

# Tecnologias Tridimensionais para Acessibilidade em Museus

## Three-dimensional Technologies for Accessibility in Museums

**Eduardo Cardoso**

Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brazil  
eduardo.cardoso@ufrgs.br

**Sérgio Leandro dos Santos**

Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brazil  
sergio.santos@ufrgs.br

**Fábio Pinto da Silva**

Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brazil  
fabio.silva@ufrgs.br

**Fábio Gonçalves Teixeira**

Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brazil  
fabiogt@ufrgs.br

**Tânia Luísa Koltermann da Silva**

Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brazil  
tania.koltermann@ufrgs.br

### Abstract

New technologies for 3D scanning and digital fabrication have greatly contributed to the research and production of artifacts and accessibility services to artistic fruition in museums. Thus, this article presents the results of research conducted in the discipline of 3D Technologies of the Design Graduate Program at the Federal University of Rio Grande do Sul. The work consisted in the research, selection and employment of scanning technologies for 3D scanning of artifacts from the Museum's collection Joaquim José Felizardo - Porto Alegre - RS, for subsequent production of tactile replicates, as an example and validation of these application in this context.

**Keywords:** Accessibility, Museums, Three-dimensional scanning, Digital fabrication.

444

### Introdução

Segundo Varine-Bohan (2000, apud Sarraf, 2006), cultura é “o conjunto de soluções encontradas por um homem e pelo grupo aos problemas que lhe são colocados por seu meio ambiente natural e social”. (1987, p. 30) Assim, é preciso encontrar as soluções adequadas para desenvolver a cultura da inclusão como parte vital da missão de ambientes culturais, o que certamente irá garantir que a relação museal “homem e objeto em um cenário” respeite a diversidade e seja cada dia mais democrática.

Acerca do contexto legal, no ano de 2000, foram promulgadas duas leis específicas Nº 10.048 e Nº 10.098 que tratam da acessibilidade espacial para pessoas com deficiência, a fim de eliminar barreiras que impeçam, reduzam ou retardem a inclusão social. O Decreto nº 5296, de dezembro de 2004 regulamenta essas leis, estabelecendo um prazo de 30 meses, a partir de sua publicação, para que todos os edifícios públicos tenham boas condições de acessibilidade espacial. De acordo com estas leis, a Norma Brasileira de Acessibilidade - ABNT NBR 9050/2004 - torna-se obrigatória e seus parâmetros e critérios técnicos devem ser observados.

Ainda em relação ao contexto legal e político atual, cita-se o Decreto Nº 7.612, de 17 de Novembro de 2011 que institui o Plano Nacional dos Direitos da Pessoa com Deficiência – Plano Viver sem Limite, com a finalidade de promover o exercício pleno e

equitativo dos direitos das pessoas com deficiência, nos termos da Convenção Internacional sobre os Direitos das Pessoas com Deficiência. Assim como prevê recursos para o desenvolvimento de novas tecnologias, aprimoramento e incentivo para produção local de recursos existentes, qualificação de espaços e serviços nas mais diversas áreas, tais como na saúde, educação, cultura.

De acordo com o mesmo Decreto, são consideradas pessoas com deficiência “aquelas que têm impedimentos de longo prazo de natureza física, mental, intelectual ou sensorial, os quais, em interação com diversas barreiras, podem obstruir sua participação plena e efetiva na sociedade em igualdades de condições com as demais pessoas”.

Segundo o Censo Demográfico de 2010 (IBGE, 2011), cerca de 23,9% da população, ou seja, mais de 45.000.000 de brasileiros, possui algum tipo de deficiência, seja ela mais ou menos severa. Tal levantamento encontra-se dividido em quatro tipos de deficiência (mental/intelectual, motora, auditiva e visual).

Desta forma, não só o contexto legal quanto o demográfico refletem a premência de igualdade e integração social aos cidadãos, porém, na prática, brasileiros sofrem diariamente nas mais simples ações rotineiras. Por esses motivos, discutir, pensar e contemplar acessibilidade com responsabilidade e consciência deixou de ser uma preocupação isolada.

## Conceitos gerais sobre acessibilidade

O termo acessibilidade é bastante abrangente e não está apenas ligado a fatores físico-espaciais como distância, deslocamento, conforto, etc., mas também envolve aspectos políticos, sociais e culturais. Sabe-se que a acessibilidade está relacionada com a prática da inclusão, que se refere à possibilidade de participação das pessoas na sociedade em condições de igualdade e sem discriminação.

Para Santos (2009), seis parâmetros caracterizam um meio físico e/ou produto acessível: (I) Respeitador; (II) Seguro; (III) Saudável; (IV) Funcional; (V) Compreensível; (VI) Estético. Acatando estes indicadores será possível um acesso sem restrições e respeitador da diversidade humana.

Pastore (2001) aponta ainda que a inclusão deve ser se basear em três princípios, os quais devem ser viabilizados igualmente para todos os indivíduos: (I) autonomia; (II) Independência; (III) Equiparação de Oportunidades.

## Museus e acessibilidade

Segundo o IBRAM (2010), os museus são casas que guardam e apresentam sonhos, sentimentos, pensamentos e instituições que ganham corpo através de imagens, cores, sons e formas. Os museus são pontes, portas e janelas que ligam e desligam mundos, tempos, culturas e pessoas diferentes.

O ICOM (Comitê Internacional de Museus) apresenta uma definição elaborada em 1956, que diz que museu é um estabelecimento de caráter permanente, com a finalidade de conservar, estudar e valorizar os elementos de valor cultural, sejam eles objetos artísticos, históricos, científicos, técnicos ou biológicos. Na 20ª Assembleia Geral, realizada em 2001 em Barcelona, esta definição foi atualizada: "Instituição permanente, sem fins lucrativos, a serviço da sociedade e do seu desenvolvimento, aberta ao público e que adquire, conserva, investiga, difunde e expõe os testemunhos materiais do homem e de seu entorno, para educação e deleite da sociedade." (IBRAM, 2010).

Desta forma, a caracterização dos museus deste século qualifica-o como um espaço cultural para um público cada vez mais heterogêneo e exigente. Não basta assim a acumulação de história e tempo, tem de ser ativo na busca e satisfação das necessidades de seus usuários.

O estudo "Museus em Números" (IBRAM, 2011), revela que o Brasil, que iniciou o século XX com 12 museus, já conta, atualmente, com 3.025 instituições museais mapeadas. Destas, 1.500 responderam à pesquisa. Dos 5.564 municípios brasileiros, 1.172 possuem pelo menos um museu – uma taxa de 21,1%. A maior parte dos municípios deste universo (771) possui apenas um museu e as regiões Sudeste (1.151) e Sul (878) detêm a maior quantidade de instituições. Quanto à acessibilidade, tal estudo mostra que 50,70% dos museus são acessíveis, porém os recursos

e instalações que estes locais disponibilizam aos seus usuários limitam-se em sua maioria a rampas, sanitários adaptados, vagas reservadas e elevadores, respectivamente. Assim, praticamente não disponibilizam recursos vinculados aos conteúdos ali expostos ou mesmo projetos educativos para inclusão.

Um espaço cultural completo deve contemplar formas de receber não apenas os usuários sem deficiência, mas também as pessoas com deficiência visual, motora e/ou auditiva, com deficiência mental, déficit de aprendizagem, idosos, entre outros.

Como consequência da legislação vigente e atual conscientização acerca da acessibilidade, muitos passos foram dados em busca da defesa dos direitos das pessoas com deficiência, mesmo que ainda tenha-se muito a fazer. E, é esta a situação que os profissionais confrontam-se diariamente. E, deles, em conjunto com as Instituições e órgãos governamentais, é a responsabilidade de alterar este cenário, fazendo com que a acessibilidade seja contemplada desde a concepção de seus projetos e organização de seus acervos.

## Museu Joaquim José Felizardo

O Museu Joaquim José Felizardo, Museu Histórico da cidade de Porto Alegre, tem como sede o Solar Lopo Gonçalves, construído entre 1845 e 1855, na antiga Rua da Margem, atual Rua João Alfredo. O Museu de Porto Alegre foi criado pelo decreto 6.598 de 13 de março de 1979, como Museu Municipal para reunir acervo histórico específico sobre a cidade de Porto Alegre. Em 1993, o Museu passou a denominar-se Joaquim José Felizardo, em homenagem ao historiador e criador da Secretaria Municipal da Cultura (PORTO ALEGRE, 2012).

Segundo a Secretaria Municipal de Cultura de Porto Alegre (Porto Alegre, 2012), o Museu possui sob sua guarda três importantes acervos sobre a História de Porto Alegre: o acervo histórico, o acervo fotográfico e o acervo arqueológico.

Sobre os recursos e programas de acessibilidade, além das tecnologias empregadas no acervo fotográfico digital (disponibilizado via web), o Museu disponibiliza visitas guiadas com audiodescrição e material em dupla leitura na Exposição "O Solar que virou Museu". Tal iniciativa da gestão do Museu e da Secretaria Municipal de Cultura de Porto Alegre motivaram a parceria para realização do projeto de pesquisa e desenvolvimento iniciado na disciplina Tecnologias Tridimensionais do Programa de Pós-graduação em Design – PgDesign da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. O objetivo do trabalho compreende a pesquisa e seleção de artefatos e respectivas tecnologias para digitalização tridimensional para posterior emprego de técnicas de fabricação digital para produção de recursos físicos, tais como réplicas para manipulação nas visitas guiadas. Para tanto, foram selecionados artefatos da Exposição "O Solar que virou Museu" como objeto de estudo.

## Tecnologias Tridimensionais de Digitalização e Fabricação Digital

A digitalização tridimensional é feita geralmente através de uma varredura completa de uma determinada superfície para capturar dados, principalmente a posição de pontos pertencentes à superfície do objeto (nuvem de pontos) e a textura da superfície.

Muitas tecnologias diferentes são usadas para coletar dados tridimensionais, que podem ser classificadas: (I) Métodos com contato (mecânicos); (II) Métodos sem contato (baseados em radiação), que podem ser ativos (emitem ondas, por ex. laser) ou passivos (fontes naturais, por ex. fotografia).

Segundo Ferreira (2003), o método de digitalização 3D a laser (sistema sem contato) traz uma maior automação na aquisição de dados. Este método é baseado no princípio da triangulação, no qual um feixe de luz (laser) é projetado sobre a superfície e sensores capturam as imagens para o processamento 3D. Através de um filtro de cores RGB também é possível capturar a cor da superfície. Após ser finalizada a varredura da área de interesse, obtém-se o mapeamento ponto a ponto da superfície que pode ser exportado em arquivos com coordenadas tridimensionais dos pontos x, y, z (nuvem de pontos). Estes podem ser manipulados em softwares CAD/CAE/CAM para reconstruir as superfícies virtualmente.

Uma vez obtido um modelo virtual do objeto em estudo ele pode ser reproduzido fisicamente através das tecnologias de fabricação digital. Selhorst Junior (2008) subdivide as tecnologias de fabricação digital ou prototipagem em dois grandes grupos: prototipagem rápida aditiva (RP - *Rapid Prototyping*), que trabalham por adição de material e prototipagem rápida subtrativa (SRP - *Subtractive Rapid Prototyping*), onde os modelos são obtidos por usinagem de blocos e chapas de diversos materiais.

No entanto, atualmente, o termo fabricação digital vem se tornando mais usual a todo tipo de prototipagem de rápida execução, independente de seu processo (DVORAK, 2004).

Generalizando, todo processo de manufatura que proporcione a fabricação de objetos 3D, a partir de um modelo CAD, com o auxílio de um sistema CAM (*Computer Aided Manufacturing*), em um curto espaço de tempo (incluindo o tempo de programação CAM), pode ser considerado um processo de prototipagem rápida.

Neste contexto podem ser citados os processos de: Estereolitografia (SLA); Modelagem por Fusão e Deposição (FDM); Sinterização Seletiva a Laser (SLS); Fabricação de Objetos Laminados (LOM); Modelagem por Jatos Múltiplos (MJM); Impressão Tridimensional (3DP); Usinagem em Alta Velocidade (HSM).

A maioria dos processos de prototipagem rápida trabalha com a tecnologia de adição sucessiva de camadas bidimensionais - LMT (*Layer Manufacturing Technologies*). O modelo virtual é representado em um arquivo STL (*STereoLithography*) que é o

formato padrão na indústria para os sistemas de Prototipagem Rápida. O STL baseia-se na representação de modelos 3D como uma matriz de coordenadas de triângulos planos (faces) que permitem que o modelo seja fatiado pelos programas de operação dos equipamentos.

A prototipagem rápida subtrativa, também conhecida como usinagem, é todo o processo pelo qual a forma de uma peça é modificada pela remoção progressiva de aparas de material visando conferir à peça a forma, as dimensões ou o acabamento especificados, ou ainda uma combinação de qualquer destes três itens.

Segundo Pupo (2008), os novos métodos de usinagem não são mecânicos, mas controlados por computadores, daí a definição de CNC - *Computer Numeric Control*, normalmente associado a fresas de controle numérico. A usinagem e o modelo gerado por fresadora possuem algumas restrições geométricas, como, por exemplo, permitir somente a remoção de material que pode ser alcançado pela ferramenta, assim, alguns cantos retos internos não podem ser obtidos e a fixação de peças com paredes delgadas não é uma tarefa simples (VOLPATO, 2007).

### Materiais e Métodos

Conforme exposto anteriormente, os artefatos a serem utilizados neste trabalho foram selecionados da Exposição "O Solar que virou Museu", do Museu Joaquim José Felizardo de Porto Alegre, RS. Mais especificamente, foram selecionados cinco artefatos, quatro objetos do acervo, dos quais dois seriam utilizados para execução de réplicas táteis.

O trabalho foi dividido em cinco etapas: 1) visita ao local para pesquisa, análise e seleção dos artefatos a serem utilizados; 2) digitalização dos artefatos em campo (sistema por triangulação - Vivid 9i) e em laboratório (sistema conoscópico - Digimil 3D); pós-processamento dos dados digitalizados; 3) pré-processamento dos arquivos para fabricação digital; 4) fabricação digital (usinagem e SLA); 5) pós-processamento e finalização das peças fabricadas.

Neste trabalho serão detalhados dentre os processos de digitalização 3D, a digitalização em campo com scanner móvel e digitalização em laboratório pelo sistema conoscópico. E, dentre os processos de fabricação digital, a usinagem do artefato escova de dentes, SLA do artefato cabeça de boneca de porcelana.

### Digitalização 3D

Primeiramente foi realizado o processo de digitalização 3D em campo com emprego do scanner móvel Vivid 9i da marca Konica Minolta que funciona a laser, sem contato com os objetos, pelo princípio de medição por triangulação por um sistema de eixos X,Y,Z. Logo após, a nuvem de pontos obtida foi tratada e gerado o modelo 3D no software Geomagic Studio. A escolha da lente a ser utilizada no processo de digitalização é função da distância entre o objeto e o scanner, geralmente ficando na faixa de 500mm a

2500mm. De acordo com Silva et al (2010, p.61) “quanto maior a precisão da lente utilizada, menor será a área adquirida”. Como os artefatos digitalizados por esta técnica permitiam aproximação, foi empregada a lente tipo WIDE, que alcança a faixa de distância citada anteriormente, para a obtenção dos dados do fragmento do vaso cerâmico, da rosácea da bandeira em madeira e de uma escarradeira em cerâmica.

Para digitalização dos dois menores artefatos, a cabeça de boneca em cerâmica e da escova de dentes em marfim, foi utilizado o scanner Digimil 3D da marca Tecnodrill, instalado nas dependências do Laboratório de Design e Seleção de Materiais (LdSM) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Este equipamento, conforme descrito anteriormente, funciona por sistema conóscopico a laser, onde o *encoder* no servomotor (X,Y) captura e mede o posicionamento da máquina e a coordenada Z é medida por varredura de pontos pelo laser. Cabe salientar que para digitalizar a peça em porcelana foi necessário recobri-la com uma fina camada de pó branco opaco para não gerar falhas na nuvem de pontos em função do reflexo do objeto.

### Fabricação digital

Para fabricação digital das réplicas táteis foram selecionadas duas diferentes técnicas, a usinagem CNC e o processo de estereolitografia (SLA). Ambos os equipamentos utilizados estão instalados no Laboratório de Design Virtual e Fabricação Digital da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

O primeiro modelo executado, a escova de dentes, foi usinada em MDF em duas partes, frente e verso, para posterior colagem e acabamento (Figura 1). Para tanto foram necessários o pré-processamento, a usinagem e o pós-processamento.

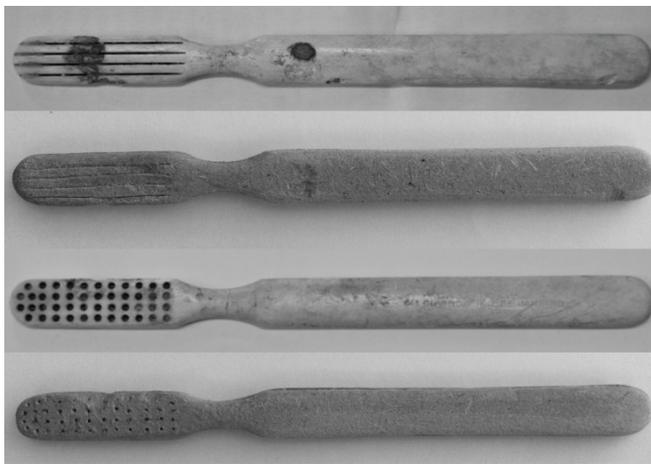


Figura 1: artefato escova de dentes original e usinado.

No pré-processamento (programação), foi utilizado software Delcam ArtCAM para criação do percurso a ser usinado. Neste software privilegiou-se o acabamento final e precisão na usinagem, trabalhando-se com ferramentas (fresas) com diâmetro reduzido (6mm para o desbaste inicial e 3mm para a usinagem).

Os passos, vertical e horizontal, também foram reduzidos, de 0,5mm a 1mm, para melhor acabamento. O pós-processamento envolveu apenas a colagem das duas partes em MDF e acabamento das mesmas.

Para geração do segundo modelo 3D, a cabeça da boneca, também foi empregado o software Geomagic Studio 10 para geração do modelo oco e com um orifício na parte interior do busto, como é originalmente o objeto. Desta forma há possibilidade de cura da matéria-prima que fica depositada na parte interior da peça e também se utiliza menos material.

O arquivo STL foi importado no software da impressora 3D V-Flash FTi 230 Desktop Modeler (3D Systems). Esta impressora cria o modelo usando a tecnologia *Film Transfer Imaging* (FTI), que deposita uma camada de resina sobre um filme retrátil que é curada por um feixe luminoso somente na parte do modelo. O modelo fica suspenso em uma plataforma acima do filme, a cada nova camada o modelo é elevado, o filme se posiciona abaixo dele, o modelo é encostado na camada de resina do filme e a resina é curada pelo feixe de luz. Para a confecção deste modelo foram utilizados 7 gramas de resina sendo 3 gramas de suporte e 4 gramas de modelo. O resultado final pode ser visto na figura 2, comparado ao modelo original.



Figura 2: artefato cabeça de boneca em porcelana original e modelo em resina.

### Discussão dos Resultados

A partir dos primeiros modelos gerados podem ser elaboradas algumas considerações. Primeiramente, pode-se discutir quais as melhores formas de disponibilização de recursos táteis. Almeida, Kastrup e Carijó (2010), em seu artigo “por uma estética tátil”, apresentam e comparam as diferentes estratégias para mediação de arte e concluem que independente da forma que estes produtos serão disponibilizados, o importante é que se tenham peças disponíveis ao toque. Assim como destacam que o problema não é que estas iniciativas falhem em reproduzir com exatidão as obras originais, mas que acabem por produzir obras que o usuário com deficiência visual tenha poucas chances de apreciar. A partir

da metodologia exposta, procurou-se pesquisar e desenvolver recursos táteis criados em suas diferentes estratégias de disponibilização para futuras análises e proposições, considerando sempre a relação conteúdo x recurso em busca de soluções mais adequadas para cada caso.

Além das aplicações descritas para transposição e mediação de acervos, muitas outras oportunidades são vislumbradas com a aplicação de tecnologias tridimensionais de digitalização e fabricação digital, tais como: concepção e desenvolvimento de obras de arte multissensoriais; reconstrução e restauro físico e virtual, etc.

Acerca dos métodos de fabricação digital, a usinagem CNC produz peças a custos razoáveis, confeccionadas em diferentes materiais, permitindo testes com boa precisão dimensional. Entretanto, para peças com pequenos detalhes justifica-se o uso de técnicas mais sofisticadas e ao mesmo tempo mais onerosas em função da qualidade e precisão do resultado final.

## Considerações Finais

Considerando que os recursos empregados são diferentes das obras originais e que são desenvolvidos de maneira diferente, necessita-se de pesquisas e avaliações para proposição de metodologias, segundo as diferentes estratégias e técnicas empregadas, para facilitar a preparação dos profissionais da área e apreciação das pessoas com deficiência visual. Neste sentido salienta-se a participação ativa do público-alvo destas pesquisas de modo que sejam adotadas abordagens centradas no usuário e não somente como uma adaptação feita a partir do entendimento de pessoas videntes ou com visão subnormal. Ou seja, a validação com usuários com deficiência é essencial para todo o processo e resultado final.

Estas metodologias e técnicas podem ser empregadas para diminuir as dificuldades encontradas no processo de produção deste tipo de recurso, além de popularizar o emprego destes nos ambientes culturais. Ao mesmo tempo em que a sua popularização faz com que tornem-se cada vez mais difundidas e viáveis financeiramente.

Desta forma, reforça-se a importância de estudos para avaliação da produção de sentido a partir do uso de modelos táteis para contribuição metodológica no desenvolvimento de tais recursos.

## Referências

ALMEIDA, M. C.; CARIJÓ, F. H.; KASTRUP, V. (2010). Por uma Estética Tátil: a adaptação de obras de artes plásticas para deficientes visuais. *Fractal: Revista de Psicologia*, v. 22 – n. 1, p. 85 – 100.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT (2004). NBR 9050:2004; Acessibilidade de pessoas portadoras de deficiências a edificações, espaço, mobiliário e equipamentos urbanos. Rio de Janeiro: ABNT.

BRASIL (2007). Convenção sobre os Direitos das Pessoas com Deficiência: Protocolo Facultativo à Convenção sobre os Direitos das Pessoas com Deficiência. Presidência da República, Secretaria Especial dos Direitos Humanos, Coordenadoria Nacional para Integração da Pessoa Portadora de Deficiência, Brasília.

BRASIL. Decreto 5.296 (2004). Regulamenta as Leis n. 10.048, de 8 de novembro de 2000 e 10.098 de 19 de dezembro de 2000, que estabelece normas gerais e critérios básicos para a promoção da acessibilidade.

BRASIL. Decreto 7.612 (2011). O qual “ Institui o Plano Nacional dos Direitos da Pessoa com Deficiência - Plano Viver sem Limite”.

DVORAK, P. (2004). Model early, model often, and pass the prototype around. *Machine Design* 55.

FERREIRA, J. (2003). Integration of reverse engineering and rapid tooling in foundry technology. *Journal of Materials Processing Technology*, 142, p.374-382.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo 2012. Disponível em <http://www.ibge.gov.br>

IBRAM - Cadastro Nacional de Museus – Ibram (2010). Museu: O que é museu? Disponível em <http://www1.museus.gov.br/ibram/pag/oquemuseu.asp>

IBRAM - Cadastro Nacional de Museus - Ibram / MinC (2011). Museus em números. Disponível em [http://www.museus.gov.br/IBRAM/doc/museus\\_numeros.pdf](http://www.museus.gov.br/IBRAM/doc/museus_numeros.pdf)

PASTORE, J. (2001). Oportunidades de Trabalho para Portadores de Deficiência. 2 ed. São Paulo: LTR.

PORTO ALEGRE. Secretaria Municipal de Cultura de Porto Alegre (2012). Espaços Culturais. Disponível em [http://www2.portoalegre.rs.gov.br/smc/default.php?preg=4&p\\_secao=19](http://www2.portoalegre.rs.gov.br/smc/default.php?preg=4&p_secao=19)

PUPO, R. T. (2008). Ensino da prototipagem rápida e fabricação digital para arquitetura e construção no Brasil: definições e estado da arte. In: *Parc*, Vol 1 No. 3, p. 1 – 19.

SANTOS, S. M. A. (2009). Acessibilidade em Museus. Dissertação de Mestrado - Curso Integrado de Estudos Pós-Graduados em Museologia. Faculdade de Letras da Universidade do Porto.

SARRAF, V. P. (2006). A inclusão dos deficientes visuais nos museus. *MUSAS -IPHAN- MINC*, 2 ed.

SELHORST JUNIOR, A. (2008). Análise comparativa ente os processos de prototipagem rápida na concepção de novos produtos: um estudo de caso para determinação do processo mais indicado. Dissertação de Mestrado. Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba.

SILVA, F. P.; DUARTE, L.C.; ROLDO, L.; KINDLEIN Jr. W.(2010). A digitalização tridimensional e sua aplicação no design de produto. *PG Design*, UFRGS, Porto Alegre, p.60-65

VOLTAPO, N. (2007) Prototipagem Rápida: tecnologias e aplicações. São Paulo: Blücher.