

A PARTICIPAÇÃO DAS PESSOAS COM DEFICIÊNCIA VISUAL NA CRIAÇÃO DE RECURSOS PARA MUSEUS PRODUZIDOS POR MEIO DE TECNOLOGIAS 3D

THE PARTICIPATION OF VISUALLY IMPAIRED PEOPLE IN THE CREATION OF RESOURCES FOR MUSEUMS PRODUCED THROUGH 3D TECHNOLOGIES

Aline Kauffmann¹, Bach.

aline.kauffmann@ufrgs.br e <http://orcid.org/0000-0003-2417-303X>

Fabio Pinto da Silva¹, D. Sc.

fabio.silva@ufrgs.br e <http://orcid.org/0000-0001-9349-5601>

Claudia Mont'Alvão², D. Sc.

cmontalvao@puc-rio.br e <http://orcid.org/0000-0002-1048-2993>

¹ Laboratório de Design e Seleção de Materiais; UFRGS, Porto Alegre, Brasil

² Laboratório de Ergodesign e Usabilidade de Interfaces; PUC-Rio, Rio de Janeiro, Brasil

deficiência visual, impressão 3D, co-design, inclusão, museu

As tecnologias 3D vêm sendo aplicadas em recursos que ampliam o acesso das pessoas com deficiência visual aos objetos de museu. O objetivo deste artigo é discutir a importância da inclusão das pessoas com deficiência visual no projeto desses recursos. Para isso, foi realizada uma revisão de literatura sobre o acesso das pessoas com deficiência visual aos objetos de museu, a aplicação das tecnologias 3D nesse âmbito e projetos elaborados com co-participação. A inclusão das pessoas com deficiência visual nas equipes de projeto adiciona contribuições e recomendações não centralizadas na cultura visual. Os aprimoramentos resultantes dessa inclusão mostram grande potencial de aplicabilidade e devem envolver decisões desde as escalas para reprodução dos modelos até a seleção das técnicas de impressão e dos materiais. Porém, a ampliação dessa inclusão requer o desenvolvimento de ferramentas, métodos e treinamentos inclusivos.

visual impairment, 3D printing, co-design, inclusion, museum

3D technologies have been applied to resources that expand the access of people with visual impairments to museum objects. The purpose of this article is to discuss the importance of including visually impaired users in the design of these resources. To this end, a literature review was developed on the access of people with visual disabilities to museum objects, the possibilities of applying 3D technologies in this area and projects developed with co-participation. The inclusion of visually impaired people in project teams adds contributions and recommendations not centered on visual culture. The improvements resulting from this inclusion show great potential for applicability and should involve decisions from the scales for reproduction of the models to the selection of printing techniques and materials. However, expanding this inclusion requires the development of inclusive tools, methods and training.

Recebido em: 30 / 04 / 2022

Aceito em: 15 / 12 / 2022

DOI: <http://dx.doi.org/10.22570/ergodesignhci.v10i2.1760>



1. Introdução

Estima-se que no mundo exista 2,2 bilhões de pessoas com algum tipo de deficiência visual (WHO, 2020). Segundo a Pesquisa Nacional de Saúde de 2013, no Brasil, esta parcela da população corresponde a 3,6% (BRASIL, 2015b). O direito ao acesso à cultura por pessoas com deficiência visual está descrito na legislação brasileira (BRASIL, 2009, 2015a). Porém, estes cidadãos ainda encontram inúmeras barreiras ao exercício deste direito.

Museus são considerados centros essenciais de informação e conhecimento. Esses espaços são conceituados como um dos ambientes mais fundamentais para a educação e aprendizagem não formal (MIRGHADR, *et al.*, 2018), onde bens culturais são salvaguardados, estudados e apreciados (IAVELBERG, 2020; GOUVEIA, 2014).

Segundo o Conselho Internacional de Museus (ICOM, 2020), o museu é uma instituição para fins educativos, de estudo e diversão. Logo, ao não conseguir desfrutar das atrações disponíveis nesses espaços, as pessoas com deficiência visual estão sendo privadas do acesso a recursos educativos e culturais.

Para Camargo (2017), não basta assegurarmos que os estudantes com deficiência participem efetivamente da educação básica, se ao concluírem essa etapa eles irão encontrar espaços sociais excludentes.

As tecnologias tridimensionais 3D, como a digitalização e a impressão 3D, vem permitindo a elaboração de peças que, por meio da reprodução dos objetos originais, resguardam e ampliam o acesso ao patrimônio histórico-cultural (ADAMI *et al.*, 2015).

Este artigo parte da premissa de que uma peça reproduzida por meio de tecnologias 3D constitui por si um recurso que amplia as possibilidades para que usuários com características diversas de visão compreendam um objeto museológico.

Mais especificamente, as peças obtidas por meio dessas tecnologias podem ser aplicadas no desenvolvimento de recursos projetados para auxiliar as pessoas com deficiência visual na compreensão dos objetos originais (D'AGNANO *et al.*, 2015).

Ao abordar o desenvolvimento de recursos por meio da inserção dessas peças, não há a intenção de supor que estes objetos serão substitutos dos objetos de museu originais, mas um meio para possibilitar e ampliar a compreensão sobre o objeto exposto e a exposição.

A elaboração e disseminação de técnicas de impressão 3D de baixo custo e das plataformas eletrônicas de código aberto, possibilitam o desenvolvimento de recursos interativos híbridos com custo reduzido e mais acessíveis (QUERO, 2018).

No entanto, entre os estudos elaborados por meio dessas tecnologias (MONTUSIEWICZ *et al.*, 2018; D'AGNANO *et al.*, 2015) com a finalidade de auxiliar os usuários com deficiência visual, poucos incluem usuários com essas características de visão nos projetos. Quando incluídos, os usuários com deficiência visual costumam atuar como avaliadores do recurso elaborado. Desta forma, os estudos relatam apenas as críticas e sugestões apontadas por esses usuários-avaliadores, a respeito do produto ou sistema final.

A colaboração e influência das pessoas que serão os futuros usuários dos sistemas durante o desenvolvimento dos projetos está presente na ergonomia e nas abordagens de design participativo e co-design. De acordo com a definição da The International Ergonomics Association (IEA, 2021), a Ergonomia é uma ciência multidisciplinar e centrada no usuário preocupada em compreender as interações entre os seres humanos e os demais elementos de um sistema. Teoria, dados, princípios e métodos são utilizados para que tanto o bem-estar dos humanos quanto a performance do sistema sejam otimizados. (IEA, 2021).



Geralmente, em ergonomia, são adotadas abordagens de design participativo e uma potencialidade desta ciência é que ela assegura a influência dos atores do sistema no projeto (DUL et al., 2012). O design participativo é uma abordagem de design que tenta incluir ativamente as pessoas que são atendidas por meio do design no processo. Esta inclusão acontece com o intuito de auxiliar a garantir que o produto ou serviço projetado atenda às necessidades destas pessoas (SANDERS, 2006). Para Mattelmäki e Sleeswijk Visser (2011), o co-design consiste em um processo e as ferramentas de planejamento, facilitação e ajuste são desenvolvidas em uma mentalidade fundamentada na colaboração. A cocriação pode acontecer dentro de processos de co-design.

O objetivo desse artigo é discutir a importância da participação e inclusão das pessoas com deficiência visual no projeto de recursos produzidos por meio de tecnologias 3D, visando o aprimoramento na elaboração desses sistemas e o efetivo atendimento das necessidades desses usuários.

Para atingir tal objetivo foi realizada uma revisão de literatura sobre os seguintes tópicos: o acesso das pessoas com deficiência visual aos objetos de museu, a elaboração de recursos para auxiliar o acesso a esses objetos produzidos por meio de tecnologias 3D, a inclusão e participação de pessoas com deficiência visual em projetos por meio do co-design e no desenvolvimento de projetos no contexto museológico. Tais assuntos fundamentam a discussão sobre a importância, desafios e possibilidades de inclusão dos usuários com deficiência visual na elaboração de recursos produzidos por meio de tecnologias 3D.

2. O acesso das pessoas com deficiência visual aos objetos de museu

A deficiência visual corresponde à perda parcial ou total, adquirida ou congênita, da visão. Podem ser determinados dois grupos de deficiência visual: cegueira ou baixa visão. A cegueira é caracterizada pela perda total da visão ou pouquíssima capacidade de enxergar. A visão subnormal, ou baixa visão, corresponde ao comprometimento do funcionamento visual dos olhos, mesmo após correção ou tratamento (FUNDAÇÃO DORINA NOWILL, 2020).

O Decreto nº 6949/2009 promulga os termos acordados na Convenção Internacional sobre os Direitos das Pessoas com Deficiência. Ao reconhecer o direito das pessoas com deficiência de participar na vida cultural, em igualdade com as demais pessoas, o Estado brasileiro, se comprometeu, conforme expressa o decreto, em assegurar as medidas apropriadas para que as pessoas com deficiência tenham acesso aos bens culturais em formatos acessíveis (BRASIL, 2009). No entanto, apesar de o Estado brasileiro ter se comprometido, por meio destes instrumentos, em assegurar as medidas apropriadas para que as pessoas com deficiência exerçam esses direitos, elas ainda encontram inúmeras barreiras ao seu exercício.

O projeto de museus centrado na cultura visual está ligado à maioria das experiências negativas das pessoas com deficiência visual nos museus (CHEN; CHOU, 2020). As dificuldades vivenciadas por pessoas com deficiência visual para visitar museus vão desde a circulação pelas instalações do museu à inacessibilidade dos objetos expostos (ASAKAWA, 2018; VAZ *et al.*, 2018; ARGYROPOULOS; KANARI, 2015), geralmente protegidos e inacessíveis ao toque. A frustração por não poder tocar nas obras expostas é mencionada por pessoas com deficiência visual em diversos estudos (CHEN; CHOU, 2020; ASAKAWA *et al.*, 2018; ARGYROPOULOS; KANARI, 2015).

O toque é essencial para que os visitantes com deficiência visual compreendam os objetos em uma exposição. As informações sobre dimensões, textura, temperatura e umidade são essenciais para esses usuários na construção de seu conhecimento sobre o mundo exterior (CHEN; CHOU; 2020). No estudo de Handa e colaboradores (2010) sobre a acessibilidade em museus, as pessoas com deficiência visual entrevistadas consideraram a possibilidade de tocar os objetos expostos ou réplicas, a questão mais importante nas exposições. Porém, permitir que os visitantes toquem os objetos dos acervos, confronta a política de conservação dos museus (HOLLOWAY *et al.*, 2019; WILSON *et al.*, 2018; VAZ *et al.*, 2018; NEUMÜLLER *et al.*, 2014).



Apesar de encontrarmos nos estudos a apreciação de pessoas com deficiência visual por conseguirem ter auxílio de seus acompanhantes durante as visitas aos museus, a falta de autonomia é um fator recorrentemente reportado pelos participantes em estudos desenvolvidos no campo (HOLLOWAY *et al.*, 2019; ARGYROPOULOS; KANARI, 2015). As pessoas com deficiência visual estão interessadas em realizar suas visitas de modo mais autônomo e ter mais controle sobre sua experiência no museu (ASAKAWA *et al.*, 2018). O desenvolvimento de recursos capazes de possibilitar a utilização do tato e da audição para compreensão, pode permitir que as pessoas com deficiência visual desenvolvam suas explorações de modo autônomo (D'AGNANO *et al.*, 2015). Em determinadas instituições já estão disponíveis recursos elaborados para ampliar o acesso das pessoas com deficiência, por meio de reproduções dos objetos originais acompanhados de audiodescrição, como é o caso do Museu Nacional da Coreia, em Seul (Figura 1).

Figura 1 –Objetos disponíveis para o toque, acompanhadas de audiodescrição, no Museu Nacional da Coreia



Fonte: Claudia Mont'Alvão (2022)

Podemos estabelecer uma reflexão sobre as adaptações de objetos de museu utilizando a abordagem de Nuernberg (2010) sobre as adaptações de ilustrações em livros infantis. Para o autor, o grande desafio no desenvolvimento dessas adaptações está em possibilitar que a pessoa com deficiência visual estabeleça, por meio delas, as mesmas relações que os videntes estabelecem utilizando a informação disponível visualmente, atendendo assim, ao princípio de atenção às diferenças e igualdade que rege a inclusão social. Historicamente elaboramos representações simbólicas sob uma perspectiva vidente. De maneira quase espontânea, videntes aprendem a utilizar imagens bidimensionais para representar objetos em três dimensões. A percepção visual possibilita a abstração de elementos essenciais de um objeto, como ao utilizarmos o desenho de um bebê para representar um bebê, ou em três dimensões, um boneco que representa um bebê. Ao visualizar o desenho ou o boneco, uma criança vidente sabe que estes estão representando um bebê. Quando videntes enxergam um círculo contendo diversas retas ao seu redor, podem percebê-lo como um signo do Sol. No entanto, segundo o autor, para uma pessoa com cegueira, esta imagem não representa sua relação concreta com esse elemento. A associação da pessoa com deficiência visual, em relação ao sol, está relacionada às sensações cutâneas de calor e às diferenças entre ambientes cobertos e ensolarados.

As imposições visuais, naturalizadas pelos videntes, dificultam até mesmo a inclusão das pessoas com deficiência visual nos processos de criação. Para Chick (2018), é um desafio trabalhar com participantes cegos em cocriação, pois ferramentas e métodos comuns de criação são conduzidos pela comunicação visual. E apesar de algumas abordagens permitirem a modificação para incluir os usuários com visão parcial, ainda não são acessíveis aos participantes cegos.

Uma prática recorrente e absolutamente inadequada ocorre, por exemplo, em determinados projetos elaborados visando atender as pessoas com deficiência visual, e esses usuários são substituídos por videntes vendados para realizar determinadas ações, supondo que as características de interpretação serão as mesmas.

A empatia deve ter um espaço mais significativo nas metodologias de design, como design participativo e design de serviço. No entanto, esta aplicação precisa ocorrer de um modo mais profundo e sutil para evitar que a experiência dos visitantes com deficiência visual seja suposta por meio de uma perspectiva vidente (CHEN; CHOU, 2020).

Mesquita e Carneiro (2016) analisaram as medidas adotadas para promoção da acessibilidade aos visitantes com deficiência visual em vinte e oito museus localizados em Londres, Paris, Madri e Lisboa. Os museus foram selecionados devido a maior quantidade de visitantes e por terem desenvolvido medidas, mencionadas na literatura, para ampliar o acesso das pessoas com deficiência visual. Segundo as autoras, os museus analisados estavam mais propensos ao desenvolvimento de medidas para ampliar a acessibilidade aos locais do museu do que aos objetos e sua interpretação.

A importância da elaboração de recursos adaptados para as pessoas com deficiência visual, a escassez desses recursos nos museus, verificada na literatura, e a problemática da elaboração desses recursos por videntes, reforça a necessidade de aprimoramento da acessibilidade, principalmente, quanto ao acesso aos objetos e sua interpretação.

3. As Tecnologias 3D como ferramenta de auxílio ao acesso

A digitalização tridimensional consiste em registrar digitalmente as informações de um objeto. A digitalização 3D é habitualmente desenvolvida por meio da varredura de uma determinada superfície que possibilita a obtenção das coordenadas (X, Y e Z) pertencentes à superfície do objeto (CARDOSO *et al.*, 2014). Após a aquisição das coordenadas do objeto, os arquivos digitais são processados e tratados. Então é gerada uma malha 3D, que pode ser utilizada para a elaboração de réplicas por meio de processos de fabricação digital, como a impressão 3D (BALLETTI *et al.*, 2017; WILSON *et al.*, 2018).

As tecnologias de digitalização e principalmente a impressão 3D, possibilitam a reprodução dos objetos em escalas apropriadas permitindo o aprimoramento dos recursos táteis, de modo a enriquecer a experiência além dos objetos originais. Todos os usuários se beneficiam desses refinamentos. Particularmente, as pessoas que não conseguem apreciar totalmente os objetos originais, como os visitantes cegos ou idosos (NEUMÜLLER *et al.*, 2014).

Existem diversos métodos de digitalização que permitem aos pesquisadores reproduzir digitalmente os objetos. Pode ser utilizado o registro por scanner de luz estruturada, como no estudo de Montusiewicz e colaboradores (2018), onde as informações do objeto são obtidas por meio da incidência de padrões de luz, ou os dados podem ser obtidos utilizando fotogrametria, onde as informações do objeto são registradas por câmera (LOPES *et al.*, 2019). Essas técnicas podem ser utilizadas para o desenvolvimento de modelos digitais de objetos de museu (ADAMI *et al.*, 2015). Após a aquisição dos dados, os arquivos digitais são processados e tratados. Então é gerada uma malha 3D, que pode ser utilizada para a elaboração de réplicas produzidas por processos de fabricação digital, como a impressão 3D (BALLETTI *et al.*, 2017; WILSON *et al.*, 2018).

Sobre a comparação entre técnicas de digitalização, como a digitalização a laser baseada em triangulação e a fotogrametria, Balletti e Ballarin (2019) afirmam que ambas as técnicas possuem prós e contras. A aquisição pelo laser é mais estável que o levantamento fotogramétrico, considerando que este último depende de uma quantidade maior de variáveis, como a qualidade da imagem, métodos de calibração e número de pontos de controle. Ao ser realizada por usuários inexperientes, a fotogrametria pode fornecer modelos aparentemente bons, mas incorretos do ponto de vista métrico. Porém, o processo fotogramétrico é muito mais rápido,



especialmente no momento de aquisição. Os tempos de processamento de dados em laboratório, segundo as autoras, podem ser considerados similares. O processamento dura entre dois e três dias, variando conforme a capacidade do computador utilizado. Outro fator que influencia variações no tempo de aquisição e precisão é a escala dos objetos a serem digitalizados.

Apesar de técnicas mais acessíveis de digitalização ainda não permitirem a reprodução da superfície do objeto original em uma resolução fidedigna, os softwares estão amplamente disponíveis, possibilitando que uma parcela maior de educadores de museus explore a utilização destas tecnologias e ampliem as possibilidades de envolver mais visitantes (KNOCHEL *et al.*, 2018).

Quanto a impressão 3D, as origens dessa tecnologia como a conhecemos atualmente, datam da década de 80, mais especificamente quando Chuck Hull registrou a patente do processo de impressão 3D por Estereolitografia (SLA) e o arquivo em formato Standard Tessellation Language (STL) nasceu (Balletti *et al.*, 2017). As impressoras 3D fabricam as peças por meio da adição de camadas sucessivas de material. As diferenças principais nos processos de impressão estão no modo como as camadas de materiais são depositadas e nos materiais utilizados. A adição de material pode ocorrer por técnicas diversas, como por exemplo: extrusão, fotopolimerização e laminação. Os materiais podem variar entre filamentos, líquidos, pós, laminados, entre outros. (ADAMI *et al.*, 2015).

O estudo elaborado por D’Agnano e colaboradores (2015) é um exemplo das possibilidades de desenvolvimento por meio da utilização das tecnologias 3D alinhadas às demais tecnologias disponíveis. Os pesquisadores desenvolveram um dispositivo - Tooteko - que permite que os usuários obtenham conteúdos de áudios ao navegar com as pontas dos dedos por superfícies tridimensionais. Elaborado para tornar a arte mais acessível às pessoas com deficiência visual, o sistema composto por meio de um anel inteligente, uma superfície tátil impressa tridimensionalmente (contendo sensores de proximidade) e um aplicativo, detecta e realiza a leitura das etiquetas presentes em reproduções impressas, sem a utilização de fios (Figura 2). No estudo, para produção das superfícies táteis, foi utilizada a digitalização 3D por meio do escaneamento a laser e da fotogrametria.

Figura 2 - Sistema composto por anel inteligente “Tooteko”



Fonte: D’AGNANO *et al.* (2015).

Para Pantazis e Priavoulou (2017), a impressão 3D é um meio de comunicação importante entre as pessoas com deficiência visual e os videntes. A recente redução nos custos e o desenvolvimento de novas técnicas também são fatores que favorecem a utilização das tecnologias 3D. Os custos das máquinas de impressão 3D reduziram significativamente (BALLARIN *et al.*, 2018) e estão sendo elaboradas ferramentas mais acessíveis para a realização de digitalizações (ALENCASTRO *et al.*, 2019).

Apesar de essenciais para as pessoas com deficiência visual, os modelos impressos tridimensionalmente também auxiliam os videntes a compreenderem os objetos representados, principalmente, a compreensão de particularidades dos objetos (LEPORINI *et al.*, 2020). Ao considerarmos que a maioria das pessoas que enxergam perde determinado grau de visão, gradualmente, com o envelhecimento, o desenvolvimento de exposições com ênfase nas pessoas com deficiência visual poderia atender também um número mais amplo de idosos (CHEN; CHOU; 2020).

A compreensão correta de uma reprodução 3D é influenciada pelas dimensões dos detalhes da reprodução e pela qualidade do modelo tátil. Em determinados casos, detalhes, como por exemplo, os detalhes arquitetônicos podem ser muito pequenos no modelo, ou até mesmo não estarem presentes devido às suas dimensões. Esta é mais uma justificativa para que estes modelos sejam combinados com as audiodescrições, que devem fornecer aos usuários as informações que não podem ser reproduzidas por meio do modelo. Outra solução para a compreensão dos detalhes pode estar no fornecimento de modelos auxiliares para representação dos detalhes que não são compreensíveis no modelo completo (LEPORINI *et al.*, 2020; ROSSETTI *et al.*, 2018).

A utilização de peças, que tenham sido elaboradas por meio destas tecnologias, como um dos meios de troca de ideias entre os participantes, corresponde a utilização de uma ferramenta não exclusivamente visual. Logo, pode contribuir para a compreensão das possibilidades de aplicação destas tecnologias, como ferramentas em processos de co-design com pessoas com deficiência visual.

Porém, há carência de estudos que demonstrem a importância da participação das pessoas com deficiência visual, durante o projeto de recursos desenvolvidos por meio destas tecnologias, como especialistas, colaboradores ou co-designers, a fim de aprimorar esses desenvolvimentos e obter soluções efetivas.

4. A Participação e inclusão das pessoas com deficiência visual em projetos de recursos e exposições

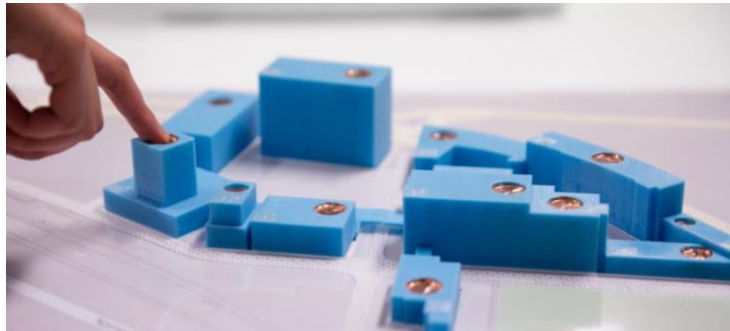
Apesar de encontrarmos trabalhos na literatura sobre a elaboração de adaptações que visam promover o acesso das pessoas com deficiência visual à cultura, essas adaptações, em sua maioria, ainda são elaboradas sob a perspectiva e experiências de pessoas videntes. A ausência de procedimentos que incluam as pessoas com deficiência visual, para além das etapas de avaliação, resulta em recursos que não proporcionam as condições necessárias para que as pessoas com deficiência visual acessem as mesmas informações que as pessoas videntes. A seguir estão descritos estudos que relatam o desenvolvimento de projetos elaborados com o auxílio de pessoas com deficiência visual. Foram selecionados trabalhos que descrevem a inclusão de pessoas com deficiência visual durante o processo de projeto até as alterações desenvolvidas após avaliações desses participantes. São pesquisas que apresentam métodos, técnicas ou estratégias, utilizadas para possibilitar a participação das pessoas com deficiência, que poderiam contribuir para o aprimoramento de projetos futuros.

No estudo Holloway e colaboradores (2018), os pesquisadores exploraram a utilização de etiquetas de áudio interativas aplicadas em modelos em escala. O mapa foi elaborado com o objetivo de informar a geografia do campus, os nomes dos edifícios e as informações essenciais sobre o que é encontrado dentro de cada local. Para isso, os autores aplicaram uma metodologia orientada ao usuário, elaborando três modelos com aperfeiçoamentos iterativos fundamentados no feedback dos participantes com deficiência visual. O primeiro modelo, por exemplo, continha etiquetas de áudio que eram ativadas constantemente durante a exploração tátil. Os participantes indicaram que apesar do feedback de áudio ser bem-recebido, eles preferiam acionar os áudios por meio de uma ação deliberada. Esse primeiro modelo também foi considerado pequeno pois era complicado para os usuários acessarem e compreenderem os caminhos, que correspondiam a espaços estreitos entre os edifícios. O segundo modelo foi elaborado com o dobro do tamanho do modelo inicial e pequenos círculos foram inseridos na parte superior dos edifícios para possibilitar o acionamento dos áudios.



Este modelo foi considerado mais eficaz. No entanto, a altura ampliada dos prédios dificultou o acesso das mãos a determinadas partes do mapa e as etiquetas ainda eram acionadas involuntariamente durante a exploração. O último e terceiro modelo elaborados (Figura 3) receberam ajustes na sensibilidade das etiquetas de áudio, possibilitando que fossem acionadas por um único toque, toque duplo ou toque longo, para permitir o acesso a vários níveis de informação.

Figura 3 - Modelo interativo III elaborado no estudo de Holloway e colaboradores (2018)



Fonte: HOLLOWAY *et al.* (2018)

Cullen e Metatla (2019) projetaram um sistema de mapeamento colaborativo de histórias, em co-design com um grupo de crianças com habilidades visuais mistas e seus educadores e assistentes. A solução produzida estava fortemente centralizada no áudio. Segundo os autores, os participantes demonstraram interesse em efeitos sonoros desde o começo da experiência. Durante a produção, as crianças que participaram do estudo estavam ansiosas para gravar e ouvir suas próprias vozes. Ao utilizarem uma caixa com materiais multissensoriais, as crianças que participavam da atividade também pensaram em adicionar experiências táteis e olfativas ao sistema em desenvolvimento (Figura 4). Os autores afirmam que é importante que grupos com habilidades mistas recebam instruções táteis e multissensoriais para promover discussões colaborativas e a geração de ideias. Como mais um elemento de promoção da multissensorialidade, os autores utilizaram frascos de odores. O uso dessa técnica foi considerado pelos autores um dos aspectos mais envolventes e colaborativos, eles relatam que os participantes gostaram do aspecto tangível e analógico deste compartilhamento.

Figura 4: Imagem do estudo de Cullen e Metatla - Co-design com crianças com habilidades visuais mistas utilizando uma caixa de material multissensorial



Fonte: CULLEN; METATLA (2019).

Ghodke e colaboradores (2019) desenvolveram um globo áudio-tátil 3D (Figura 5) em um processo de design participativo incluindo pessoas com deficiência visual. Inicialmente, foi realizada uma entrevista e observação com um participante com deficiência visual, que havia elaborado seu próprio globo adaptado. Além da entrevista também foram desenvolvidas três sessões de design participativo com este participante. Por meio da realização dessas sessões foram planejados e prototipados novos recursos para o globo até a confecção de um terceiro protótipo, que foi apresentado para mais quatro participantes com deficiência visual em uma sessão de avaliação. A sessão de avaliação também incluiu o participante das sessões iniciais. Os insights obtidos por meio desta avaliação foram utilizados para o desenvolvimento de uma última versão. As sessões de design participativo e avaliação foram gravadas em vídeo para que os autores pudessem observar as interações. O globo desenvolvido permite a compreensão de características espaciais como formas de relevo, elevações, topografia, dimensões relativas, bem como os nomes dos países e continentes. Para os autores a experiência pessoal prévia do primeiro participante, obtida com o desenvolvimento de seu globo, impactou positivamente as sessões. Bem como, a inclusão de diversas perspectivas durante o design participativo, que impulsionou a evolução dos protótipos.

Figura 5 – Globo desenvolvido em projeto participativo



Fonte: GHODKE *et al.* (2019)

Siu e colaboradores (2019) utilizaram a abordagem de design participativo para incluir pessoas com deficiência visual como co-designers. Fundamentados nas descobertas verificadas por meio do processo de co-design, os autores implementaram o shapeCAD. O sistema consiste em um ambiente de programação para modelagem 3D acessível, onde o modelo de saída é renderizado em um display de formato 2.5D (Figura 6). Para interagir com o modelo renderizado são utilizados controles deslizantes, um mouse 3D e um teclado. Os autores desenvolveram sessões de co-design com cada um dos três participantes. Os autores utilizavam as informações coletadas para elaborar e implementar novas interações para as sessões posteriores.

Figura 6 – ShapeCad



Fonte: SIU *et al.* (2019).

O estudo de Chick (2018) relata o desenvolvimento, por meio da coprodução, de uma exposição inclusiva temporária. Um grupo foi criado incluindo cinco participantes com deficiência visual e seus acompanhantes. Foram utilizadas técnicas como observação participante, entrevistas semiestruturadas e sessões de cocriação e coavaliação. Nas sessões de cocriação os participantes buscaram solucionar o questionamento central de como projetar e organizar uma exposição não permanente priorizando o acesso intelectual aos visitantes cegos e com visão parcial. O grupo considerou importante disponibilizar objetos em 3D impressos com materiais, formas e texturas diversas. Co-avaliaram a exposição dois participantes das sessões de cocriação e mais dois usuários convidados com perda de visão. O envolvimento de pessoas com deficiência visual e a natureza colaborativa da pesquisa permitiram o aprimoramento de orientações inclusivas existentes e a elaboração de novas soluções de acesso aprimoradas aos visitantes com deficiência visual. Entre as diversas soluções elaboradas pode-se destacar as mesas multissensoriais (Figura 7), os caminhos demarcados no piso até às mesas e os materiais disponíveis para o toque. Para a autora, as sessões de cocriação com usuários com deficiência visual precisam ser cuidadosamente planejadas, com a seleção de uma sala adequada, com boas instalações e iluminação além do fornecimento antecipado de materiais.

Figura 5 - Mesa multissensorial elaborada no estudo de Chick (2018)



Fonte: CHICK (2018)

Chen e Chou (2020) desenvolveram um estudo exploratório visando elaborar sugestões para o design de exposições, a fim de atender as necessidades dos usuários com deficiência visual. Por meio de uma revisão da literatura, os pesquisadores elaboraram doze questões e um experimento, utilizando miniaturas de animais marinhos e formas planas. As informações foram coletadas por entrevistas com cinco participantes com deficiência visual. Os autores sugerem a adoção do design de serviço para viabilizar a interação entre os visitantes com deficiência visual e videntes, instituindo diretrizes de pesquisa centradas no usuário com o propósito de despertar a empatia entre os visitantes. Outra medida sugerida pelos autores consiste em refinar as exposições participativas para proporcionar aos usuários com deficiência visual prazeres físico e mental, como jogos digitais com ampliação de elementos e tarefas não visuais para complementação de exposições multissensoriais. Seria fundamental inserir tecnologias inteligentes para integrar todo o museu criando uma experiência imersiva não visual. Em resumo, os autores recomendam que o projeto da exposição englobe: (1) inclusão e universalidade, (2) tecnologias imersivas e (3) o co-design com as pessoas com deficiência visual.

O estudo de Quero e colaboradores (2018) consiste em um sistema portátil, multissensorial, que utiliza modelos impressos em 3D de obras de arte. Os modelos utilizados no sistema são caracterizados como 2.5D. As diferentes partes do modelo são pintadas com tinta condutiva e conectadas à placa de controle. A caixa do sistema, onde o modelo 2.5D é anexado, possui uma série de pequenos ventiladores e orifícios que permitem que a sensação do vento seja sentida nas mãos do usuário. O sistema também possibilita que sejam conectados dispositivos para fornecer o aquecimento ou a umidificação. Ao tocar a representação 2.5D o usuário aciona a reprodução de uma audiodescrição geral, com instruções de como interagir com o sistema e explicações sobre a obra de arte. Após escutar as instruções gerais, o usuário pode acionar descrições detalhadas tocando duas vezes na parte do recurso desejada. As descrições contemplam informações sobre formas, cores e significados. A possibilidade de utilização da ventilação ou do aquecimento para acrescentar estímulos durante a exploração do modelo foi recebida com entusiasmo pelos avaliadores. Ao avaliarem a adaptação da obra “A Noite Estrelada”, de Vincent Van Gogh, os participantes indicaram que deveriam ser realizados aprimoramentos, por exemplo, para eles a sensação de calor fornecida pelo sistema foi associada com o sol pela manhã e não com o brilho das estrelas à noite. A utilização da ventilação também necessitaria de um controle de intensidade, pois foi considerada muito forte. Um dos participantes mencionou ter formado a imagem mental de uma tempestade.

As sugestões de aprimoramentos recebidas das pessoas com deficiência visual, durante a avaliação dos projetos apresentados, consistem em alterações que, em determinados casos, podem ser realizadas com certa facilidade. As técnicas disponíveis permitem a prototipagem dos sistemas e que os modelos sejam alterados, redimensionados e reimpressos com determinada rapidez. Então, se os usuários com deficiência visual estivessem inseridos como co-designers, possivelmente estas alterações seriam desenvolvidas e avaliadas novamente durante os processos de projeto e seria possível disponibilizar recursos efetivos.

5. A importância e os desafios da participação e inclusão de pessoas com deficiência visual em projetos de recursos produzidos por meio de tecnologias 3D

Quando recursos para pessoas com deficiência visual são desenvolvidos por equipes compostas exclusivamente por projetistas e usuários videntes, a prevalência da cultura e orientação visual dificultam a elaboração de soluções inclusivas, que possibilitem que os usuários com deficiência visual estabeleçam, por meio delas, as mesmas relações que os videntes constroem com as informações disponíveis visualmente.

No entanto, não basta que a participação ocorra apenas após o recurso já ter sido desenvolvido e que os usuários com deficiência visual atuem somente como avaliadores do dispositivo elaborado. Ao estabelecer a inclusão de pessoas com deficiência visual somente nas etapas finais, renuncia-se às inúmeras e singulares contribuições advindas de pessoas cuja orientação segue uma lógica não visual.

A possibilidade de desenvolvimento de projetos que atendam de maneira efetiva as necessidades das pessoas com deficiência visual, quando esses são integrados durante a elaboração do projeto, pode ser verificada na pesquisa de Holloway e colaboradores (2018). As constantes consultas aos usuários e iterações durante o desenvolvimento do projeto possibilitaram o aperfeiçoamento de diversos aspectos no modelo elaborado. Os participantes com deficiência visual forneceram retornos principalmente sobre o dimensionamento, a distribuição de elementos e o posicionamento das etiquetas de áudio.

No entanto, apesar dos esforços para elaborar projetos inclusivos com participação dos usuários com deficiência visual, o desenvolvimento de etapas de ideação e o compartilhamento de ideias ainda é comprometido, devido à escassez de ferramentas e métodos criativos que sigam uma orientação não visual.

Considerando a complexidade e as particularidades das diversas técnicas que compõem as tecnologias de digitalização e impressão 3D, é importante desenvolver um treinamento inclusivo para que todos os membros da equipe de projeto compartilhem seus conhecimentos e conheçam as possibilidades de desenvolvimento por meio dessas tecnologias e das diversas técnicas que podem ser inseridas para aprimorar o desenvolvimento de recursos.

Ampliar o acesso a ferramentas de design pode abrir um novo meio de expressão e potencial criativo às pessoas com deficiência visual, como os que já estão disponíveis para os videntes. Este desenvolvimento pode evitar que makers com deficiência visual necessitem de auxílio de videntes e isto reduza sua criatividade (SIU *et al.*, 2019). A utilização do co-design por meio da multissensorialidade, utilizada por Cullen e Metatla (2019), pode ser uma solução para a inserção dos usuários com deficiência visual no desenvolvimento de sistemas elaborados por meio de tecnologias 3D.

Não há como estimar as inúmeras possibilidades que a integração dos usuários, sejam eles pessoas com deficiência visual ou videntes, aos projetos de recursos elaborados por meio das tecnologias 3D pode oferecer. As contribuições podem ocorrer desde escolhas mais apropriadas de objetos de museu para reprodução até a seleção de técnicas de digitalização 3D para obtenção do modelo virtual. A presença desses usuários pode aprimorar as decisões desde as escalas para reprodução dos modelos até a seleção das técnicas de impressão e dos materiais.

6. Considerações Finais

Apesar do direito das pessoas com deficiência visual ao acesso à cultura e à educação estar expresso na legislação, os usuários com deficiência visual ainda são privados de usufruir de experiências educativas e culturais, como exposições em museus. O objetivo desse trabalho consistiu em discutir a importância da participação das pessoas com deficiência visual no projeto de recursos produzidos por meio de tecnologias 3D para permitir o efetivo atendimento das necessidades desses usuários. Os trabalhos selecionados por meio da revisão da literatura possibilitaram a discussão sobre a importância dessa inclusão.

O aprimoramento nos conhecimentos sobre a participação de pessoas com deficiência visual no desenvolvimento de adaptações de objetos de museu pode auxiliar os museus a ampliarem o acesso efetivo ao acervo. Esta ampliação do acesso deve permitir que mais pessoas apreciem as exposições, o que pode resultar em um impacto econômico positivo.

Mesmo que sejam inimagináveis todas as contribuições que a integração dos usuários com deficiência visual no projeto de recursos produzidos por meio de tecnologias 3D pode fornecer, esta inclusão ainda é desafiadora, pela escassez de métodos e ferramentas criativas inclusivas que atendam às necessidades das pessoas com deficiência visual.

São necessárias investigações para estabelecer diretrizes que auxiliem e aprimorem as tecnologias 3D e sua utilização em projetos em função da diversidade de usuários. Este trabalho integra uma pesquisa que estuda a inclusão de pessoas com deficiência visual na criação de uma adaptação de um objeto de museu por meio de workshops de codesign

Conforme supracitado, a participação de pessoas com deficiência visual nas equipes de projeto adiciona contribuições e recomendações não centralizadas na cultura visual. A preocupação da ergonomia em compreender as interações entre os elementos do sistema e os seres humanos, dentro da perspectiva de desenvolvimento inclusivo, por exemplo, pela abordagem de codesign, é essencial para estruturação e solução dos aprimoramentos no processo de produção de recursos para museus produzidos por meio de tecnologias 3D.

7. Referências Bibliográficas

- ADAMI, Andrea *et al.* The bust of Francesco II Gonzaga: from digital documentation to 3D printing. In: **25th International CIPA Symposium 2015**. 2015. p. 9-15. DOI: 10.5194/isprsannals-II-5-W3-9-2015
- ALENCASTRO, Yvana Oliveira *et al.* Ferramentas de digitalização 3D faça-você-mesmo na preservação do patrimônio cultural. **Interações (Campo Grande)**, v. 20, n. 2, p. 435-448, 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.20435/inter.v0i0.1744>
- ARGYROPOULOS, Vassilios S.; KANARI, Charikleia. Re-imagining the museum through “touch”: Reflections of individuals with visual disability on their experience of museum-visiting in Greece. **Alter**, v. 9, n. 2, p. 130-143, 2015.
- ASAKAWA, Saki *et al.* The present and future of museum accessibility for people with visual impairments. In: **Proceedings of the 20th International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility**. 2018. p. 382-384. DOI: <https://doi.org/10.1145/3234695.3240997>
- BALLARIN, M.; BALLETTI, C.; VERNIER, P. REPLICAS IN CULTURAL HERITAGE: 3D PRINTING AND THE MUSEUM EXPERIENCE. **International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing & Spatial Information Sciences**, v. 42, n. 2, 2018. DOI: <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-2-55-2018>.
- BALLETTI, Caterina; BALLARIN, Martina. An application of integrated 3D technologies for replicas in cultural heritage. **ISPRS International Journal of Geo-Information**, v. 8, n. 6, p. 285, 2019. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijgi8060285>
- BALLETTI, Caterina; BALLARIN, Martina; GUERRA, Francesco. 3D printing: State of the art and future perspectives. **Journal of Cultural Heritage**, v. 26, p. 172-182, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.culher.2017.02.010>
- BRASIL, Câmara dos Deputados. Lei nº 13.146, de 6 de julho de 2015. Institui a Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (Estatuto da Pessoa com Deficiência). **Diário Oficial da União**, p. 43, 2015a.
- BRASIL. Decreto nº 6.949, de 25 de agosto de 2009. Promulga a Convenção Internacional sobre os Direitos das Pessoas com Deficiência e seu Protocolo Facultativo, assinados em Nova York, em 30 de março de 2007. **Diário Oficial da União**, 2009.
- BRASIL. IBGE. **Pesquisa nacional de saúde, 2013: ciclos de vida: Brasil e grandes regiões**. Rio de Janeiro: IBGE, 2015b. Disponível em: www.biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv94522.pdf. Acesso em: 14 jun. 2020.
- CAMARGO, Eder Pires de. Inclusão social, educação inclusiva e educação especial: enlances e desenlaces. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 23, n. 1, p. 1-6, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1516-731320170010001>
- CARDOSO, Eduardo *et al.* Tecnologias tridimensionais para acessibilidade em Museus. In: **Proceedings of the XVII Conference of the Iberoamerican Society of Digital Graphics: Knowledge-based Design**, Blucher, São Paulo. 2014. p. 444-448. DOI: 10.5151/despro-sigradi2013-0085

CHEN, Han-Xing; CHOU, Wen Huei. Exploratory Design Research for the Blind and Visually Impaired Visitor in Exhibitions, **The Design Journal**, v. 23 p. 1-23, 2020.

DOI: <https://doi.org/10.1080/14606925.2020.1744257>

CHICK, Anne. Improving intellectual access in temporary exhibitions for sight loss visitors through co-creation and co-assessment. **The Design Journal**, v. 21, n. 4, p. 561-582, 2018.

DOI: <https://doi.org/10.1080/14606925.2018.1472441>

CULLEN, Clare; METATLA, Oussama. Co-designing Inclusive Multisensory Story Mapping with Children with Mixed Visual Abilities. In: **Proceedings of the 18th ACM International Conference on Interaction Design and Children**. 2019. p. 361-373.

DOI: <https://doi.org/10.1145/3311927.3323146>

D'AGNANO, F.; BALLETTI, Catherina, Guerra, F., & VERNIER, P. Tooteko: A case study of augmented reality for an accessible cultural heritage. Digitization, 3D printing and sensors for an audio-tactile experience. **The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences**, v. 40, n. 5, p. 207, 2015. DOI: 10.5194/isprsarchives-XL-5-W4-207-2015

DUL, Jan *et al.* A strategy for human factors/ergonomics: developing the discipline and profession.

Ergonomics, v. 55, n. 4, p. 377-395, 2012. DOI: 0.1080/00140139.2012.661087

FUNDAÇÃO DORINA NOWILL. **O que é deficiência?** Disponível em:

<https://www.fundacaodorina.org.br/a-fundacao/deficiencia-visual/o-que-e-deficiencia/>. Acesso em: 16 jun 2020.

GHODKE, Uttara *et al.* The cross-sensory globe: participatory design of a 3D audio-tactile globe prototype for blind and low-vision users to learn geography. In: **Proceedings of the 2019 on Designing Interactive Systems Conference**. 2019. p. 399-412.

GOUVEIA, Mário Jr. O novo museu e a sociedade da informação. **Perspectivas em Ciência da Informação**, v.19, n.4, p.81-93, 2014.

HOLLOWAY, Leona *et al.* Making sense of art: Access for gallery visitors with vision impairments. In: **Proceedings of the 2019 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems**. 2019. p. 1-12

HOLLOWAY, Leona; MARRIOTT, Kim; BUTLER, Matthew. Accessible maps for the blind: Comparing 3D printed models with tactile graphics. In: **Proceedings of the 2018 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems**. 2018. p. 1-13.

DOI: <https://doi.org/10.1145/3173574.3173772>

IABELBERG, Rosa; BIELA, Alexandra do Amaral Silva. Museu de arte e acesso à cultura: a quem é garantido o direito de efabular. *Convenit Internacional*, São Paulo, Porto: Cemoroc-Feusp/IJI-Univ. do Porto, n. 33, p. 43-54, 2020.

INTERNATIONAL COUNCIL OF MUSEUMS. **Museum Definition**. 2020. Disponível em:

<https://icom.museum/en/resources/standards-guidelines/museum-definition/>. Acesso em 07 de set. de 2020.

IEA. **What Is Ergonomics?**. International Ergonomics Association, 2021. Disponível em:

<https://iea.cc/what-is-ergonomics/>.

KNOCHEL, Aaron D.; HSIAO, Wen-Hsia; PITTENGER, Alyssa. Touching to see: Tactile learning, assistive technologies, and 3-D printing. **Art Education**, v. 71, n. 3, p. 7-13, 2018.



LEPORINI, Barbara et al. Design Guidelines for an Interactive 3D Model as a Supporting Tool for Exploring a Cultural Site by Visually Impaired and Sighted People. **ACM Transactions on Accessible Computing (TACCESS)**, v. 13, n. 3, p. 1-39, 2020.

LOPES, Jorge; JR. WERNER, Heron; AZEVEDO, Sergio Alex; JR. BRANCAGLION, Antonio. Seen Unseen 3d Visualization - 1ª ed. - Rio de Janeiro, Rio Book 's. 2019.

MATTELMÄKI, Tuuli; SLEESWIJK VISSER, Froukje. Lost in Co-X: Interpretations of Co-design and Co-creation. In: **Proceedings of the 4th Conference on Design Research**. 2011. p. 1-12.

MESQUITA, Susana; CARNEIRO, Maria João. Accessibility of European museums to visitors with visual impairments. **Disability & Society**, v. 31, n. 3, p. 373-388, 2016.
DOI: <https://doi.org/10.1080/09687599.2016.1167671>

MIRGHADR, Leila *et al.* Identification of key components of visitor education in a museum. **Museum Management and Curatorship**, v. 33, n. 3, p. 223-234, 2018.
DOI: <https://doi.org/10.1080/09647775.2018.1466192>

MONTUSIEWICZ, Jerzy; MIŁOSZ, Marek; KĘSIK, Jacek. Technical aspects of museum exposition for visually impaired preparation using modern 3D technologies. In: 2018 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON). IEEE, 2018. p. 768-773.
DOI: 10.1109/EDUCON.2018.8363308

NEUMÜLLER, Moritz *et al.* 3D printing for cultural heritage: Preservation, accessibility, research and education. In: **3D Research Challenges in Cultural Heritage**. Springer, Berlin, Heidelberg, 2014. p. 119-134.
DOI: 0.1007/978-3-662-44630-0_9

NUERNBERG, Adriano Henrique. Ilustrações táteis bidimensionais em livros infantis: considerações acerca de sua construção no contexto da educação de crianças com deficiência visual. **Revista educação especial**, v. 23, n. 36, 2010. DOI: <http://dx.doi.org/10.5902/1984686X>

PANTAZIS, Alekos; PRAVOLOU, Christina. 3D printing as a means of learning and communication: The 3Ducation project revisited. **Telematics and Informatics**, v. 34, n. 8, p. 1465-1476, 2017.

QUERO, Luis *et al.* An interactive multimodal guide to improve art accessibility for blind people. In: **Proceedings of the 20th International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility**. 2018. p. 346-348. DOI: <https://doi.org/10.1145/3234695.3241033>

ROSSETTI, V. et al. Enabling Access to Cultural Heritage for the visually impaired: an Interactive 3D model of a Cultural Site. **Procedia computer science**, v. 130, p. 383-391, 2018.

SANDERS, Elizabeth B.N. Design research in 2006. **Design research quarterly**, n. 1, p. 1-8, 2006.

SIU, Alexa F. *et al.* shapeCAD: An accessible 3D modelling workflow for the blind and visually-impaired via 2.5 D shape displays. In: **The 21st International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility**. 2019. p. 342-354. DOI: <https://doi.org/10.1145/3308561.3353782>

VAZ, Roberto; FERNANDES, Paula Odete; VEIGA, Ana Cecília Rocha. Designing an interactive exhibitor for assisting blind and visually impaired visitors in tactile exploration of original museum pieces. **Procedia computer science**, v. 138, p. 561- 570, 2018. Visually impaired children. **International Journal of Child-Computer Interaction**, v. 11, p. 3-11, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2018.10.076>



WHO. **Blindness and vision impairment**. Disponível em: <https://www.who.int/news-room/factsheets/detail/blindness-and-visual-impairment>
Acesso em 08 de jun. de 2020.

WILSON, Paul F. *et al.* Museum visitor preference for the physical properties of 3D printed replicas. **Journal of Cultural Heritage**, v. 32, p. 176-185, 2018.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.culher.2018.02.002>

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.