
INTRODUÇÃO

A fabricação convencional de produtos consiste principalmente em processos subtrativos e de conformação, onde cada peça é moldada por remoção de material; preenchimento de cavidades de moldes ou deformação plástica⁰¹ (fresagem, torneamento, injeção, estampagem, etc.). Já a fabricação aditiva é um processo de manufatura contemporâneo em que um produto é fabricado adicionando materiais, camadas por camadas até obter um volume desejado, anteriormente chamado de prototipagem rápida ou impressão 3D (GIBSON et al., 2010; UPADHYAY et al., 2016).

⁰¹ A propriedade mecânica de um corpo ser deformado por ação de uma força externa e não retornar ao seu estado original, permanecer conformado de modo permanente.

A manufatura aditiva (AM), em termos de produção, é altamente versátil, pois permite ao projetista imprimir, testar e modificar rapidamente o produto em desenvolvimento, quando comparada às técnicas tradicionais de produção que requerem um tempo maior para criar os componentes (CHUA et al., 2017).

Isto posto, uma reflexão pode ser feita a partir dos escritos de Gershenfeld (2012) quando ponderou sobre a invenção do micro-ondas na década de 1950: naquele ano, vários autores publicaram artigos que proclamavam o micro-ondas como o futuro para a cozinha e que era um objeto revolucionário, mas que não iria alterar os demais processos na cozinha. Da mesma forma, a manufatura aditiva dificilmente conseguirá substituir todos os métodos de fabricação convencional já existentes.

Desde a década de 80, a impressão 3D é usada por projetistas em empresas de diferentes portes para acelerar o processo de desenvolvimento de produtos, reduzir os custos envolvidos no processo de design e antecipar problemas relativos à fabricação. Nos últimos anos, a tecnologia da manufatura aditiva deixou de ser percebida pelas empresas apenas como um método de prototipagem rápida e passou ser assumida como um método de produção para diversas áreas do conhecimento. As principais categorias que apresentam um bom desempenho da manufatura aditiva são: automotiva, aeroespacial, médica, educacional e a prototipação. (BAXTER, 2000; EVANS, 2009; ROMEIRO, 2010; CHUA et al., 2017)

Rayna et al. (2015) defendem que o aumento da utilização de impressoras 3D se deu pela facilidade de acesso a este tipo de tecnologia e pela possibilidade de modificar a lógica do processo de formatação e modelagem do produto, além de alterar a cadeia produtiva dos artefatos. Todavia, a maior transformação dentro da manufatura aditiva não vem de como o produto é produzido e, sim de quem o está fabricando, pois, a partir dessa tecnologia, os produtos podem ser configurados em computadores pessoais, seus arquivos compartilhados pela internet e materializados através de uma impressora 3D em qualquer parte do mundo (ANDERSON, 2012).

Esse novo jeito de fabricar produtos é conhecido como "Movimento *Maker*". Um movimento que tem sua origem em 2009, com a fundação Fab Lab do programa *Center for*

Bits and Atoms do MIT. O objetivo era disponibilizar uma estrutura de suporte operacional, educacional, técnico, financeiro e logístico a cada laboratório, para que os "*makers*" (pessoas que utilizam os *fab labs*) tivessem a oportunidade de encontrar um espaço de trabalho na maioria das principais cidades do mundo. A ideia era deixar os laboratórios abertos à comunidade e criar oportunidades através da fabricação digital usando distintas tecnologias como: as impressoras 3D, as máquinas corte a laser e outras máquinas de comando numérico por computador (CNC). Todas apoiadas por softwares livres CAD (design apoiado por computador) e CAM (manufatura apoiada por computador) acessíveis para qualquer tipo de público.

Segundo esta rede mundial de Fab Labs, em 2020, existem mais de 1.750 laboratórios

associados a rede em mais de 100 países no mundo. No Brasil, estão cadastrados à rede mais de 95 laboratórios. No entanto, pela experiência de um dos autores dessa pesquisa atuando como designer em Fab Labs na Venezuela e nas cidades de Recife e Rio de Janeiro, no Brasil, a qualidade dos produtos fabricados por essa tecnologia de impressão 3D não vem sendo percebida de forma semelhante pelos usuários finais em todos os lugares e para todos os tipos de artefatos.

Essa percepção suscita que existe uma lacuna nas pesquisas realizadas dentro da AM com usuários e, que é preciso aumentar o número de trabalhos na área para estabelecer diretrizes básicas em relação aos fluxos de trabalho e metodologias. Existem amplas pesquisas em relação às peculiaridades, restrições, desempenhos técnicos e mecânicos dos diversos processos para a manufatura aditiva, no entanto, faltam procedimentos para pontuar alternativas de melhoria do processo de design, com base na satisfação do usuário final. Há também uma carência de pesquisas sobre os aspectos emocionais e percebíveis voltados para manufatura aditiva (WILSON et al., 2018; BACCIAGLIA et al., 2019; BORGIANI et al., 2019).

Uma justificativa para isso pode ser encontrada em Norman (2006), quando afirma que “a tecnologia muda rapidamente enquanto as pessoas mudam devagar, pois a interação entre humano e produto é governada por nossa biologia, psicologia, sociedade e cultura.” E, em Jordan (2002) quando

defende que “a interação com os produtos se dá através da forma, cores e propriedades táteis dos materiais e, que a emoção provocada por esse contato é uma reação motora relacionada com a satisfação do usuário quando este deseja interagir com o produto”.

Acredita-se que o entendimento de como os usuários finais percebem essa nova tecnologia pode auxiliar os projetistas de produtos em um novo processo de design mais eficiente e satisfatório.

Isto posto, o presente artigo traz um levantamento do estado da arte, dos últimos 5 anos, sobre a relação da qualidade percebida de produtos fabricados por adição com a satisfação do usuário final compondo parte da pesquisa de mestrado, em andamento, que objetiva propor diretrizes para avaliação da qualidade visual e háptica percebida de produtos utilitários fabricados por impressão 3D FDM (*fused deposition modeling*) em laboratórios independentes.

O presente artigo propõe-se ainda responder, através desta revisão sistemática da literatura, às seguintes perguntas: (1) *Como avaliar a qualidade percebida dos produtos impressos em 3D FDM?* (2) *Em quais áreas de conhecimento a qualidade percebida dos produtos impressos em 3D FDM é avaliada satisfatoriamente?*

A contribuição do trabalho fundamenta-se na delimitação e direcionamento da pesquisa de mestrado demonstrando a relevância do tema e enfatizando a lacuna do conhecimento.

REFERENCIAL TEÓRICO

MANUFATURA ADITIVA (AM) EM FAB LABS: CENÁRIO ATUAL

A AM é um dos métodos de produção que vem acompanhando a indústria 4.0⁰², e com ela traz grandes benefícios para a formatação e a produção de novos produtos, aumentando o escopo de possibilidades para os designers e projetistas criarem formas que dificilmente poderiam ser produzidas com os métodos de manufatura tradicionais. E, quando usada em conjunto com outros métodos de produção convencionais para formar uma cadeia de processo, pode reduzir significativamente os tempos e custos de desenvolvimento de produtos.

A fabricação aditiva pode tanto criar oportunidades em design, quanto gerar novas rotas de fabricação para vários produtos. Ela também pode atuar como uma ferramenta de suporte de design para apenas fornecer "recursos de personalização" com valor agregado, a fim de satisfazer as necessidades individuais dos usuários finais (CHUA, 2017; KUDUS et al., 2017).

Uma das ferramentas mais versátil na área de prototipagem e que vem acompanhando o processo de digitalização da disciplina do design é a tecnologia FDM (*fused deposition modeling*). No entanto, ainda cabem algumas perguntas para averiguar se esta tecnologia está apta a satisfazer as expectativas de qualidade do produto para o consumidor final. A tecnologia FDM é a mais utilizadas no formato de uso pessoal, seguida das impressoras SLA (estereolitografia). Ambas trabalham por adição de camadas, sendo que a primeira, funciona

02 Indústria 4.0 é um dos termos utilizados para descrever a estratégia de alta tecnologia promovida pelo governo alemão que está sendo implementada pela indústria pelo mundo. Abrange um conjunto de tecnologias de ponta ligadas à internet com objetivo de tornar os sistemas de produção mais flexíveis e colaborativos.(SANTOS et al., 2018)

através da fusão de polímeros termoplásticos⁰³, enquanto a segunda, com resinas líquidas fotossensíveis que solidificam quando expostas ao laser ultravioleta, os polímeros termofixos⁰⁴. O consumo para uso pessoal dessas impressoras vem crescendo rapidamente pela acessibilidade econômica no mercado e são as mais usuais em Fab Labs, especialmente no Brasil.

Além destas, existem outras, de porte industrial, como a SLS (*Selective laser sintering*) e a Polyjet. A SLS é compatível com uma ampla gama de materiais, como metais e termoplásticos de engenharia, incluindo Nylon. Já a Polyjet é capaz de imprimir em distintas cores através de fotopolímeros curáveis em uma bandeja de montagem, criando detalhes excepcionais, precisão e suavidade da superfície. Esse tipo de impressora é mais difícil de ser encontrada em espaços abertos de fabricação, devido ao elevado custo, embora existam alguns Fab Labs que possuem as impressoras SLS e Polyjet com acesso à comunidade.

03 É uma classe de polímeros que podem ser reciclados e reutilizados na fabricação de novos produtos.

04 É uma classe de polímeros que uma vez curados, não conseguem mais voltar ao processo de fabricação, ou seja, não recicláveis.

DESIGN DISTRIBUÍDO: CENÁRIO ATUAL E DESAFIOS

O Design Distribuído é o resultado da interseção de duas tendências globais: o Movimento *Maker* e a digitalização da disciplina de design. Essa convergência levou ao surgimento de um novo mercado, no qual indivíduos criativos têm acesso às ferramentas digitais que lhes permitem projetar, produzir e fabricar produtos ou se conectar facilmente a uma rede global de colaboradores para realizar entre si aspectos desse processo (*Distributed Design Market Plataforma*, 2018).

A fabricação de produtos e o design distribuído, desvinculados da indústria, têm a oportunidade de considerar as tecnologias e os atores totalmente livres da estrutura industrial tradicional vigente, criando um ambiente fértil à experimentação. Todavia, alguns problemas técnicos comuns já podem ser sentidos diante desta novidade em ambientes abertos: a insuficiência no tempo de pré-aquecimento da máquina, as falhas mecânicas na impressora e a geometria inadequada das peças. Para esta última, acredita-se que a competência do desenvolvedor do produto também deve ser investigada.

A novidade desse processo de criação

livre permite refletir sobre a complexidade dos processos de produção e de consumo, propondo encontrar novas realidades sociais, novos processos criativos, novos modelos econômicos e novas formas de atribuir valor aos produtos. Entretanto, neste contexto de falhas, onde os Fab Labs não possuem as mesmas especificações de máquinas e os parâmetros técnicos do equipamento podem variar, há um aumento no consumo de materiais e de energia, o que compromete os benefícios ambientais da tecnologia FDM (GRIESER, 2019).

Alguns autores da área apontam que para a criação de um artefato em fabricação aditiva é necessário o domínio de três dimensões do processo: o Software, o Hardware e os Materiais. Sendo o domínio do Software, a fase da projeção da ideia e formatação dos arquivos; o domínio do Hardware, a fase de decisão dos parâmetros de injeção da impressora 3D e por fim, o domínio dos Materiais, a fase de seleção dos polímeros. A escolha incorreta da máquina, dos parâmetros ou do material para a produção de um certo produto é uma das principais causas de falhas e custos desnecessários nos Fab Labs. (ROMEIRO et al., 2010; COSTA, 2018).

Assim, os autores desta pesquisa

acreditam que um dos desafios do design distribuído é atender as demandas de produção local da forma ágil, unificando ou criando uma linguagem comum entre os “makers” a fim de disponibilizar os arquivos para os distintos processos de produção dentro dos Fab Labs. Para tanto, a pesquisa pretende ainda compreender: *Qual o grau de domínio das três dimensões citadas acima pelos designers que atuam com o Design Distribuído cadastrados na plataforma Makerfind.org*⁰⁵?

USABILIDADE DOS PRODUTOS FABRICADO POR ADIÇÃO NA MEDIDA DA SATISFAÇÃO

A avaliação da usabilidade tornou-se uma expressão conhecida no contexto do design e da engenharia, mas, na prática, é muitas vezes vista apenas como um método de examinar e testar novos produtos antes do seu lançamento no mercado.

Enquanto conceito, a usabilidade é a medida para avaliar três princípios básicos

⁰⁵ A Makerfind.org é uma plataforma que objetiva produzir produtos distributivamente conectando usuários finais com “makers” que possuem laboratórios de fabricação digital em casa.

que os usuários esperam encontrar em um artefato: eficácia, eficiência e satisfação. A **Eficácia** refere-se à extensão na qual uma meta é alcançada ou uma tarefa é realizada; a **Eficiência** refere-se à quantidade de esforço requerido para se atingir uma meta, ou seja, quanto menor o esforço, maior é a eficiência; enquanto que a **Satisfação** trata do nível de conforto que os usuários sentem quando utilizam um produto e também o nível de aceitação do produto pelos usuários para atingir as suas metas (JORDAN, 2001; PETERS et al., 2002).

A usabilidade de um produto pode ser testada pelos usuários e, aplicada para fornecer informações úteis, e às vezes, essenciais sobre o sucesso dos produtos com o público-alvo. Os testes de uso são a fonte mais valiosa de informação sobre o desempenho de um artefato, eles podem fornecer dados de qualidade para a tomada de decisão sobre alterar um design ou mesmo fazer um novo produto (MCCLELLAND, 1990).

A AM pode ser usada direta ou indiretamente no processo de avaliação de uso. De forma direta, transforma modelos digitais em modelos físicos para serem usados como produto, no entanto, existem restrições em relação a cores, transparências e flexibilidade dos materiais. Se comparada com a manufatura tradicional, a AM é usada apenas para produção de baixa escala, pois é oneroso produzir desta forma para grandes quantidades. Por outro lado, a AM de forma indireta é utilizada para a criação de protótipos de produtos para serem testados antes da produção em massa. E assim, há

Figura 1.

Torneira Docol

Automática

Fonte: docol.com.br

uma redução significativa dos custos com os testes (CHUA, 2017).

Alguns autores defendem que a avaliação da usabilidade deve estar associada a um contexto de uso entre: usuários, tarefa, equipamento e ambiente. Quando não há uma interação adequada dentre esses elementos no sistema, pode haver perdas na percepção da qualidade. Um bom exemplo dessa relação foi o descrito por (CATECATI et al., 2018), na avaliação da usabilidade de uma torneira automática com sensor de acionamento por infravermelho, Figura 1.



Quando encontrada em prédios públicos, esta torneira apresenta sempre uma boa usabilidade, pois é fácil de usar e economiza água, sendo reconhecida por sua forma de utilização. Já a percepção da qualidade da mesma pode, no entanto, ser questionada no contexto de uma residência familiar. O seu modo de operar não permite o controle de vazão e temperatura da água. A experiência de escovar os dentes utilizando este tipo de produto é, por vezes, bastante desagradável, visto que a aproximação da escova de dente nem sempre é suficiente para acioná-lo.

Um paralelo com a usabilidade da tecnologia FDM pode ser feito pois, esta é avaliada como eficaz no contexto de fabricação de componentes e protótipos rápidos, se comparada aos métodos tradicionais de prototipagem, todavia, se escolhida como processo de fabricação de produto final, pode não ter a mesma percepção de qualidade.

Designers não são apenas preocupados com a aparência visual, mas também com as outras propriedades do produto. Os objetos não são apenas olhados isoladamente, mas são vistos em um contexto, são manuseados, tocados, às vezes também ouvidos ou mesmo provados (JORDAN, 2002)

Embora se reconheça que a usabilidade é um componente chave para garantir uma agradável experiência de uso, os elementos estéticos de um produto e as associações experienciais que os usuários atribuem a tais propriedades como forma, cor e propriedades táteis, são outros fatores que influenciam o prazer de uso de um artefato (JORDAN, op. cit).

Isto posto, acredita-se que avaliar a satisfação dos produtos fabricados por FDM através da qualidade visual e háptica percebida pode ser uma estratégia para apoiar os projetistas nesse novo movimento de fabricação de produtos.

QUALIDADE PERCEBIDA DOS PRODUTOS FABRICADOS POR ADIÇÃO NA MEDIDA DA EMOÇÃO.

As características formais de um artefato oferecem a um sujeito recursos funcionais e de usabilidade do produto, mesmo sem realizar um exame mais profundo do objeto em si. Primeiro, o sujeito elabora uma estratégia perceptiva inconsciente para verificar se o objeto, por sua concepção e características formais, pode trazer-lhe alguma emoção/benefícios (“bom/mau”, “seguro/perigoso”); depois, ele concentra sua atenção no funcional e nas características de uso (“fácil/difícil”) (PETERS et al., 2002).

Essa afirmação suscita que a qualidade percebida depende mais do que simplesmente da usabilidade do produto, uma vez que são as emoções que influenciam na tomada decisão e desempenham um papel crítico no cotidiano, atribuindo juízo de valor à escolha do que é o melhor para sobreviver. As emoções são parte dos mecanismos bio-reguladores com os quais nascemos equipados, visando à sobrevivência (NORMAN, 2004).

No campo do design, o conceito principal que está no centro do

domínio da emoção, é a 'experiência' elaborada com base em duas disciplinas proeminentes: a psicologia e a filosofia. Enquanto os relatos psicológicos estruturam o conceito de uma forma mais definida e determinada, os relatos filosóficos seguem uma abordagem mais relacional e holística (DAMÁSIO, 2000; DEMIR, 2008).

Em relação aos tipos de emoções, podem-se classificar 3 dimensões: (i) Primárias ou universais: referentes a alegria, tristeza, medo, raiva, surpresa ou repugnância; (ii) Secundárias ou sociais: referentes à embaraço, ciúme, culpa ou orgulho; (iii) Emoções de fundo: bem-estar ou mal-estar, calma ou tensão.

As emoções primárias e secundárias são facilmente detectadas visualmente através de expressões faciais. Por outro lado, detectamos emoções de fundo por meio de detalhes sutis, como a postura do corpo, a velocidade e o contorno dos movimentos, mudanças mínimas na quantidade e na velocidade dos movimentos oculares e no grau de contração dos músculos faciais. Tais emoções quando relacionadas aos produtos, permitem entender de uma forma visível e mensurável o nível de satisfação dos usuários sobre os artefatos (DAMÁSIO, 2000).

A compreensão das emoções de fundo negativas, normalmente serve como base para o estabelecimento dos requisitos ergonômicos projetuais para melhoria da usabilidade dos produtos e sistemas. Uma vez satisfeitos os requisitos de funcionalidade e usabilidade, o que se objetiva alcançar com um projeto mais afetivo são as necessidades psicológicas e sociológicas do usuário, como suas necessidades de pertencer, alcançar, ser competente e independente tornando a interação uma experiência prazerosa (HANCOCK, 2005).

As pessoas são mais do que apenas 'usuários'. Elas têm esperanças, medos, sonhos, aspirações, gostos e personalidade. Sua escolha de produtos, e o prazer ou descontentamento que os produtos lhes trazem, podem ser influenciados por estes fatores (JORDAN, 2002).

Desta forma, os autores desta pesquisa defendem que o valor atribuído a um produto está diretamente relacionado à experiência afetiva do usuário, ou seja, é a emoção que influencia nas escolhas que fazemos. Ao projetar com foco na emoção, os designers voltam

sua atenção ao usuário e ao modo como interagem e interpretam o meio físico e social. A usabilidade e a tecnologia são fatores importantes, mas sem diversão, alegria, entusiasmo, raiva, frustração e prazer nossas vidas seriam incompletas. (MARÍÑO et al., 2017)

As emoções de fundo positivas são tão importantes como as negativas para o projeto afetivo. As positivas são críticas para a aprendizagem, curiosidade, pensamento criativo, e hoje em dia, a investigação está voltada para esta dimensão. A AM tem a capacidade de promover emoções de fundo positivas, através da customização de produtos, uma vez que possibilita a personalização de um artefato e aumenta seu valor agregado.

Isto posto, podemos fazer um outro paralelo dessa evolução com o modelo da hierarquia das necessidades de Maslow⁰⁶, uma vez que as questões de utilidade, segurança e conforto tenham sido satisfeitas, o enfoque volta-se para os atributos do prazer e da individualização na busca pela autorrealização (CUNHA et al., 2020).

06 A Teoria da Hierarquia das Necessidades de Maslow relaciona o comportamento das pessoas a um conjunto de necessidades (SILVA, A. et al., 2006).

O prazer na utilização refere-se a uma condição final de experiência em que o aparecimento de emoções positivas devido à utilização do produto faz com que o cliente sinta prazer (JORDAN, 1998).

As novas tecnologias de manufatura aditiva vieram proporcionar a fabricação de pequenas séries, ou mesmo peças únicas, a custos muito reduzidos, não sendo mais necessário produzir milhares de unidades para rentabilizar o processo de desenvolvimento de um produto. A AM traz também como vantagem o poder de uma alta customização de produtos e peças sob medida, dando a possibilidade de os usuários criarem produtos junto com *designers*, engenheiros ou *makers*, o que é chamado de “co-design”.

Os objetos resultantes destes processos de personalização proporcionam um prazer acrescido ao utilizador, em particular os que nascem dos processos em que existe co-autoria, ou parceria, pois, neste caso o utilizador tem uma participação mais ativa no processo (CUNHA et al., 2020).

Como o exemplo da órtese Xkelet, ganhadora do prêmio internacional de design, Red Dot, na Alemanha, Figura 2, que substitui os gessos fétidos, desconfortáveis e que causam coceira usados para curar ossos quebrados. Estes produtos foram feitos a partir de digitalizações 3D do iPad, são leves, personalizadas e confortáveis e podem ser usadas no chuveiro para uma higiene ideal.



As novas tecnologias de prototipagem 3D estão na base de algumas das atuais abordagens ao conceito de co-design, onde o utilizador fornece elementos que vão ser usados na construção do produto com variados graus de personalização, como é o caso dos produtos das empresas Shapeways.com e Fluid Forms.com (CUNHA et al., op. cit).

No entanto, poucos usuários estão acostumados com os produtos impressos em 3D, e assim eles acabam estabelecendo relações com os objetos anteriores da mesma área. A interação com esses produtos fabricados através de um novo processo com distintos materiais trazem uma experiência nova para os consumidores.

A importância atribuída ao objeto pelo usuário e as circunstâncias de compra criam uma história dentro do repertório de conhecimento do usuário. Esta sobreposição de história ou memória prossegue através da vida do objeto, uma vez que as memórias são armazenadas através do tato e o usuário, estabelece memórias de eventos, lugares e pessoas ligadas ao objeto (ALONSO, 2015).

Na prática, os designers devem prover o equilíbrio entre as propriedades técnicas e subjetivas dos materiais, entre a tecnologia funcional e a expressividade emocional dos artefatos; entre a compreensão de uso e o afeto para atender às expectativas de seus usuários.

Figura 2.
Orteses customizada
para cada tipo
de usuário.
Fonte:
www.3dapplications.com.br, 2018

MATERIAIS E MÉTODOS

O procedimento metodológico para coleta de dados da revisão sistemática da literatura teve como base a metodologia de (FINK, 2019) que consiste em selecionar as perguntas de pesquisa; selecionar os bancos de dados bibliográficos; sintetizar os resultados; escolher termos de pesquisa; aplicar critérios práticos e metodológicos e fazer a revisão. Em seguida, foi realizada a análise aprofundada e qualitativa dos estudos mais relevantes que conseguiram aportar os conhecimentos para a pesquisa do projeto de mestrado em andamento.

A revisão sistemática da literatura é um explícito e reproduzível método para identificar, avaliar e sintetizar o estado da arte dos trabalhos produzidos por pesquisadores, acadêmicos e profissionais.

Como primeira etapa foram formuladas algumas perguntas para a revisão bibliográfica para entender o objetivo principal no momento da seleção e análises dos artigos: *Como avaliar a qualidade percebida dos produtos impressos em 3D FDM? Em quais áreas de conhecimento a qualidade percebida dos produtos impressos em 3D FDM é avaliada satisfatoriamente?*

As palavras-chave foram selecionadas a partir de dois grupos principais: (i) percepção da qualidade do produto e (ii) manufatura aditiva. No primeiro grupo foram utilizadas as palavras: *Usability / User satisfaction / End User/ emotional design / perception*; e no segundo: *3d printing / Additive manufacturing / FDM*.

Esses grupos foram cruzados gerando um total de 30 artigos, porém, 3 destes foram repetidos, totalizando 27 artigos. Estes últimos foram lidos, avaliados e classificados através dos seguintes aspectos, Tabela 1.

Palavras-Chave - Grupo 2	Palavras-chave - Grupo 1	Qtd
3d printing	Usability	2
Additive manufacturing		0
FDM		0
3d printing	User Satisfaction	0
Additive manufacturing		1
FDM		0
3d printing	End-User	7
Additive manufacturing		3
FDM		1
3d printing	Emotional design	1
additive manufacturing		0
fdm		0
3d printing	Perception	7
additive manufacturing		5
fdm		0
	Total	27

A base de dados selecionada para a consulta foi a plataforma do periódico CAPES, devido ao grande número de jornais internacionais indexados e acesso gratuito aos computadores da UFPE.

A Tabela 2 apresenta os periódicos e a quantidade de artigos encontrados resultantes do processo de busca nos bancos de dados: Doaj; Science Direct; Smerald Insight; Springer e Scopus; Ebsco host; Ieeexplore e Wiley Online Library.

Tabela 1

Cruzamento dos Grupos de palavras-chave da revisão sistemática.

Fonte: Os autores, 2020.

Periódico		Periódico		Periódico		Periódico	
Annals of Biomedical Engineering	1	Journal of Manufacturing Technology Management	1	International journal of computer assisted radiology and surgery	1	Rapid Research Letter	1
Applications	1	Materials	1	International Journal of Industrial Engineering and Management	1	Sensors	1
CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology	1	Nanoscale	1	International Journal of Legal Medicine	1	Springer Science+Business Media Dordrecht	1
Emerging Science Journal	1	computer Graphics and Applications	1	International Journal on Interactive Design and Manufacturing (IJIDeM)	1	Surgical research	1
Frontiers in Psychology	1	PLoS ONE	6	Journal of Cultural Heritage	1	Sustainability	1
International Journal of Clothing Science and Technology	1	Rapid Prototyping Journal	1				

Dos 22 periódicos encontrados, o *PLoS ONE*, um periódico predominantemente da área de saúde, chama atenção com 6 artigos relacionados ao tema desta pesquisa.

RESULTADOS

Depois de aplicada a primeira etapa do processo de revisão, um total de 27 artigos foram encontrados como resultado do processo e classificados, em uma segunda etapa, quanto a relevância para o objetivo da pesquisa, Tabela 3.

Tabela 2.

Resultado dos periódicos encontrados e a quantidade de artigos lidos e analisados em cada periódico. Fonte: Os autores, 2020.

Tabela 3

Nome do artigo encontrado, origem e o ano de publicação do artigo. Fonte: Os autores, 2020.

#	Nome	Origem	Ano
1	DNA Assembly in 3D Printed Fluidics	USA	2015
2	Cost, sustainability and surface roughness quality – A comprehensive analysis of products made with personal 3D printers	Germany / USA	2016
3	Virtual Sculpting and 3D Printing for Young People with Disabilities	UK	2016
4	Design and evaluation of a DIY construction system for educational robot kits	Belgium	2016
5	Measuring the Visual Saliency of 3D Printed Objects	Germany	2016
6	Customer perceived value for self-designed personalised products made using additive manufacturing	UK	2017
7	Printing the way to success: User entrepreneur business models in 3D printing	Austria	2017
8	Demand-Oriented Design Strategies for Low Environmental Impact Housing in the Tropics	Taiwan	2017
9	Three-dimensional reconstruction of highly complex microscopic samples using scanning electron microscopy and optical flow estimation	USA	2017
10	Facilitating surgeon understanding of complex anatomy using a three-dimensional printed model	USA	2017
11	Design of a 3D-printed, open-source wrist-driven orthosis for individuals with spinal cord injury	Italy	2018
12	Museum visitor preference for the physical properties of 3D printed replicas	UK	2018
13	Kinematic Calibration of a Cable-Driven Parallel Robot for 3D Printing	China	2018
14	Reconstruction and positional accuracy of 3D ultrasound on vertebral phantoms for adolescent idiopathic scoliosis spinal surgery	Canada	2018
15	Exploratory study on the perception of additively manufactured end-use products with specific questionnaires and eye-tracking	Italy / Chile	2019
16	Design Perceptions for 3D Printed Accessories of Digital Devices and Consumer-Based Brand Equity	China / Pakistan	2019
17	Hand Rehabilitation and Telemonitoring through Smart Toys	Italy	2019
18	Decentralized manufacturing for biomimetics through co-operation of digitization and nanomaterial design	China	2019
19	The effect of different imaging techniques for the visualisation of evidence in court on jury comprehension	UK	2019
20	One Step before 3D Printing—Evaluation of Imaging Software Accuracy for 3-Dimensional Analysis of the Mandible: A Comparative Study Using a Surface-to-Surface Matching Technique	USA	2019
21	Parametric CAD modeling for open source scientific hardware: Comparing OpenSCAD and FreeCAD Python scripts	Spain	2019
22	Fabrication of 3D printed garments using flat patterns and motifs	Republic of Korea	2019
23	An augmented reality system for image guidance of transcatheter procedures for structural heart disease	USA	2019
24	Volumetric 3D-Printed Antennas, Manufactured via Selective Polymer Metallization	Israel	2019
25	Evaluation of 3D printed mouthpieces for musical instruments	Italy	2020
26	Integrating 3D Printing Technologies into Architectural Education as Design Tools	Turkey	2020
27	Biomechanical Testing of Additive Manufactured Proximal Humerus Fracture Fixation Plates	USA	2020

Em seguida, a partir da leitura do resumo, métodos e resultados dos 27 artigos, uma amostra de 7 artigos foi selecionada como de alta relevância; 10 com moderada relevância e, 10 com baixa relevância. Os critérios para esta avaliação de relevância estão descritos no Quadro 1.

Quadro 1

Critérios para avaliação de relevância dos artigos encontrados.

Fonte: Os autores, 2020.

Relevância	Número de artigos	Descrição
Alta	7	Trabalhos referentes a medição da qualidade percebida pelo usuário em produtos físicos impressos em 3D
Moderada	10	Trabalhos referentes a qualidade do produto que envolva a manufatura aditiva, incluindo softwares
Baixa	10	Trabalhos com foco em produtos digitais e/ou que não apresentavam métodos de medição da qualidade percebida pelo usuário.

As palavras-chave do primeiro grupo que obtiveram o maior número de artigos de alta relevância foram “*End User*” e “*Perception*”, Tabela 4. Entretanto, estes artigos foram os de baixa relevância para o objetivo da pesquisa de mestrado, uma vez que tratavam da impressão 3D aplicada na área da saúde.

Palavra-chave	Número de Artigos	
	Artigos encontrados	Alta relevância
User Satisfaction	1	1
Emotional design	1	0
Usability	2	1
End-User	11	2
Perception	12	3
Total	27	7

Tabela 4

Número de artigos encontrados alta relevância por palavra-chave. Fonte: Os autores, 2020.

Os 7 artigos selecionados foram ainda categorizados por países de origem e ano de publicação, para identificar os principais centros de pesquisa que tratam desse tema no mundo e analisados na íntegra Quadro 2.

	Autores	Título	País	Ano
1	Meng, Yuke Bari, Waseem	Design Perceptions for 3D Printed Accessories of Digital Devices and Consumer-Based Brand Equity.	China / Pakistan	2019
2	Li, YalumSchmitt, Robert Lam, Myron Linke, Barbara S Voet, Henning	Cost, sustainability and surface roughness quality – A comprehensive analysis of products made with personal 3D printers.	Germany / USA	2017
3	Portnova, Alexandra Mukherjee, Gaurav Peters, Keshia Yamane, Ann Steele, Katherine	Design of a 3D-printed, open-source wrist-driven orthosis for individuals with spinal cord injury.	Italy	2018
4	Bacciaglia, Antonio Ceruti, Alessandro Liverani, Alfredo	Evaluation of 3D printed mouth-pieces for musical instruments.	Italy	2020
5	Borgianni, Yuri Maccioni, Lorenzo Basso, Demis	Exploratory study on the perception of additively manufactured end-use products with specific questionnaires and eye-tracking.	Italy / Chile	2019
6	Kudus,Ikhwan Abdul Campbell, R Ian Bibb, Richard	Customer perceived value for self-designed personalised products made using additive manufacturing.	UK	2017
7	Wilson, Paul F Stott, Janet Warnett, Jason M Attridge, Alex Smith, M Paul Williams, Mark A	Museum visitor preference for the physical properties of 3D printed replicas.	UK	2018

CONSIDERAÇÕES SOBRE AS FERRAMENTAS E TÉCNICAS UTILIZADAS PARA MEDIR QUALIDADE PERCEBIDA DO PRODUTO.

Quadro 2

Artigos de alta relevância categorizados por país de origem e ano de publicação. Fonte: Os autores, 2020.

Para responder à primeira pergunta de pesquisa que orientou esta revisão sistemática: *Como avaliar a qualidade percebida dos produtos impressos em 3D FDM?*, os artigos foram analisados a fim de identificar a recorrência das principais ferramentas e técnicas para avaliação da qualidade percebida dos produtos fabricados em impressão 3D passíveis de replicação na presente pesquisa de mestrado.

As principais ferramentas identificadas foram: Escala de Linkert; *Eyes tracking*; Análises do Diferencial Semântico e Pesquisa online através de redes sociais e Entrevistas sistemáticas e assistemáticas.

Escala de Linkert

A Escala Likert consiste em uma série de perguntas formuladas sobre o objeto de estudo pesquisado, onde os respondentes escolhem uma dentre várias opções, normalmente cinco, sendo elas nomeadas como: Concordo muito, Concordo, Neutro/indiferente, Discordo e Discordo muito.

O estudo de Kudus et al. (2016) aplicou a escala de Linkert com 10 participantes não especialistas que foram selecionadas para participar do processo criação de produto através da AM. O projeto sistematizou uma série questões medidas através da escala

de Linkert e entregues aos participantes durante o processo de desenvolvimento do produto. Os elementos para avaliação foram os seguintes: Atributo de design; Valor do produto; Atividades de Co-design; Elementos prazerosos; Atributos sobre a customização, valor percebido dos produtos personalizados impressos em 3D e disposição de compra.

Eyes tracking

A ferramenta *Eyes tracking* objetiva identificar a trajetória do que o usuário está visualizando para obter os dados em relação às emoções do participante, através de *insights* como diâmetro da pupila, movimentos faciais, dentre outros.

O trabalho de Borgianni et al., (2019) comparou através da ferramenta *Eyes tracking*, e usando o software (Tobii Pro Studio)

o comportamento dos usuários para contrastar a percepção da qualidade visual do produto entre os artefatos fabricados através de manufatura tradicional e as réplicas utilizando a tecnologia FDM.

Já o estudo de Wang (2020) utilizou a ferramenta *Eyes tracking* para comprovar se os produtos fabricados de forma aditiva, impressos em 3D, chamavam mais a atenção que os produtos em 2D impressos em uma folha de papel.

Análise do Diferencial Semântico

A ferramenta do Diferencial Semântico consiste em aplicar um número de variáveis em pares de adjetivos que poderiam descrever a sensação de um objecto a partir de um ponto de vista emocional. A escala semântica é uma ferramenta que pode ser criada de distintas formas, seja a partir da prática

teórica e pesquisas anteriores por definição ou através de definição indutiva do público-alvo em alguns casos usando múltiplas abordagens (PETERS et al., 2002).

No estudo de Wilson et al. (2018) sobre a preferência de réplicas de peças em museus impressas em 3D, foi utilizada a ferramenta de análises semântico para entender, a partir das expressões dos participantes, as propriedades físicas dos objetos impressos em 3D. Este experimento optou pela análise semântica e criação de categorias para levantar dados relevantes sobre a preferência do usuário. O experimento concluiu que existe uma carência geral de pesquisa sobre as propriedades físicas das impressões em 3D.

Abordagem de pesquisa online através de redes sociais

A pesquisa online funciona para conseguir uma amostra consideravelmente grande em relação a número de participantes e, ao mesmo tempo, acompanhar os mesmos participantes por um período

maior. Esta ferramenta apresenta um baixo custo para os pesquisadores.

O estudo conduzido por Meng et al. (2019) usou essa ferramenta para entender os efeitos diretos das três dimensões (visual, funcional, háptico) na percepção de acessórios de celular impressos em 3D sobre a CBBE (*customer-based brand equity*). O estudo apoiado com a rede social WeChat conseguiu manter 535 participantes distintos e aplicar os questionários com escalas empiricamente estabelecidas. Os resultados foram processados através da ferramenta *Cronbach's Alpha*.

Entrevistas sistemáticas e assistemáticas

As entrevistas sistemáticas e assistemáticas foram as ferramentas de maior recorrência nos artigos e aplicadas para levantar dados macro e subjetivos sobre a percepção dos usuários. Normalmente, utilizadas para obter um conhecimento geral do assunto e, em alguns estudos, elaborar o protocolo de pesquisa aplicando as ferramentas apresentadas anteriormente.

CONSIDERAÇÕES EM RELAÇÃO A QUALIDADE PERCEBIDA DO PRODUTO EM DIVERSAS ÁREAS DO CONHECIMENTO

Para responder a segunda pergunta da pesquisa: *Em quais áreas de conhecimento a qualidade percebida dos produtos impressos em 3D FDM é avaliada satisfatoriamente?* os artigos foram organizados como descrito na Tabela 5.

Área de conhecimento	Número de artigos	Número de artigos relevante
Arquitetura	1	0
Cultura	2	1
Educação	3	0
Marketing	3	0
Design	4	3
Engenharia	4	1
Saúde	10	1

Engenharia

O estudo conduzido por Li et al. (2017) objetivou identificar o melhor processo AM aplicado em impressoras pessoais em termos de custo, sustentabilidade, rugosidade superficial e percepção humana. O estudo concluiu que a tecnologia Polyjet alcançou as melhores classificações em todas as avaliações hedônicas, háptica e visuais, entretanto essa tecnologia possui os mais altos custos de fabricação e impacto ambiental.

Já o resultado utilizando a tecnologia SLA apresentou uma classificação média em avaliações táteis e visuais, entretanto o material

Tabela 5

Número de Artigos
de alta relevância
organizados segundo a
área de conhecimento.
Fonte: Os autores, 2020.

foi significativamente mais apreciado na sensação hedônica. E por fim, em relação a tecnologia FDM, concluiu-se que, contudo, a tecnologia obteve a pior classificação geral, mesmo os produtos sendo fabricados com os menores custos e impacto ambiental. O peso leve dos produtos devido à baixa densidade da estrutura interna da peça contribuiu não apenas para a apreciação hedônica dos avaliadores e, também significativamente para a sustentabilidade ambiental.

Design

O objetivo do estudo de Kudus et al. (2016) foi descobrir como o processo de formação e fabricação de artefatos através da manufatura aditiva aumentava o valor dos projetos personalizados de produtos de consumo. Depois do experimento com os participantes concluiu-se que usuários são capazes de considerar um valor adicional para a produção de um produto sob medida e que foi adaptado às suas preferências individuais. O estudo indica que este valor adicional estava associado à forma da experiência de personalização e dos benefícios do produto para os usuários finais. Todavia, concluiu-se que os usuários não estão

dispostos a pagar pelo preço da customização que demanda a impressão 3D.

O trabalho de Borgianni et al. (2019) classificou os aspectos perceptíveis ativados quando um usuário observa um objeto fabricado com FDM quando comparado ao mesmo objeto fabricado por tecnologias tradicionais. A ferramenta eyes tracking foi usada para entender as limitações e vantagens da FDM em relação ao valor, apreciação do cliente e reações emocionais que orientam o desenvolvimento de novas ferramentas de design, especialmente adaptados aos produtos de uso final.

Como conclusão, as deficiências funcionais do FDM não dão origem a repercussões proporcionais em termos de atratividade dos produtos. Em outros termos, não é necessário melhorar esta tecnologia FDM para torná-la comparável às tradicionais, a fim de atingir um nível equivalente de atração. Entretanto, essas deficiências devem ser levadas em conta no Design para Manufatura Aditiva (DfAM), pois a escolha do uso de uma tecnologia AM resultou em algumas limitações no nível perceptível que não podem ser desconsideradas quando os produtos de uso final estão em desenvolvimento.

Saúde

O estudo de caso conduzido por Portnova et al. (2018) objetivou avaliar a relação dos aspectos de acessibilidade, customização, qualidade e funcionalidade de órteses através da sua fabricação na tecnologia FDM. O estudo concluiu que a impressão 3D possui o potencial de aumentar a acessibilidade de soluções médicas, diminuir o tempo em que os médicos gastam na fabricação e aumentar a disponibilidade de órteses confortáveis e esteticamente atraentes para adultos. A impressão 3D pode ainda fornecer soluções de órteses para populações pediátricas e outros grupos com limitações.

Cultura

O trabalho desenvolvido por Bacciaglia et al. (2020) objetivou avaliar as vantagens e desvantagens relacionadas com a aplicação da AM na produção de peças para instrumentos musicais, e fez uma comparação entre a fabricação tradicional e a AM, com base em diferentes aspectos de qualidade do produto e fabricação. Como conclusão, os participantes perceberam a tecnologia SLA como a melhor solução de fabricação AM. O estudo aponta que a estrutura porosa das

peças impressas em FDM não garante uma boa qualidade de som nos testes realizados.

De maneira mais ampla sobre fabricação aditiva, o estudo defende que a AM oferece uma alta capacidade de personalização e com uma boa relação custo x benefício para produtos de séries de baixa produção. Os componentes para os instrumentos musicais obtidos usando a tecnologia SLA apresentaram um design preciso, uma boa seleção de materiais e som semelhante aos bocais comerciais.

Numa pesquisa feita para o *Museum of Natural History* da Universidade de Oxford, Wilson et al. (2018) tiveram por objetivo explorar a experiência dos visitantes a respeito da sensação háptica em réplicas impressas em 3D. O estudo avaliou a preferência do usuário pelas propriedades físicas das esculturas produzidas com manufatura aditiva e fez uma relação entre a qualidade háptica percebida com o custo do produto percebido como os aspectos mais importante para a preferência do usuário para eleger um tipo de tecnologia. Como resultado, o estudo conclui que as impressões de maior qualidade e maior realismo nas peças originais tiveram uma preferência muito maior do que outras modalidades de impressão, como a FDM.

Marketing

Na pesquisa de Meng et al. (2019) foi estudado o impacto de acessórios de celular impressos em 3D com a percepção no conceito *consumer-based brand equity* (CBBE). O estudo conclui que a percepção do design visual não melhora significativamente a marca baseada no consumidor, em outras palavras, a customização do produto não é suficientemente relevante para aumentar a percepção visual do consumidor.

Os resultados desse estudo incitaram mais duas questões.

Primeiro, se os compradores estão mais preocupados com os acessórios de suporte funcionais e de fácil uso do que os acessórios predominantemente estéticos? E segundo, se os usuários preferem a função de proteção e bom funcionamento dos acessórios sobre a customização de acessórios de telefone impressos em 3D?

Educação

Existe a premissa de que a utilização dos modelos impressos em 3D apoia a lógica do design e melhora a compreensão profunda da percepção espacial entre os estudantes.

O estudo proposto por Boumaraf (2020) examinou o impacto da impressão 3D e de softwares CAD na percepção espacial de estudantes de arquitetura. Como resultado percebeu-se que a educação em design arquitetônico pode se beneficiar da integração da impressão 3D na estrutura de aprendizagem. Na mesma linha, o estudo conseguiu verificar que a impressão 3D FDM melhorou efetivamente a cognição e percepção espacial dos alunos e pode ser uma ferramenta útil de ensino.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como resultado final, acredita-se que o objetivo do artigo foi alcançado no que tange à compreensão do estado da arte do tema da pesquisa de mestrado. Chama-se a atenção para o fato de que dos 7 artigos classificados como de alta relevância, 5 afirmam que existe uma lacuna nas pesquisas realizadas na área de AM sobre a satisfação dos usuários e que, é preciso aumentar o número de investigações para estabelecer diretrizes básicas em relação aos fluxos de trabalho e metodologias aplicadas a esse novo processo de fabricação de artefatos. Isto se caracteriza como uma importante descoberta e sustenta o pressuposto prático de que existe uma lacuna no conhecimento das melhores práticas para fabricação de produtos impressos 3D em Fab Labs.

Outro achado importante foi o fato de que embora existam poucos estudos sobre a qualidade percebida de produtos físicos impressos em 3D, estes estão dispostos em áreas diversas com resultados distintos, pois dependendo da área do conhecimento, a aceitação pelos usuários varia entre extremos.

A análise técnica dos artigos nas áreas das engenharias sugere que existe um contraste entre a literatura clássica sobre qualidade do produto e a qualidade percebida dos produtos impressos em 3D pelos usuários. A tecnologia FDM foi sempre a alternativa pior avaliada dentro das distintas tecnologias de manufatura aditiva nos estudos onde os usuários avaliaram a preferência entre os métodos tradicionais de fabricação e a manufatura aditiva com amostras de produtos utilitários.

Por outro lado, os casos mais satisfatórios da impressão em FDM foram àqueles em que a tecnologia trouxe uma evolução disruptiva. No caso das órteses, por exemplo, existia uma diferença significativa entre os processos de fabricação manuais e os materiais usados anteriormente (gesso e fibra de vidro) e os processos computadorizados e os materiais poliméricos da tecnologia FDM.

Isto posto, pode-se destacar a importância de entender em profundidade a área do conhecimento onde o produto físico será inserido, pois, a partir dessa compreensão a percepção da qualidade pode ser melhorada. Alguns estudos também descartaram

a possibilidade de os usuários preferirem pagar mais por um objeto customizado fabricado através de FDM do que por um objeto fabricado em série através do processo de injeção.

Contudo, considerando o crescimento exponencial da AM e o baixo número de trabalhos encontrados nesta pesquisa bibliográfica, pode-se concluir que a engenharia investe no desempenho técnico da tecnologia FDM e faltam pesquisas que confirmem a aceitação desses produtos, especialmente, em espaços abertos de fabricação. Ao mesmo tempo que diante do vasto escopo teórico da AM, criar uma sentença a partir de poucos resultados em áreas abrangentes e complexas seria uma prática pouco relevante.

Conclui-se que os estudos encontrados ainda são insuficientes para aferir a qualidade percebida do produto com a tecnologia FDM e a pergunta: *"Em que medida a impressão 3D FDM é uma tecnologia suficientemente capaz de fabricar produtos utilitários através do processo de design distribuído que cumpram com os mínimos parâmetros de satisfação do usuário?"* continuará sendo a questão norteadora da presente pesquisa de mestrado.

AGRADECIMENTOS

Os autores deste trabalho agradecem ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) pelo suporte financeiro, vindo através de uma Bolsa de Mestrado Acadêmico.

REFERÊNCIAS

Connecting Makers and Designers - Distributed Design Market Platform. [s.d.].

Disponível em: <<https://distributeddesign.eu/>>. Acesso em: 7 out. 2020.

ALONSO, C. The narrative of Craft: Digital capabilities within traditional stories. **2015 Internet Technologies and Applications, ITA 2015 - Proceedings of the 6th International Conference**, 2015. n. April, p. 520–523.

ANDERSON, C. **Makers: The new industrial revolution.** 1. ed. New York: Crown Business, 2012.

BACCIAGLIA, A., CERUTI, A., LIVERANI, A. Evaluation of 3D printed mouthpieces for musical instruments. **Rapid Prototyping Journal**, 2019. v. 26, n. 3, p. 577–584.

BAXTER, M. **Projeto de Produto: guia prático para o design de novos produtos.** 2. ed. São Paulo: Editora Blucher, 2000.

BORGIANI, Y., MACCIONI, L., BASSO, D. Exploratory study on the perception of additively manufactured end-use products with specific questionnaires and eye-tracking. **International Journal on Interactive Design and Manufacturing**, 2019. n. 0123456789. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s12008-019-00563-w>>.

CATECATI, T. *et al.* Métodos para a avaliação da usabilidade no design de produtos. **DAPesquisa**, 2018. v. 6, n. 8, p. 564–581.

- CHUA, C. K., WONG, C. H., YEONG, W. Y. **Standards, Quality Control, and Measurement Sciences in 3D Printing and Additive Manufacturing**. London: Matthew Deans, 2017.
- COSTA, C., PELEGRINI, A. **Design Distribuído**: novas práticas e competências para o design. Joinville: [s.n.], 2018.
- CUNHA, J., PROVIDÊNCIA, B. **PERCURSOS DO DESIGN EMOCIONAL**. 2C2T-Lab. ed. Guimarães: 2C2T - Lab, 2020.
- DAMÁSIO, A. **O mistério da consciência do corpo e das emoções ao conhecimento de si**. 2da. ed. São Paulo: SCHWARCZ LTDA., 2000.
- DEMIR, E. The field of design and emotion: Concepts, arguments, tools, and current issues. **Metu Journal of the Faculty of Architecture**, 2008. v. 25, n. 1, p. 135–152.
- EMMANUELE, R., SIMIONATO, B. Usability Perception. **PLEASURE WITH PRODUCTS: BEYOND USABILITY**. London: Taylor and Francis, 2002.
- EVANS, B. **Practical 3D Printers The Science and Art of 3D Printing**. New York: [s.n.], 2012.
- FINK, A. **Book and Media Reviews: Conducting Research Literature Reviews: From the Internet to Paper**. Washington DC: SAGE, 2014.
- GERSHENFELD, N. How to make almost anything machine! **Foreign Affairs**, 2012. v. 91, n. 6.
- GIBSON, I., ROSEN, D. W., STUCKER, B. **Additive Manufacturing Technologies**. Atlanta: Springer is, 2010.
- GREIESIER, F. **16 Common 3D Printing Problems and Solutions**. 2019. Disponível em: <<https://all3dp.com/common-3d-printing-problems-and-theirsolutions/>>. Acesso em: 1º dez. 2019.
- HANCOCK, P. A., PEPE, A. A., MURPHY, L. L. Hedonomics: The power of positive and pleasurable ergonomics. **Ergonomics in Design**, 2005. v. 13, n. 1, p. 8–14.
- JORDAN, P. W. The Personalities of Products. **PLEASURE WITH PRODUCTS: BEYOND USABILITY**. London: Taylor and Francis, 2002.

----- **An Introduction to Usability.** London: Taylor and Francis, 1998.

KUDUS, S. I. A., CAMPBELL, R. I., BIBB, R. Customer perceived value for self-designed personalised products made using additive manufacturing. **International Journal of Industrial Engineering and Management**, 2016. v. 7, n. 4, p. 183–193. Disponível em: <www.iim.ftn.uns.ac.rs/ijiem_journal.php>.

LI, Y. *et al.* Cost, sustainability and surface roughness quality – A comprehensive analysis of products made with personal 3D printers. **CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology**, 2017. v. 16, p. 1–11.

MARIÑO, S. *et al.* a Interação Projetual Entre a Ergonomia E a Emoção: Uma Proposta De Definição De Requisitos Projetuais Para O Design De Produtos a Partir Da Opinião Dos Usuários. **16º Ergodesign – Congresso Internacional de Ergonomia e Usabilidade de Interfaces Humano Tecnológica: Produto, Informações Ambientes Construídos e Transporte**, 2017. p. 1138–1149.

MCCLELLAND, I. Product assessment and user trials. **Evaluation of human work: A practical ergonomics methodology**. [S.l.]: [s.n.], 1990.

MENG, Y., BARI, M. W. Design Perceptions for 3D Printed Accessories of Digital Devices and Consumer-Based Brand Equity. **Frontiers in Psychology**, 2019. v. 10, n. December, p. 1–12.

NORMAN, D. A. **O design do dia a dia**. Rio de Janeiro: Rocco LTDA, 2002.

----- **. Emotional Design: what we love (or hate) everyday things**. New York: Taylor and Francis, 2004.

PETERS, E. R. *et al.* Perceptual organization deficits in psychotic patients. **Psychiatry Research**, 2002. v. 110, n. 2, p. 125–135.

PORTNOVA, A. A. *et al.* **Design of a 3D-printed, open-source wrist-driven orthosis for individuals with spinal cord injury**. **PLoS ONE**, 2018. v. 13, n. 2, p. 1–19.

PROVIDÊNCIA, B., CUNHA, J. Do artesanato ao design de autor como metodologia. **cipcd, VI Congresso Internacional de Pesquisa em Design**, 2011.

RAYNA, T., STRIUKOVA, L., DARLINGTON, J. Co-creation and user innovation: The role of online 3D printing platforms. **Journal of Engineering and Technology Management - JET-M**, 2015. v. 37, p. 90–102. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jengtecman.2015.07.002>>.

ROMEIRO FILHO, E. *et al.* **Projeto de Produto**. Elsevier E ed. Rio de Janeiro: Elsevier Editora Ltda, 2010.

SANTOS, B. P. *et al.* Indústria 4.0: desafios e oportunidades. **Revista Produção e Desenvolvimento**, 2018. v. 4, p. 111–124. Disponível em: <<http://revistas.cefet-rj.br/index.php/producaoedesenvolvimento>>.

SILVA, A. *et al.* Motivação no trabalho. **Psicologia das organizações, do trabalho e dos recursos humanos**, 2011. p. 241–319.

SINCLAIR, M., CAMPBELL, I. A Classification

of Consumer Involvement in New Product Development. **Proceedings of DRS 2014: Design's Big Debates.**, 2014. n. May, p. 1582–1598. Disponível em: <http://www.drs2014.org/media/745827/drs14_proceedings.pdf>.

UPADHYAY, K., DWIVEDI, R., SINGH, A. K. Determination and comparison of the anisotropic strengths of fused deposition modeling P400 ABS. **Advances in 3D Printing and Additive Manufacturing Technologies.** [S.l.]: [s.n.], 2016.

WANG, X. *et al.* Measuring the visual saliency of 3D printed objects. **IEEE Computer Graphics and Applications**, 2016. v. 36, n. 4, p. 46–55.

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

