

A IMPORTÂNCIA DA PROTOTIPAGEM NO PROCESSO DE DESIGN E SUAS RELAÇÕES COMO MÍDIA DO CONHECIMENTO

Mara Rubia Theis¹;
George George André de Souza²;
Francisco Antônio Pereira Fialho³;
Ricardo Pereira⁴;

Abstract: *In this paper, prototyping is understood as a knowledge media stimulating communication and interaction with human and technological agents for the production and sharing of information. The objective of understanding the importance of prototyping in design processes, through a literature review, presented an outline of the prototyping perception, its use in design processes, as well as its application possibilities, manual and technological prototypes. Access to technologies and implementation of laboratory spaces for creation, prototyping, the manufacture of accessible and functional artifacts enables experimentation and greater user participation, with models faithful to the project. Prototypes are considered to favor the tangible development of ideas, understanding and feedback from the people involved in the project.*

Keywords: *Project; Method; Prototyping; Technology; Design thinking.*

Resumo: Neste artigo a prototipagem é compreendida como mídia do conhecimento por estimular a comunicação e interação com agentes humanos e tecnológicos para a produção e compartilhamento de informações. Com o objetivo de compreender a importância da prototipagem nos processos de design, por meio de uma revisão de literatura, apresenta-se um recorte sobre a percepção da prototipagem, seu uso nos processos de design, bem como, suas possibilidades de aplicação, tipos de protótipo manual e tecnológicos. O acesso às tecnologias e a implantação de espaços laboratoriais para a criação, prototipação, a fabricação de artefatos acessíveis e funcionais viabilizam a experimentação e maior participação do usuário, com modelos fiéis ao projeto. Considera-se que os protótipos favorecem o desenvolvimento palpável das ideias, a compreensão e o *feedback* das pessoas envolvidas no projeto.

Palavras-chave: *Projeto; Método; Prototipagem; Tecnologia; Design thinking.*

¹Programa de Pós Graduação em Design - Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, Florianópolis - Brasil. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7206-6197>. e-mail: marubiat@ifsc.edu.br

²Programa de Pós Graduação em Design - Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, Florianópolis - Brasil ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1110-6065>. e-mail: arqgeorges@gmail.com

³Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Gestão do Conhecimento – Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, Florianópolis - Brasil. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6826-7180>. e-mail: fapfialho@gmail.com

⁴Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Gestão do Conhecimento – Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, Florianópolis - Brasil. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4744-4891>. e-mail: rikardop@gmail.com

1. INTRODUÇÃO

O Design traz em sua história, definições clássicas que vem sendo transformadas ao longo do tempo, Bürdek (2006) o descreve como um processo de manufaturas que atendia as necessidades das pessoas em seus contextos, que passa a ser um processo metodológico para atender as demandas do sistema industrial resultando em um produto que deve atentar para três funções básicas de design: prática, estética e simbólica. Bürdek (2006) complementa que nas atividades de Design envolvem o desenvolvimento do potencial criativo humano.

A compreensão do Design, para Löbach (2001), parte de um processo configurativo, com a materialização de uma ideia que deve ser apresentada em forma de projetos ou modelos, para viabilizar a compreensão e contribuição das pessoas envolvidas no projeto. O autor propõe “o design como um processo de adaptação do ambiente artificial às necessidades físicas e psíquicas dos homens na sociedade” (Löbach, 2001, p. 14).

O método de projeto de Design é compreendida como um conjunto organizado de métodos e procedimentos (que englobam processos, técnicas e ferramentas) distribuídos em um esquema sequencial que visa alcançar um objetivo de projeto (Bürdek, 2006; Pazmino, 2015). Esse objetivo pode partir de um problema ou necessidade de um cliente ou usuário, inserido em um contexto, assim, deve ser observado, explorado, interpretado e compreendido para viabilizar o desenvolvimento de um produto, serviço ou sistema (passando por etapas de geração de alternativas de solução) com o detalhamento das especificações de produção.

O Design Thinking (DT), como um método de projeto de Design, é uma abordagem para o desenvolvimento de produtos e serviços, focado nas necessidades, desejos e limitações das pessoas (Brown, 2010). Para o autor, o DT visa solucionar as restrições do projeto de forma harmoniosa, equilibrando desejabilidade, praticabilidade e viabilidade, com a participação do usuário desde o início do projeto. O DT é compreendido como um método, desde os anos 90 no meio acadêmico americano, e tornou-se popular pela IDEO (empresa americana de consultoria em design), associando a maneira de pensar do design à revolução digital, contextualizando sua aplicação para o design de serviços (Alt & Pinheiro, 2011).

Para Brown (2010), o DT está dividido em quatro fases iterativas: imersão, ideação, prototipagem e desenvolvimento, destaca a etapa de prototipagem ou "experimentação" (pensar com as mãos), visto que esta etapa dá forma à ideia. Assim, a prototipagem deve ser aplicada o quanto antes, logo na fase inicial do projeto, desenvolver e tangibilizar a ideia “só o suficiente”, saber o que fazer e o quanto antes, identificar a melhor solução, de maneira rápida, suja e barata.

Os projetos de Design são organizados por métodos tradicionais e os associativos (DT), em ambos a prototipagem (*prototyping*) é uma das etapas que viabiliza a materialização das ideias em soluções e transformá-las em objetos, serviços ou sistemas. Nos processos de DT, destaca-se a importância da participação do usuário como ‘especialista’ (no uso do produto ou serviço), desenvolvendo a colaboração e a cocriação, para transformar o pensamento abstrato em concreto, interagindo com protótipos como desenhos, *sketches*, maquetes, cenários, *storytelling*, gerando conhecimento e estímulos para a imaginação e a representação gráfica.

Assim, compreende-se que a prototipagem pode produzir informação e gerar conhecimento, além de favorecer a visualização e materialização das ideias com maior amplitude e fidelidade, dessa maneira, alinha-se com a compreensão de Souza (2019) quanto a ser parte de um sistema de “mídia do conhecimento”, por atuar como um agente tecnológico.

Com o objetivo de compreender a relevância da prototipagem para o projeto de design, desenvolveu-se uma pesquisa básica, para ampliar os conhecimentos sobre o tema. Este artigo é composto por elementos textuais em quatro partes, incluindo esta introdução; uma breve conceituação de projeto de design e prototipagem; os procedimentos metodológicos desenvolvidos a partir da análise de artigos das principais revistas de design; os resultados e discussões com a análise dos dados e síntese dos conteúdos pertinentes ao tema; e as considerações finais.

2. PROJETO DE DESIGN E PROTOTIPAGEM

Projeto é um instrumento aplicado em diversas áreas do conhecimento, utilizado comumente na análise e avaliação de uma demanda para a produção de um produto, serviço ou estudo. A abordagem usada para o desenvolvimento de um projeto denomina-se metodologia de projeto, que pode ser descrita como uma sequência de etapas a serem cumpridas, organizadas de forma sucessiva para atingir os objetivos, onde uma etapa depende da outra (Baxter, 2000). Para o autor, uma metodologia de projeto pode ser dividida em cinco etapas: a primeira apresenta o produto de forma simples explorando algumas ideias; a segunda etapa de conceituação e especificações; a terceira etapa de testar e verificar como será o processo de materialização do produto; a quarta etapa a produção de protótipo para validação do produto com o mercado e a quinta etapa análise e readequação do protótipo para a geração do produto.

Pazmino (2015) apresenta os métodos de projeto para o Design, destacando que sua atuação ainda é maior no nível operacional, podendo ser ampliado seu uso no nível estratégico, estimulando o pensamento criativo associado aos saberes empíricos e à ciência, orientando as ações dos envolvidos em cada etapa do processo de design. A autora analisou os métodos de quatro teóricos do design e como organizam seus métodos em diferentes fases projetuais: Baxter (2000) é dividido em três fases; Bonfim (1995) reúne as técnicas em quatro fases; Jones (1978) que divide o processo em seis fases e Cross (2008) com quatro fases. Pazmino (2015) identificou que estes métodos de projeto têm dinâmicas ou características similares, e podem convergir em quatro fases: planejamento, análise, síntese e criatividade. Para a autora, os métodos são ensináveis, mesclam o pensamento racional e intuitivo, favorecem a exteriorização do pensamento de design, desenhando o processo de design.

Desenhar a ideia (ou ideação) é a estratégia mais comum nos procedimentos de design, uma prototipagem em forma de elementos simples, esquemas, diagramas e gráficos para que todos os envolvidos no processo possam visualizar e compartilhar os achados. A prototipagem aparece em outros métodos de projeto em etapas diferentes e com objetivos diferentes. Baxter (2000) afirma que o protótipo deve ser construído com os mesmos materiais do produto e imprimir a máxima fidelidade ao produto em forma e função. Ferroli e Librelotto (2012) reforçam essa ideia do protótipo utilizado nas etapas finais do processo de projeto. Preece, Rogers e Sharp (2011) afirmam que os protótipos são versões limitadas do produto. Tim Brown (2010) corrobora com uma visão mais abrangente do protótipo, definindo-o como qualquer coisa tangível que sirva para desenvolver uma ideia ou analisá-la.

As variações de definição do protótipo também geram diferentes entendimentos de sua função dentro de um processo de projeto. Os protótipos devem ser utilizados para avaliação estética, funcionalidade e fabricação de produtos (Baxter, 2000). Podem, ainda, ser utilizados para a visualização e entendimento das ideias da equipe e alinhamento das decisões de um projeto (Brunnet, 2015). Szabluk *et al.* (2019) afirma que os protótipos devem estimular a criatividade e explorar ideias. Tim Brown (2010) destaca que o protótipo, quando usado com consciência de seu poder e grau de complexidade adequado, pode ser um instrumento gerador alternativas e ideias inovadoras, utilizado em todas as etapas do desenvolvimento do projeto.

Conforme a etapa e necessidade do projeto, o protótipo assume características que permitem que se torne possível a sua realização. Segundo Domingues *et al.*, (2014) a prototipagem de baixa fidelidade, traz as ideias primordiais de um projeto sendo utilizada nas fases iniciais de criação, deve ter produção rápida e barata para gerar um número considerável de alternativas para o desenvolvimento do projeto. Outro termo associado à prototipagem de

baixa fidelidade é “prototipagem rápida”, também utilizada nas fases iniciais de projeto e pode ser produzida com materiais baratos como papel e desenhos ou por computador com *softwares* CAD/CAM (proveniente do inglês, a sigla CAD significa “*Computer aided design*”, quando o projeto é assistido por computador; CAM é uma sigla em inglês para “*computer aided manufacturing*”), ou seja, quando a fabricação do protótipo é assistida por computador. Em contrapartida, Domingues *et al.*, (2014) destaca que as técnicas de prototipagem em alta fidelidade são aplicadas em etapas finais de projeto, demonstrando o aspecto final do produto em sua forma e funcionalidade, esses protótipos demandam maior tempo e custo para sua fabricação e são utilizados para validação com consumidores ou usuários do produto.

No resgate do referencial teórico, percebeu-se que os projetos de design, tanto no contexto educacional quanto no profissional, necessitam acompanhar as tecnologias e ampliar os métodos de ensino e das práticas de Design. O desenvolvimento tecnológico tem estimulado a implantação de novos espaços laboratoriais (Silveira *et al.*, 2020) ou empreendimentos para a criação, prototipação e a fabricação de artefatos acessíveis e funcionais aproximando-se dos usuários. Os métodos associativos como o DT, têm proposto o desenvolvimento de projetos com o usuário (Pires & Menezes, 2020), inserindo-os em todas as etapas, com execução de modelos e protótipos simples, como um desenho, (Ricaldoni & Rezende, 2020; Ferreira *et al.*, 2019), até os mais tecnológicos e fiéis ao produto final, como um vislumbre ao futuro (Mergener & Silva, 2021; Pires & Pereira, 2020; Callegaro *et al.*, 2019).

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Este artigo caracteriza-se como pesquisa básica, de abordagem qualitativa, por tratar de um levantamento de dados que objetiva a ampliação dos conhecimentos teóricos sobre o tema prototipagem nos processos de design. O objetivo é exploratório por ser um tema pouco explorado (Gil, 2002); descritivo por visar a identificação e especificação das informações do tema proposto para viabilizar análises sob diferentes pontos de vista (Sampieri; Collado e Lucio, 2013). Em relação ao procedimento técnico, a pesquisa bibliográfica decorre de fontes secundárias, selecionadas a partir de referências publicadas e de maneira congruente com a temática do estudo (Lakatos & Marconi, 2011). O processo metodológico é composto por três fases (Quadro 1): Levantar, Organizar e Analisar.

A Fase 1 (Levantar), refere-se ao levantamento bibliográfico e de dados obtidos nas fontes teóricas, com um recorte dos últimos dez anos, as *strings* de busca ‘protótipo,

prototipagem, prototipação’, sendo observados o título, o resumo e palavras-chave. Foram delimitados os principais periódicos científicos brasileiros de design, de acordo com a classificação do qualis (Estudos em Design [A2], Design & Tecnologia [A2]; Dobras [A2]; Educação Gráfica [A3]; Projética [A4]), resultando em 50 artigos e a plataforma Google acadêmico com 48 artigos, totalizando 98 artigos. Os dados foram importados para o Mendeley, onde foram verificados artigos duplicados.

Na Fase 2 (Organizar), os artigos foram explorados, fichados e registrados em uma tabela *online* do Google planilhas® (para acesso da equipe), identificando as informações da origem do periódico, ano de publicação, autores, instituição de ensino e objetivo.

Quadro 1: síntese dos procedimentos realizados

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	
NATUREZA	
BÁSICA	1 LEVANTAR Levantamento bibliográfico realizado nas bases científicas String de busca: protótipo; prototipagem; prototipação Seleção de periódicos nacionais com base no Qualis CAPES Delimitação temporal: últimos dez anos
ABORDAGEM	
QUALITATIVA	2 ORGANIZAR Exploração, fichamento, seleção e exclusão dos artigos Registro dos artigos selecionados no Google planilhas Fichamento os artigos selecionados
OBJETIVO	
EXPLORATÓRIO-DESCRITIVO	3 ANALISAR Tratamento dos dados obtidos dos artigos selecionados Classificação por categorias: tipos de pesquisa; tipos de protótipos; áreas de aplicação; tecnologias envolvidas; uso do design thinking

Fonte: os autores

Na Fase 3 (Analisar), constatou a seleção de 58 artigos para o refinamento e o tratamento de dados. Foram classificados segundo o tipo de pesquisa (teórica, prática); a identificação dos tipos de protótipo (físico, conceitual, virtual); a área de aplicação (produto, gráfico, moda, arquitetura, saúde, educação, dentre outros); as principais tecnologias envolvidas (manual, digital, mecânico); a abordagem do DT (sim, não ou apenas nas referências).

A segunda etapa da análise envolveu a síntese do conteúdo relacionado às discussões e relatos da prototipagem descrita nos artigos. Foram consideradas três questões sobre prototipagem e identificada como essas questões foram respondidas, no decorrer dos artigos analisados. A primeira questão diz respeito à descrição dos autores sobre o que é um protótipo. O segundo questionamento abrangeu a observação da função da prototipagem nas pesquisas. O terceiro questionamento referiu-se sobre a aplicabilidade e uso da prototipagem.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Esta etapa é a síntese das análises desenvolvidas com o refinamento e leitura dos artigos para a tabulação dos dados em tabela Google planilhas®, considerando o registro das referências (autores), títulos, objetivos e uma análise quantitativa.

4.1 APRESENTAÇÃO DOS DADOS ENCONTRADOS

Para a revisão de literatura sobre o tema prototipagem nos processos de design, fez-se um recorte do panorama dos últimos dez anos, os periódicos com maior número de publicações foram a Educação Gráfica (17 artigos); Design & Tecnologia (10 artigos); Estudos em Design (05 artigos); Projética (05 artigos). Os anos de maior frequência de publicação sobre o tema foram 2015 (onze artigos), 2019 (dez artigos) e 2020 (dez artigos).

Foram selecionados e analisados cinquenta e oito artigos, sendo que, destes, foram identificados quarenta e uma publicações que tratam de pesquisas aplicadas; doze são estudos teóricos; cinco são pesquisas mistas (teórico-aplicadas). A incidência de prototipagens físicas, ocorreu em trinta e três artigos; nove virtuais e seis mistas, com prototipagem virtual e física.

Quanto à relação da prototipagem com o DT, dos artigos analisados quarenta e três não citam o método do DT, dez artigos citam nas referências bibliográficas sobre DT e cinco artigos demonstram no texto utilizar o método.

Percebe-se a disseminação do uso dos processos de design em diferentes áreas do conhecimento, nas áreas de aplicação da etapa de prototipagem em projetos, destacaram-se: Design (produto, moda, gráfico, interiores, jogos); Educação, Saúde, Arquitetura e Urbanismo, Engenharia, Inclusão Social, Sustentabilidade, Computação, Sistemas de Informação, dentre outras. Já as palavras-chave encontradas nos artigos foram protótipo, design, produto, projetos, desenvolvimento, social, jogos, digital, tecnologia, dentre outros.

Quanto aos tipos de prototipagem, identificou-se o uso em diferentes fases dos projetos de pesquisa, com diferentes classificações de baixa, média ou alta complexidade de acordo com a resolução ou fidelidade necessária, de acordo com as características funcionais, estéticas, semânticas, de usabilidade, de fabricação ou tecnologias relacionadas ao desenvolvimento do produto e/ou serviço. Quanto as tecnologias podem ser manuais, digitais ou mecânicas, das mais tradicionais até as mais contemporâneas, ou seja, desde desenhos manuais ou *sketchs*, *softwares* CAD/CAM, impressão em papel, prototipagem rápida, a

impressão 3D, *softwares* de corte a laser, escaneamento tridimensional, usinagem, CNC, plataformas de prototipagem como o Arduíno, dentre outras.

Nesta primeira etapa de análises, o maior número de publicações foi de universidades públicas federais, percebeu-se a aplicação de métodos de desenvolvimento de projetos com embasamento teórico e de aplicação prática, adequando-se ao contexto local e real descrito nos projetos. Apresentaram conexões de diferentes áreas do conhecimento para o desenvolvimento de projetos de Design, com indicativos multidisciplinares e a necessidade de unir esforços e formar parcerias para desenvolver habilidades práticas e contribuir com o desenvolvimento social, econômico, industrial, tecnológico e ambiental, conforme indicativos de autores como Brown, 2010; Alt e Pinheiro, 2011; Bonsiepe, 2012; Pazmino, 2015.

4.2 SÍNTESE DA ANÁLISE DE CONTEÚDO

Identificou-se que os artigos relatam a aplicação da prototipagem em uma variedade de áreas de conhecimento (design, produto, moda, jogos, educação, arquitetura, dentre outros) e conseqüentemente, por diferentes autores. Junto aos dados foram analisadas as definições de protótipo e prototipagem e sua aplicabilidade. Nos artigos, a etapa de prototipagem é relacionada por Correia et al., (2019); Scherer et al, (2017); Landmann & Aguiar (2017); Pereira, L.S., 2019; Almeida e Nojima (2019); Brunnet (2015), às referências teóricas quanto a função de tangibilizar ideias oriundas do processo criativo, imaginativo, seja para um avião, uma interface digital ou um livro no processo de design, pode ser descrito, ensinado, apreendido e replicado.

Para Almeida e Nojima (2019), na produção de um livro objeto, as ideias iniciais foram rascunhadas e testadas com bonecas (protótipos simples do livro) com diferentes tipos de papel, cores, dobras e técnicas. Dos cinco protótipos, os dois últimos foram desenvolvidos em tamanho real, que segundo as autoras foram essenciais “(...) na visualização, no manuseio e na validação do objeto. A sanfona ficou arquivada; a ideia de furar as páginas parecia interessante, mas foi descartada; as dobras na diagonal e o *dégradé* de cores continuaram no projeto”, (Almeida & Nojima, 2019, p. 101).

Os autores embasados no referencial teórico de suas pesquisas, concordam que o protótipo pode ser um mediador, ou mídia do conhecimento como proposto por Souza (2019), auxiliando na interação e comunicação das ideias com todas as pessoas envolvidas no projeto, diminuindo a margem de interpretações errôneas, inclusive o usuário (Pereira *et al.*, 2017). O protótipo é uma ferramenta para tangibilizar e testar as ideias, diferente de compartilhar palavras, permite a aplicação de materiais rudimentares aos mais sofisticados, evitando erros e

retrabalhos no projeto, antecipando o futuro e transformando concepções do designer em um processo interativo (Rocha, Rubio, Filho, 2013; Domingues *et al.*, 2014; Pereira *et al.*, 2014; Martins *et al.*, 2016; Meyer, 2018; Pereira *et al.*, 2017; Almeida e Nojima, 2019).

Na abordagem do DT são identificados diferentes autores, com desenhos variados do processo de design para a etapa da prototipagem ou sua implementação, mas, consentem em ser uma etapa importante para transformar e testar as ideias coletivamente, pois permite a interação dos participantes, recicla a criatividade, gera empatia e aprendizado de diferentes especialistas (designers e não designers). Os testes geram o *feedback* permitindo avaliar e selecionar o que levar adiante, por isso, a prototipagem deve estar presente em todas as oportunidades do ciclo de projeto. Corroborando com Brown (2010) em testar as ideias o quanto antes, utilizando os materiais mais simples e baratos que tenha disponível, e progressivamente aplicar-se a resolução mais aproximada e refinada da solução final (Brunnet, 2015; Martins *et al.*, 2016; Scherer *et al.*, 2017, Correia *et al.*, 2019; Ricaldoni & Rezende, 2020).

Ao questionar as razões do uso da prototipagem, visto o consumo de recursos e tempo, que tipo de protótipo adotar e qual grau de complexidade da solução a ser desenvolvida, Pereira, L.M *et al.* (2015) relata que os protótipos podem ser físicos ou analíticos, e deve-se atentar para os prazos e os custos. Para os autores, os protótipos físicos são tangíveis e podem ser desenvolvidos em materiais similares ao do produto final, já os protótipos analíticos são intangíveis, como os modelos matemáticos virtuais, ou seja, softwares computacionais (2D ou 3D) para a área de projeto, denominados protótipos protótipo virtual, protótipo digital ou ainda *mock up* digital.

Para o desenvolvimento de interface de jogos, os “protótipos de papel são considerados de baixa qualidade, não trazem funcionalidade, mas quando feito em escala natural permite o teste rápidos de usabilidade, estimula o feedback e sugestões dos usuários” (Domingues *et al.*, 2014, p. 135). O desenvolvimento de produtos e serviços digitais podem construir os protótipos simplificados e econômicos, como um desenho da tela ou por fotografias, imagens eletrônicas. Embora sejam úteis para a interação e materialização das ideias, não abrangem o teste de usabilidade (Domingues *et al.*, 2014; Pereira *et al.*, 2017; Landmann & Aguiar, 2017).

Os protótipos tradicionais podem ser classificados em diferentes níveis de fidelidade (até o resultado final): baixa, média e alta, considerando a complexidade para sua produção. No desenvolvimento da prototipagem de baixa fidelidade, o protótipo terá baixa resolução e visa gerar alternativas nos estágios iniciais do projeto, favorece explorar ideias e a

materialização das propostas para facilitar a compreensão e gerar feedbacks, fazendo uso de materiais simples e baratos, de fácil manipulação (Scherer *et al*, 2017; Duarte; Oliveira; Souza, 2018; Maia; Campos, 2019). A prototipagem de média fidelidade requer maior investimento de tempo e recursos, terá uma atenção maior para a estruturação (escala real e dimensionamento), o material escolhido (cor, textura), refinamento de acabamentos (bordas e detalhes), produzindo o protótipo próximo ao produto final. A prototipagem de alta fidelidade será similar ao produto (serviço ou sistema) final, observando o material, proporções e funções, requer mais tempo, recursos e dedicação (Pereira *et al.*, 2017; Duarte; Oliveira; Souza, 2018; Maia; Campos, 2019).

A Prototipagem Rápida (PR) ou ‘*Rapid Prototyping*’ (RP) apresentada em Gorni (2001) sobre os processos de prototipagem rápida existentes, os sistemas usados na fabricação de modelos, técnicas de prototipagem para ferramentaria e técnicas unidas aos arquivos CAD, corrobora com Tedeschi, *et at.* (2015). Para os autores, a prototipagem rápida une a ideação dos produtos de forma atrativa, favorecendo a percepção visual e facilitando a projeção dos modelos realistas, com o uso de *softwares* CAD até a confecção física e análise do produto.

Quanto ao uso e aplicações dos protótipos, foi observado nos artigos analisados, a diversidade de utilidades e etapas de projeto em que os protótipos são introduzidos. Essa observação corrobora com Santa Rosa e Moraes, (2012) quanto afirmam que a utilização dos protótipos serve para vários fins. Na análise referente a aplicação foi possível categorizar a utilização dos protótipos em cinco grandes grupos: (i) Gerador de interesse e motivação; (ii) Forma de economizar tempo e recursos; (iii) Ferramenta para testes; (iv) Gerador de alternativas projetuais e (v) Instrumento de análise acessível a todos envolvidos no projeto. Será dado destaque para os grupos de protótipos que são aplicados cumprindo função de mídia, informando ao observador uma ideia (grupos i, iii, iv e v).

Considerando este referencial, no primeiro grupo, referente a gerar interesse e motivação, o artigo relata o envolvimento dos alunos para aprender mais sobre as técnicas e destaca que a ferramenta gera diferentes soluções projetuais (Pazini *et al.*, 2019, p. 198). Dos artigos classificados no terceiro grupo (ferramenta para teste) é possível destacar a utilização do protótipo em testes de resistência física do material bem como testes aerodinâmicos (Callegaro *et al.*, 2019, p. 6). Foi observado o uso maior de protótipos de alta resolução sendo testados, isso para imprimir resultados mais precisos em relação aos testes físicos feitos em protótipos de baixa resolução (Scherer *et al*, 2017, p. 142). Outro fato relatado é a possibilidade de utilização de materiais diferentes na prototipagem de alta definição por impressão 3D, resultando em peças muito mais reais (Silva; Gomez; Gonçalves, 2016, p.

163). Observou-se que a utilização dos protótipos para teste físicos não necessitava de cuidados estéticos visto que o interesse é o teste da essência da ideia (Barbalho e Engler, 2020, p. 130).

Segundo os artigos pesquisados, para os testes feitos na indústria do vestuário é necessário a prototipagem em tamanho real, com todas as características do produto final aplicadas, e aí sim, as avaliações são feitas e as adaptações propostas (Pires & Menezes, 2020, p. 332) embasadas em Treptow, 2007. As ferramentas de prototipagem rápida também produzem materiais para testes, é destacado a velocidade de se testar materiais diferentes e testes de usabilidade e ergonomia com essa modalidade de protótipos. (Maia e Campos, 2019, p. 236). Na prototipagem rápida também é possível testar diferentes arranjos e recursos com a colaboração dos envolvidos em diversos níveis (Milioli et al., 2013, p. 455). Também foi relatado o uso de protótipos para testes com usuários, coletando dados da interação entre pessoas e protótipos (Martins et al., 2019, p. 120).

Os artigos que descrevem a utilização da prototipagem como um gerador de alternativas projetuais foram concentrados no quarto grupo. Durante o processo de prototipagem pode ocorrer ideias de alternativas para implementação do produto, e no protótipo é possível fazer alterações e complementações (Hardagh e Penna, 2017 *apud* Maia; campos, 2019, P. 244). Durante a produção dos protótipos é possível observar as falhas de projeto e tornar consciente os impactos da produção do produto final. (Tedeschi; Sniker; Hoffmann, 2015, p. 255).

No quinto grupo estão incluídos os artigos que destacam o protótipo como uma ferramenta de fácil visualização e fácil entendimento dos agentes envolvidos no projeto. A facilidade de visualização faz com pontos de vistas opostos interagem adicionando observações e soluções sobre o projeto (Meyer, 2018, p. 44). O entendimento fácil do protótipo também possibilita a fácil comunicação entre os integrantes do projeto, podendo gerar avaliações e discussões sobre o projeto (Scherer *et al*, 2017, p. 142). Os trabalhos selecionados também apresentaram testes de verificação da clareza e entendimento do projeto a partir do protótipo destacando que todos os participantes conseguiram entender as informações e usabilidade do protótipo (Landmann & Aguiar, 2017, p. 131). O fácil entendimento do protótipo ajuda a equipe envolvida no projeto a equalizar suas observações fomentando observações mais focadas sobre o produto (Brunnet, 2015).

Outro aspecto analisado nos artigos foi sobre sua aplicabilidade, categorizados em seis campos: (i) quanto a finalização e validação dos projetos; (ii) para o despertar de conhecimentos; (iii) viabilizar a comunicação entre os envolvidos no processo de

desenvolvimento de produto, serviço ou sistema; (iv) na inclusão, participação dos usuários e com segurança nos testes; (v) de acordo com o acesso e viabilidade da tecnologia, considerando o sistema educacional e de empreendimentos; (vi) em projetos relacionados à sustentabilidade.

As análises qualitativas dos conteúdos fizeram emergir padrões relacionados à percepção da relevância da etapa de prototipagem em todos os projetos elencados. O design quando aplicado no contexto local viabiliza a identificação e solução de desafios reais, favorecendo a formação dos estudantes, que em muitos desses projetos, são oriundos de universidades públicas e fazem a devolutiva à sociedade, para além da disseminação e democratização do conhecimento.

Com as análises de conteúdo dos artigos observou-se uma convergência na construção teórica que corrobora com a proposta de teóricos de design e dos métodos apresentados na introdução, os contextos se transformam e as instituições (educacionais e empresariais) devem se readequar a este, com foco nas pessoas e no desenvolvimento sustentável.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao desenvolver a linha do tempo com referencial teórico sobre os processos de design apresentados por Baxter (2000), Löbach (2001), Bürdek (2006), Brown (2010); Pazmino (2015) e Bonsiepe (2012), constatou-se que o Design passou por uma grande transformação desde a década de 60, início da instituição dos métodos tradicionais para o desenvolvimento de produtos com viabilidade de sua produção em série. Com o DT, aqui considerado um método associativo, todo projeto deve estar atento às pessoas, inserir os usuários (como especialistas não designers) logo no início do projeto e trabalhar com as pessoas, para alcançar um desenvolvimento sustentável e que atenda ao contexto no qual está inserido.

Percebeu-se que os projetos de design, desde o contexto educacional ao profissional permeiam entre os prazos, qualidade e custos. A tecnologia atual e o desenvolvimento de protótipos permitem a experimentação material com o usuário, em diferentes níveis de prototipagem, identificando potencialidades, fragilidades e correções. A prototipagem em um processo de construção compartilhada entre os envolvidos no processo, permite o *feedback* e aprimoramentos. O meio educacional utiliza essa mídia de conhecimento como suporte para temas como inclusão, política, equipes multidisciplinares, desenvolvimento de materiais palpáveis para a aprendizagem em diferentes modalidades educacionais até a cultura *maker*, com a implantação dos espaços laboratoriais para a criação e prototipação de artefatos.

Os protótipos são modelos que podem ser desenvolvidos utilizando materiais simples (papel, cola ou argila) ou com tecnologias sofisticadas e complexas como nos processos de Prototipagem Rápida (por adição ou remoção de material) com softwares CAD/CAM, que permitem a confecção de protótipos funcionais. Para isto, há de se observar o grau de complexidade e aplicação do produto, serviço ou sistema proposto pelo projeto, construindo conhecimento sobre a diversidade de materiais, tecnologias e métodos que culminam nos diferentes níveis de qualidade em cada etapa do desenvolvimento de um produto.

A prototipagem aparece em várias etapas do projeto; com o presente estudo foi possível perceber que cada forma de prototipagem atende a uma finalidade ou objetivo a ser alcançado. Para atingir resultados positivos é necessário conhecer as técnicas de prototipagem e entender qual o método de projeto utilizado, bem como, delimitar objetivos coerentes com as necessidades e desejos do público alvo e do contexto, destacando a importância da comunicação e engajamento dos envolvidos.

REFERÊNCIAS

- Almeida, C. C. de, & Nojima, V. (2019). A flor da pele, etapas e expertises: Um relato da produção de um livro-objeto. *Revista Educação Gráfica*, 23(02), 96–115.
- Alt, L., & Pinheiro, T. (2011). *Design Thinking Brasil*. Elsevier.
- Barbalho, T., & Engler, R. (2020). Design de Serviços para a Inovação Social: Um estudo de caso sobre design, serviços relacionais e desenvolvimento sustentável. *Design e Tecnologia*, 10(21), 112–140. www.pgdesign.ufrgs.br
- Baxter, M. (2000). *Projeto de produto: guia prático para o design de novos produtos* (2^a). Blucher.
- Bonsiepe, G. (2012). *Design como prática de projeto*. Blucher.
- Brown, T. (2010). *Design Thinking: Uma metodologia poderosa para decretar o fim das velhas ideias*. Alta Books.
- Brunnet, N. (2015). A importância do processo de design na criação e desenvolvimento de materiais didáticos digitais. *Blucher Design Proceedings*, 2(2), 243–258.
- Bürdek, B. E. (2006). *Design: história, teoria e prática do design de produtos*. Editora Blucher.
- Callegaro, A. M. ., Caten, C. S. ten’;, Jung, C. F. ., Tonetto, L. M. ., & Fogliatto, F. S. (2019). Tecnologia de Saúde para a Mudança Social: Desenvolvimento de um Dispositivo Inovador de Reabilitação. *PG Design*, 09(18), 1–13.
- Correia, W. F., Penha, M., Macedo, J. de A., Siebra, C. A., & Anjos, M. E. (2019). Um roteiro para aplicativos móveis com acessibilidade para usuários com deficiência visual: diretrizes e sua avaliação. *Design e Tecnologia*, 9(19), 87–111.

- Cross, N. (2011). *Design thinking: compreender como os designers pensam e trabalham*. Berg.
- Domingues, A. N., Lopes Lotufo, M., Freitas, A., Silva, S., De Castro, A., Guimarães, P., Gabriel, J., Fiori Esteves, S., Otsuka, J. L., Medeiros Beder, D., & Zem-Mascarenhas, S. H. (2014). Uso de protótipo em papel no design de um jogo educacional acessível. *Art & Design Track*, 2179–2259.
- Duarte, L. dos S., Olivieira, L. S. de, & Souza, M. H. Q. C. G. de. (2018). Análise da qualidade em protótipos de bolsas de folha defumada láquida, folha semi artefato e laminado vegetal industrial. *Produção Industrial & Serviços*, 05(01), 87–102.
- Ferreira, V. H. M., Silva, T. B. P. e., & Maynardes, A. C. (2019). DESIGN DE JOGOS EDUCACIONAIS PARA O ENSINO DE LIBRAS DESIGN OF EDUCATIONAL GAMES FOR LIBRAS TEACHING. *Educação Gráfica*, 23(2), 24–42.
- Ferrolli, P. C. M., & Librelotto, L. I. (2012). Uso de modelos e protótipos para auxílio na análise da sustentabilidade no Design de Produtos. *Revista GEPROS*, 7(3), 107.
- Gil, A. C. (2002). *Como elaborar projetos de pesquisa* (4^o ed). Atlas.
- Gorni, A. A. Introdução à prototipagem rápida e seus processos. 2001. Disponível em: <http://www.gorni.eng.br/protrap.html> Acesso em: 26/06/2021
- Landmann, D. R., & Aguiar, V. R. L. (2017). Proposta de uma plataforma digital de valoração de produtos e serviços. *Design e Tecnologia*, 7(14), 125.
- Löblich, B. (2001). *Design industrial: bases para a configuração dos produtos industriais*. Edgard Blücher.
- Lopes, A. D., Maciel, C., & Pereira, V. C. (2014). *Recomendações para o Design de Memórias Digitais na Web Social*.
- Maia, P. dos S. C., & Albuquerque, L. F. de. (2019). A prática projetual acadêmica na fabricação de modelos de produtos impressos em 3D e o design ergonômico. *Educação gráfica*, 23(1), 234–247.
- Marconi, M. de A., & Lakatos, E. M. (2003). *Fundamentos de metodologia científica* (5^o ed). Atlas.
- Martins, A. R. Q., Capellari, M., Signori, G., Kalil, F., & Spinello, S. (2016). Uso de Design Thinking como Experiência de Prototipação de Ideias no Ensino Superior. *Future Studies Research Journal: Trends and Strategies*, 8(1), 208–224.
- Martins, J. L., Camillo, M. G. D., & Merino, G. S. A. D. (2019). Desaparecidos sc: desenvolvimento de aplicativo de busca e localização de pessoas desaparecidas em santa catarina. *Educação Gráfica*, 23(1), 116–130.
- Mergener, D., & Pinto Da Silva, F. (2021). Processo de prototipagem rápida como alternativa para o re-design de componentes de equipamentos: estudo de caso de uma hélice para exaustor de ar impressa em 3D. *Projetica*, 12(1), 88–113.
- Meyer, G. E. C. (2018). A experimentação como espaço ambivalente de antecipação e proposição de controvérsias The experimentation as an ambivalent space of anticipation and proposition of controversy. *Estudos em Design*, 26(1), 29–47.

- Milioli, L., & Furtado Silva, N. (2013). As implicações formais do uso de diferentes sistemas cad e prototipagem rápida no início do processo de projeto de arquitetura. *SIGraDi 2013*, 454–458.
- Pazini, E. Z., Silva, T. L. da S., & Mussi, A. Q. (2019). Automação na arquitetura: mensuração do engajamento no processo de projeto usando a plataforma arduino. *Educação Gráfica*, 23(1), 189–200.
- Pazmino, A. V. (2015). *Como se cria: 40 métodos para o design de produtos*. Ed. Blucher.
- Pereira, D., Lanutti, J., Paschoarelli, L. C., & Pinheiro, O. (2017). Comparação de técnicas de prototipagem tradicional manual e sua importância para o design. *DAT Journal*, 2(2).
- Pereira, L. M., Saffaro, F. A., Hirota, E. H., & Saito, C. (2015). Estudo exploratório comparativo da eficácia entre protótipos físico, analítico 2d e 3d na identificação de inconsistências de projetos. *Gestão & Tecnologia de Projetos*, 10(1), 28.
- Pires, G. A., & Menezes, M. dos S. (2020). O cad 3d aplicado na validação de protótipos na indústria do vestuário. *Educação Gráfica*, 24(2), 330–346.
- Preece, J., Rogers, Y., & Sharp, H. (2005). *Design de Interação: além da interação homem-computador*. Bookman.
- Ricaldoni, T. F., & Rezende, E. J. C. (2020). Design para a transformação social: elaboração de um negócio social no sistema prisional. *PG Design*, 10(20), 81–94.
- Rocha, V. C., Rubio, J. C. C., & Filho, E. R. (2013). Design e Produção por Computadores para Integração na Indústria Joalheira do Brasil. *Estudos em Design*, 21(1), 01–22.
- Sampieri, R. H., Collado, C. F., & Pillar, B. L. (2006). *Metodologia de Pesquisa*. Mcgraw-hill.
- Santa Rosa, J. G., & Moraes, A. de. (2012). *DESIGN PARTICIPATIVO*. Rio books ltda.
- Scherer, F. de V., Azolin, B. R., Guimarães, F. C., & Parolin, G. (2017). Desenvolvimento de uma linha de mobiliário por meio de uma metodologia de design centrada no usuário. *Design & Tecnologia*, 14, 135–146.
- Silva, G. G. da, Gomez, L. S. R., & Gonçalves, M. M. (2016). O consumo maker: tecnologia digital e impressão 3d the maker consumption: digital technology and 3d printing. *Educação Gráfica*, 20(1), 157–174.
- Silveira, A. L. M. da;, Franzato, C., Carvalho Bilhalva, G., & Santos Kuck, N. (2020). Estratégias de ação implementadas pelos Fab Labs de Porto Alegre/RS. *Design e Tecnologia*, 10(21), 22–32.
- Sousa, R. P. L. de. (2019). *Mídia do conhecimento- Idéias sobre mediação e autonomia*. SIGMO/UFSC.
- Szabluk, D., Berger, A. V. F., Capra, A., & Oliveira, M. F. de. (2019). Design de experiências aplicado à pesquisa: um método exploratório de pesquisa centrada no usuário. *HDF*, 8(15), 98–113.
- Tedeschi, S. P., Sniker, T. G., & Hoffmann, W. A. M. (2015). Modelamento virtual, usinagem e prototipagem rápida: uma experiência didático-pedagógica para o desenvolvimento de produtos. *Educação Gráfica*, 19(3), 246–257.
- Treptow, D. (2007). *Inventando Moda: Planejamento de Coleção*. Empório do Livro.