agilidade e o projeto foi realizado de forma iterativa, baseado em ciclos de desenvolvimento que convergiram rapidamente para a solução

final, conforme mostra a Figura 8.

Figura 8: Material Didático III.



Fonte: os autores.

A agilidade do processo permitiu a avaliação de diferentes materiais para a confecção de diferentes materiais didáticos. A partir desta avaliação, foram determinados os ajustes necessários para a finalização dos protótipos.

## 5 Considerações Finais

Os indivíduos com deficiências ou incapacidades vivem, ainda, com dificuldades na execução de tarefas diárias e corriqueiras. No meio acadêmico, estas dificuldades se salientam com a falta de recursos auxiliares para o ensino de disciplinas que apresentam maior quantidade de informações visuais, como a Biologia. Sendo assim, faz-se necessário a elaboração de novas estratégias de aprendizagem que aumentem a autonomia do deficiente visual, no processo de estudo para ingresso em cursos superiores.

A elaboração de recursos didáticos táteis (processo de meiose, DNAs, cromossomos) por meio da fabricação digital e sistemas CAD e CAM, provaram que o produto desenvolvido a partir de preceitos do design centrado no usuário impactam ao público com deficiência, facilitando sua compreensão do conteúdo. Auxilia, também, não somente aqueles com cegueira ou baixa visão, mas também aqueles que não possuem nenhum tipo de deficiência, pois servem de objetos concretos de apoio visual tridimensional que poderá ser utilizado em qualquer circunstância de ensino.

Os recursos didáticos táteis auxiliam tanto ao aluno como ao professor de diferentes formas e medidas. Ao aluno serve como recurso específico, como ferramenta compensativa. Para o professor, como um suporte didático e uma ferramenta para produção de material formativo que servirá às necessidades de seu aluno.

Assim, os recursos didáticos táteis, podem auxiliar na promoção da inclusão de pessoas com deficiência visual ao facilitar o seu processo de aprendizagem e possibilitar o seu ingresso em universidades e instituições de ensino .

## Referências

- ANDERSON, Chris. **Makers: The New Industrial Revolution**. New York: Random House LLC, 2012.
- BACK, N.; OGLIARI, A.; DIAS, A.; SILVA, J. C. **Projeto integrado de produtos: planejamento, concepção e modelagem**. Barueri: Manole, 2008.
- BARNES C. **Disabled people in Britain and discrimination: a case for antidiscrimination legislation**. London: Hurst e Co., 1994.
- BERSCH, R. C. R. **Design de um serviço de tecnologia assistiva em escolas públicas**. Tese apresentada ao Programa de PósGraduação em Design da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2009.
- CHOI, S.H.; CHAN, A.M.M. A virtual prototyping system for rapid product development. **ComputerAided Design**, v. 36, 401–412, 2004.
- DIGIOVINE, C.; HOBSON, D.; COOPER, R. Clinical practice of rehabilitation engineering. In: COOPER, R., OHNABE, H., HOBSON, D. (Org.). **An introduction to rehabilitation engineering**. Boca Raton: USA CRC Press, 2007.
- DURSIN, Arzu Gurdal. Information design and education for visually impaired and blind people. **Procedia Social and Behavioral Sciences**, v. 46, 5568 – 5572, 2012.
- ESPINOZA, M; SCHAEFFER, L. **Uso do CAD/CAE/CAM na produção de matrizes para os processos novos**. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 2004.
- FONSECA, L.; LIMA, C. **Paralisia cerebral: neurologia, ortopedia, reabilitação**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008.
- GERSHENFELD, Neil. **How to Make Almost Anything: The Digital Fabrication Revolution**. **Foreign Affairs**, v. 91, p. 43, 2012.
- GORNI, A. A. Introdução à prototipagem rápida e seus processos. **Revista Plástico Industrial**, 230239, 2001.
- GREEN, W.; JORDAN, P. **Human factors in product design: current practice and future trends**. New York: CRC Press, 1999.
- HALLGRIMSON, B. **Prototyping and modelmaking for product design**. London: Laurence King, 2012.
- HERSH, M. The Design and Evaluation of Assistive Technology Products and Devices Part 1: Design. In: STONE H.; BLOUIN, M. (Org.). **International Encyclopedia of rehabilitation**, 2010.
- HERSH, M.; JOHNSON, M. On modelling assistive technology systems part 1: modelling framework. **Technology and Disability**, v 30, n.3, p. 251270, 2008.
- HYPPONEN H. **Handbook on inclusive design for telematics applications**. Helsinki: National Research and Development Centre for Welfare and Health, 1999.
- IBGE – **Censo Demográfico**. Resultados Preliminares da Amostra Disponível em: <<http://www.deficientefisico.com/resultadosdocenso2010feitopeloibgesobrepeessoasco mdeficiencia/>>, Acesso em: 12 jul. 2013.
- IBGE. **Censo Demográfico 2010**. Disponível em: [censo2010.ibge.gov.br](http://censo2010.ibge.gov.br)
- IIDA, I. **Ergonomia: projeto e produção**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2005.

JOHNSTONE, D. **An introduction to disability studies**. 2. ed. London: David Fulton Publishers, 2001.

LAABIDI, Mohsen, JEMNI, Mohamed, AYED, Leila Jemni Ben, BRAHIM, Hejer Ben, JEMAA, Amal Ben. Learning Technologies for People with Disabilities. **Journal of King Saud University – Computer and Information Sciences**, v. 26, 2945, 2014.

LÖBACH, B. **Design industrial: Bases para a configuração dos produtos industriais**. São Paulo: Blücher, 2000.

MALHEIROS, Tania Milca de Carvalho. **Necessidade de informação do usuário com deficiência visual: um estudo de caso da biblioteca digital e sonora da universidade de Brasília**. 305f. Dissertação apresentada no Curso de Mestrado do Programa de PósGraduação em Ciência da Informação da Universidade de Brasília, 2013.

MELLO, M. A. F. **A necessidade de equipamentos de autoajuda e adaptações ambientais de pessoas idosas dependentes vivendo na comunidade, em São Paulo**. Tese de Doutorado, Universidade Federal de São Paulo Escola Paulista de Medicina. São Paulo, 1997.

MUTHULAKSHMI, L. GANESH, A. Balaji. Biomodal based Environmental Awareness System for Visually Impaired People. Science Direct. **Procedia Engineering**, v.38, 11321137, 2012.

NISBET, P. Integrating assistive Technologies: current practices and future possibilities. **Med. Eng. Phys**, v. 18, 1932, April, 1996.

PAHL G, BEITZ W, WALLACE K, BLESSING L, BAUERT F. **Engineering design a systematic approach**. Berlin: Springer, 1996.

PIPES, A. Desenho para Designers. São Paulo: Editora Blucher. GIBSON, J. J. The Theory of Affordances. In: SHAW, R.; BRANSFORD, J. **Perceiving, Acting, and Knowing**. Hillsdale: Erlbaum, 2010.

PLOS, Ornella; BUISINE, Stéphanie; AUOSSAT, Améziiane; MANTELET, Fabrice; DUMAS, Claude. A Universalist Strategy for the Design of Assistive Technology. **International Journal of Industrial Ergonomics**, v. 42, 533541, 2012.

PROGRAMA INCLUIR. Disponível em:  
<http://www.ufrgs.br/prograd/prograd1/linksinteressantes/projetoincluirufrgs>

RAISAMO, Roope; PATOMÄKI, Saija; HASU, Matias; PASTO, Virpi. Design and evaluation of a tactile memory game for visually impaired children. Science Direct. **Interacting with Computers**, v. 19, 196–205, 2007.

ROOZENBURG N.; EKELS J. **Product design: fundamental and methods**. Chichester: Wiley, 1995.

ULRICH K,; EPPINGER S. **Product design and development**. New York: McGrawHill Higher Education, 2008.

WANG, M.; WU, F.; MA, M.; CHANG, R. A new usercentered design approach: A hair washing assistive device design for users with shoulder mobility restriction. **Applied Ergonomics**, v. 40, n. 5, p. 878886, 2009.

ZABALA, A. **A prática educativa: como ensinar**. Porto Alegre: Artmed, 1998.