

IMPRESSÃO 3D E INOVAÇÃO SOCIAL: DEFINIÇÃO DE DIRETRIZES EMBASADAS EM ANÁLISE DE ESTUDOS DE CASO PARA APLICAÇÃO EM COMUNIDADES DESFAVORECIDAS

3D PRINTING AND SOCIAL INNOVATION: DEFINITION OF GUIDELINES BASED ON ANALYSIS OF CASE STUDIES FOR APPLICATION IN DISADVANTAGED COMMUNITIES

José Victor dos Santos Araújo

ORCID

UFCG

victoraraujoreal@gmail.com

Pablo Marcel de Arruda Torres

ORCID

UFCG

pablo@design.ufcg.edu.br

PROJÊTICA

DESIGN: EDUCAÇÃO, CULTURA E SOCIEDADE

COMO CITAR ESTE ARTIGO:

ARAÚJO, José Victor dos Santos; TORRES, Pablo Marcel de Arruda. IMPRESSÃO 3D E INOVAÇÃO SOCIAL: definição de diretrizes embasadas em análise de estudos de caso para aplicação em comunidades desfavorecidas. **Projética**, Londrina, v. 16, n. 3, 2025. DOI: 10.5433/2236-2207.2025.v16.n3.52247. Disponível em: <https://ojs.uel.br/revistas/uel/index.php/projetica/article/view/52247>.

DOI: 10.5433/2236-2207.2025.v16.n3.52247

Submissão: 2025-01-27

Aceite: 2025-05-19

Resumo: O presente artigo é derivado de uma pesquisa que estabelece a relação entre Manufatura Aditiva e Inovação Social, sob a perspectiva do Design, e objetiva propor diretrizes para inserir a Impressão 3D em projetos socialmente inovativos, especialmente em regiões desfavorecidas. É caracterizada como de natureza aplicada, de abordagem mista, exploratória e descritiva, quanto aos objetivos, e bibliográfica. Seus procedimentos incluem estudos de caso, sendo estes múltiplos, que foram selecionados por gerarem produtos impressos em 3D que causam impacto social, e pesquisa documental. Seus instrumentos são questionário, sessão de grupo e materiais audiovisuais. Fundamenta-se na Design Science Research (DSR) e seu desenvolvimento de produtos no Human-Centered Design (HCD), dividido em três (3) fases: “Ouvir”, com avaliação do conhecimento preexistente, auto-documentação e proposição de artefatos para resolver o problema específico; “Criar”, com a abordagem de co-projeto participativo, envolvendo a identificação de padrões para extrair insights principais, e transformação de ideias em realidade, produzindo protótipos; e “Implementar”, abrangendo a identificação de capacidades necessárias, avaliação do artefato, com a realização de testes com usuários, para avaliar a aplicabilidade das diretrizes propostas e o impacto gerado, conclusões e comunicação dos resultados. Como resultados, instruções relacionadas a fatores técnicos, sobre impressoras 3D, filamentos e configurações de impressão, e sociais, sobre parceiros potenciais, para estimular a implementação de iniciativas, e produtos (martelo e recipientes) foram desenvolvidos para beneficiar um grupo de trabalhadores da cajucultura de Jacaraú, Paraíba, com conforto e agilidade.

Palavras-chave: design. inovação social. impressão 3D.

Abstract: *This paper is derived from a research that establishes the relationship between Additive Manufacturing and Social Innovation, from the perspective of Design, and aims to propose guidelines for inserting 3D Printing in socially innovative projects, especially in disadvantaged regions. It is characterized as applied in nature, with a mixed approach, exploratory and descriptive, as to its objectives, and bibliographic. Its procedures include case studies, which are multiple, which were selected because*

they generate 3D printed products that cause social impact in a given context, and documentary research. Its instruments are questionnaires, group sessions and audiovisual materials. It is grounded in Design Science Research (DSR) and its product development through Human-Centered Design (HCD), divided into three (3) phases: "Hear", with evaluation of pre-existing knowledge, self-documentation and artifacts proposition to solve a specific problem; "Create", with the participatory co-design approach, involving the identification of patterns to extract main insights, and transformation of ideas into reality, producing prototypes/physical models; and "Deliver", covering the identification of necessary capabilities, evaluation of the artifact, with user testing to assess the applicability of the proposed guidelines and the impact generated, conclusions and communication of the results. As results, instructions related to technical factors, about 3D printers, filaments and printing configurations, and social factors, about potential partners, to stimulate the implementation of initiatives, and products (hammer and containers) were developed to benefit a group of cashew workers from Jacaraú, Paraíba, with comfort and agility.

Keywords: *design. social innovation. 3D printing.*

INTRODUÇÃO

A Organização das Nações Unidas – ONU (2023) estimou que mais 360 milhões de pessoas ao redor do mundo precisavam de ajuda humanitária em 2023 – 30% a mais do que o mesmo período do ano anterior –, o que equivale a um em cada 22 habitantes do planeta. Também foi ressaltado que os motivos se referem a conflitos não resolvidos, problemas econômicos globais intensificados pela COVID-19 e o impacto causado pela invasão russa na Ucrânia.

Nesse sentido, a Inovação Social surge como uma atividade com finalidade e recursos de gerar novas ideias (produtos, serviços, práticas e modelos) desenvolvidas e implementadas para satisfazer às necessidades sociais e criar novas relações ou

colaborações entre organizações públicas ou privadas, favorecendo a sociedade e suas formas de atuação (European Union, 2021).

Sob essa perspectiva, o designer e educador Victor Papanek (1971) é conhecido como pioneiro da linha de pensamento defensora da responsabilidade ambiental e social, afirmando que o designer deve tornar suas habilidades acessíveis para o mundo, atuando para resolver problemas da comunidade. Em tempos contemporâneos, Manzini (2017) relaciona a Inovação Social à Inovação Tecnológica, que colabora na identificação de novas soluções para problemas específicos, tal união tem modificado sistemas de infraestrutura, produtivos e de consumo.

Posto isto, uma das tecnologias que vem ganhando notoriedade é a impressão 3D, um processo de produção, operacionalizado por computador, cujo material é adicionado em camadas e que contribui com diversas áreas, no aprimoramento da criação de novos produtos, ao responder requisitos e indicar mudanças (Bagliotti; Gasparotto, 2021).

Segundo o *"Future of Jobs Report"* ("Relatório do Futuro dos Empregos") realizado pelo *World Economic Forum* (Fórum Econômico Mundial), edição de 2023, os setores que mais poderão adotar impressão 3D até 2027 são: automotivo e aeroespacial (61%), manufatura (55%), infraestrutura (52%), mídia, entretenimento e esportes (52%), cuidados, serviços pessoais e bem-estar (48%) e educação e treinamento (47%) (World Economic Forum, 2023).

Trazendo para a área do Design, a impressão 3D tem revolucionado o âmbito do Design e atua eficazmente na prototipagem, fase destinada a representar a solução selecionada, verificando pontos de controle e questões fundamentais (Prado; Socage, 2022). Contudo, atualmente, também é capaz de produzir objetos finalizados e acabados.

Perante o panorama apresentado, a impressão 3D pode ser um importante vetor tecnológico para a Inovação Social, sendo empregada para alcançar comunidades

desfavorecidas por determinadas problemáticas. Neste caso, o enfoque foi nas regiões interioranas da Paraíba, estado da região Nordeste do Brasil que está entre as 10 maiores taxas de pobreza, desemprego e analfabetismo do país (IBGE, 2024).

Portanto, este artigo é resultado de uma pesquisa aplicada, mista, exploratória, descritiva e bibliográfica, que busca demonstrar relações entre os campos citados sob a perspectiva do Design, propondo direcionamentos para a implementação desse meio de fabricação e verificando-os na prática com grupo paraibano de trabalhadores da cajucultura.

INOVAÇÃO SOCIAL

Inovação Social é um termo que foi usado pela primeira vez no início dos anos 70, em uma publicação acadêmica, de Taylor (1970), acerca da aprendizagem com pessoas em condições de risco. Ainda no mesmo ano, um estudo de Gabor (1970) foi publicado, este abordava as inovações sociais direcionadas ao desenvolvimento territorial, dando ênfase a como o advento dessas iniciativas possui uma natureza local.

Ainda nessa perspectiva, o conceito de Inovação Social está relacionado com mudanças na maneira que os indivíduos ou comunidades atuam para a resolução de seus próprios problemas ou criação de oportunidades (Manzini, 2008).

A Inovação Social pode ser dividida em estágios, sendo seis ao total, que abrangem desde a formação das ideias até ao impacto causado por elas, que não seguem necessariamente uma sequência, já que determinadas inovações voltam-se diretamente para a “prática” ou “escalonamento”, e existem ciclos de *feedbacks* ao decorrer dos mesmos, são eles: solicitações, inspirações e diagnósticos; propostas e ideias; prototipagem e pilotos; sustentabilidade; dimensionamento e difusão; mudança sistêmica (Murray; Caulier-Grice; Mulgan, 2010).

IMPRESSÃO 3D

O princípio de fabricação por adição de material surgiu no fim da década de 1980, nomeado de Manufatura Aditiva (*Additive Manufacturing* – AM), ou também chamado de Impressão 3D (tridimensional). A adição gradativa de material, no formato de camadas, recebe dados de um modelo geométrico 3D computacional do objeto (Carvalho; Volpato, 2017).

A solicitação de patente de um sistema de prototipagem rápida do médico japonês Hideo Kodama, do Instituto Municipal de Pesquisa Industrial de Nagoya, em maio de 1980, marca o início de equipamentos relacionados a manufatura aditiva. A tecnologia foi descrita como uma “cuba de material fotopolímero (tipo de resina), exposta à luz UV, que torna a peça rígida e produz modelos de camada em camada”, no entanto, o registro não foi bem sucedido (Lonjon, 2017).

Na atualidade, as etapas desse meio produtivo, descritas por Carvalho e Volpato (2017), são: (1) modelagem tridimensional; (2) conversão do modelo geométrico 3D para um formato apropriado para manufatura aditiva; (3) planejamento do processo para a produção por camada: fatiamento e delimitação de estruturas de apoio e técnicas de deposição de material; (4) fabricação do objeto no equipamento de manufatura aditiva (impressora 3D); (5) pós-tratamento.

DESIGN PARA INOVAÇÃO SOCIAL E TECNOLÓGICA

O Design voltado para Inovação Social não se trata de uma disciplina nova e destina habilidades e capacidades, com combinações variadas, para promoção e apoio de ações socialmente positivas, fazendo com que se ative, sustente e oriente caminhos de mudança social direcionados a sustentabilidade (Manzini, 2017). Inserido nesse campo do Design, o objetivo é o desenvolvimento de produtos, serviços, processos e políticas que resultam no atendimento mais eficaz das necessidades de grupos

sociais, com soluções que tendem a impulsionar recursos que já existem, mas são pouco utilizados (Niemeyer, 2017).

Vale ainda salientar que as inovações são reflexo e provenientes de diversas atividades e capacidades tecnológicas, abarcando experimentações, modelos criativos e soluções fundamentadas na Engenharia, Design, Pesquisa e Desenvolvimento (P&D). À vista disso, a Inovação Tecnológica, definida como inovação de processos e produtos, ou seja, novidades implementadas por setores de produção, o que é possível devido a pesquisa ou investimentos, traz mais eficiência ao sistema produtivo (Leal; Figueiredo, 2021), podendo ser relacionada ao Design.

Nesse sentido, o Design é tido como uma atividade inclusa na vasta área de Inovação Tecnológica, pois se envolve nas etapas de desenvolvimento de produtos, que inclui pontos como uso, utilidade, função, produção e qualidade formal/estética (Hsuan-An, 2017), auxiliando no aperfeiçoamento de técnicas, redução de recursos e novas possibilidades para desenvolver produtos e serviços, entre outros aspectos positivos.

MÉTODOS E TÉCNICAS

VISÃO GERAL DOS MÉTODOS

A *Design Science Research* (DSR), método que unido à pesquisa bibliográfica e aos estudos de caso fundamenta este trabalho, também foi inserida nas fases de criação e avaliação dos produtos, este método determina e operacionaliza pesquisas cujo objetivo é um artefato ou uma recomendação, tanto em contexto acadêmico quanto organizacional. É estruturado em 12 passos principais, abrangendo as abordagens científicas abdução, dedutiva e indutiva, iniciando pela “Identificação do Problema” até chegar a “Comunicação dos Resultados” (Dresch; Lacerda; Antunes Júnior, 2015).

Visando a proposta desta pesquisa, as etapas para o desenvolvimento de produtos foram respaldadas pelo *Human-Centered Design* (HCD) – Design Centrado no Ser Humano –, processo projetual, que, simultaneamente, é um kit de ferramentas para gerar novas soluções numa esfera global, abrangendo produtos, serviços, ambientes, organizações e modos de interação. É intitulado dessa maneira pois inicia-se pelo beneficiado da solução em criação, investigando as necessidades, desejos e comportamentos dele (IDEO, 2015).

O processo estratégico é iniciado com um desafio estratégico específico e prossegue por três (3) fases centrais (IDEO, 2015):

- Ouvir (*Hear*): histórias são coletadas e as pessoas servem de inspiração, busca-se atender os desejos dos usuários por meio da compreensão de suas necessidades, expectativas e aspirações;
- Criar (*Create*): estruturas, oportunidades, soluções e protótipos traduzem os relatos ouvidos; *insights* sobre a realidade atual são transformados em oportunidades futuras, com filtragem e seleção de informações;
- Implementar (*Deliver*): as soluções chegam à prática mediante a um ágil sistema de modelo financeiro, estimativas de capacitação e planejamento de implementação, as que são desejáveis passam por uma reavaliação para se tornarem viáveis, o que é importante para o sucesso, e as melhores ideias sejam executadas.

Os instrumentos foram questionário, sessão de grupo e materiais audiovisuais, e pelo envolvimento de atividades com grupos de pessoas, a pesquisa foi registrada na Plataforma Brasil (Processo CCAE: 81478924.1.0000.5182) e aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba.

A estrutura metodológica está apresentada na Figura 1.

Figura 1 - Fluxograma metodológico da pesquisa



Fonte: Autores (2024)

RESULTADOS E DISCUSSÕES

ESTUDOS DE CASO

Na pretensão de investigar e demonstrar a utilização de impressão 3D em projetos promotores de Inovação Social, recorreu-se a uma revisão de estudos de caso, método de pesquisa que investiga fenômenos contemporâneos de maneira profunda e inseridos em seu contexto real, principalmente quando alguns limites não são evidenciados facilmente (Yin, 2018).

A seleção considerou alguns critérios pré-estabelecidos, sendo estes: gerar impacto social, resultar em produtos tangíveis produzidos por Impressão 3D, atuar em qualquer lugar do mundo, independentemente da área, e ter começado suas atividades há no mínimo 3 anos. Cinco (5) casos foram selecionados, priorizando a diversidade de contextos geográficos, sociais e culturais, já que cada um deles é de um país e segmento diferente, e focados em demandas urgentes das comunidades do interior envolvidas.

Para o levantamento dos casos foram usadas palavras-chave como “casos”, “inovação social” e “impressão 3D” (também em inglês: “cases”, “social innovation” e “3D printing”), extraindo as informações de artigos científicos e páginas/sites oficiais das organizações/iniciativas.

Os casos foram estruturados nos tópicos a seguir (Torres, 2016):

- Contexto: definição do estado encontrado a comunidade na etapa inicial de atuação da equipe do projeto, que posteriormente aponta estratégias para solucionar problemas percebidos;
- Atores (*stakeholders*): identificação dos agentes envolvidos no processo inovativo;
- Descrição do Desenvolvimento: detalhamento das etapas do processo adotado, englobando a abordagem de codesign, métodos e ferramentas utilizados;
- Resultados: apresentação dos resultados do projeto, os quais foram entregues e implementados em prol da comunidade;
- Impacto: averiguação e mensuração, quando possível, do impacto causado ao implementar os resultados, comprovando a transformação na realidade local.

Caso 1 – *AcuaLab* (Figura 2)

- Contexto: Nariño, comunidade costeira na Colômbia.
- Atores: FabLab Nariño, Cátedra Futuro, Secretaria de Tecnologia da Informação e Comunicações, Inovação e Governo Aberto (SEC.TIC), Governo de Nariño.
- Descrição do Desenvolvimento: Método “*Feeling*”, dividido nas etapas “Prepare a viagem”, “Decolar”, “Voar”, “Explorar” e “Pousar”.
- Resultados: Filtro de peças impressas em 3D para possibilitar água limpa em contextos insalubres, promovendo autonomia para comunidades, já que a confecção pode ser feita pelos próprios usuários.
- Impacto: 7 municípios visitados, 12 oficinas *maker* de capacitação, 210 pessoas beneficiadas e mais de 300 filtros produzidos pelas comunidades.

Figura 2 - Workshop de fabricação e detalhes do filtro AcuaLab



Fonte: CISNA - Centro de Innovación Social (2019)

Caso 2 – *Face Shields* (Figura 3)

- Contexto: Londrina, cidade do Paraná, Brasil, no início da pandemia de COVID-19 (2020).
- Atores: Grupo colaborativo (aproximadamente 40 pessoas) e empresas de Londrina/PR.

- Descrição do Desenvolvimento: Método *Design for Social Sustainability Framework* (DfSS), com três níveis de avaliação (produto, processo e paradigma).
- Resultados: Protetores faciais (*face shields*), com suporte impresso em 3D e lâmina de plástico tereftalato de polietileno (PET).
- Impacto: Contribuições ao Hospital Universitário (HU) de Londrina e alta redução de custo.

Figura 3 - Impressora 3D utilizada e suporte dos face shields



Fonte: Sampaio; Luiz (2021)

Caso 3 – *Field Ready* (Figura 4)

- Contexto: Diversas regiões do mundo, incluindo, Nepal, Síria, Pacífico Sul, Iraque, Estados Unidos e Turquia.
- Atores: Trabalhadores humanitários e tecnólogos especialistas em diversas áreas.
- Descrição do Desenvolvimento: Dividido em cinco etapas “Avaliar”, “Design”, “Fazer”, “Compartilhar” e “Liderar”.
- Resultados: Suprimentos humanitários relacionados a água, saneamento, higiene, saúde, proteção, *non-food items* (itens não-alimentícios) (NFIs), entre outros.

- Impacto: Redução em 90% do preço de alguns suprimentos, aumento na velocidade de entrega, mais resiliência e preparação para comunidades.

Figura 4 - Suprimentos humanitários impressos em 3D



Fonte: Field Ready (2018)

Caso 4 – *Proximity Designs* (Figura 5)

- Contexto: Mianmar, país do sudeste asiático.
- Atores: 130 profissionais de tecnologia agrícola, 225 de serviços agrônômicos, mais de 450 de finanças agrícolas e 10 designers.
- Descrição do Desenvolvimento: Design Thinking, com enfoque na criatividade e empatia.
- Resultados: Peças como componentes de aspersor e de bomba de água.
- Impacto: Mais de 250.000 clientes agrícolas beneficiados por ano, aproximadamente mais de 1.300.000 de famílias, 17.000 aldeias, 227 municípios, cerca de 75% da população agrícola, ganho líquido de \$275

anuais por renda do agricultor, 6 vezes (ganho de lucro líquido/custo de entrega), \$725.000.000 nos últimos 19 anos, 20% do orçamento resultante de receitas ganhas e taxa de reembolso de 98% em empréstimos agrícolas.

Figura 5 - Anéis espaçadores impressos em 3D para a Proximity Designs

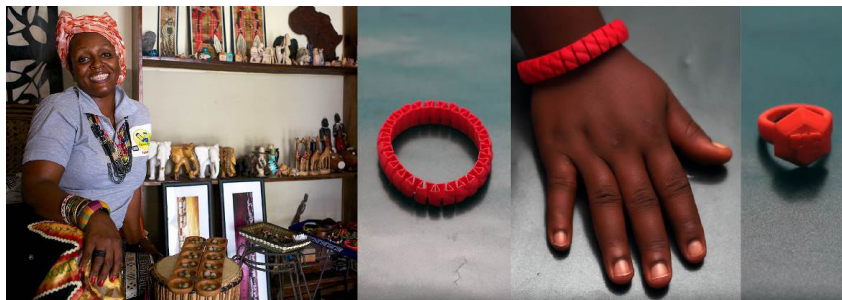


Fonte: Harimoto (2016)

Caso 5 – 3D Africa (Figura 6)

- Contexto: Países do continente africano.
- Atores: Profissionais como engenheiros, médico, modelador CAD e administrador.
- Descrição do Desenvolvimento: *software* de aprendizagem, *hardware* e programas de modelagem digital, trabalho em laboratório em equipe, com foco no planejamento, invenção, inovação, apresentação e revisão de modelos de impressão 3D destinados a soluções para o mundo real, mentorias para o desenvolvimento de oportunidades de empreendedorismo *on-line* com produtos impressos em 3D e trabalho em espaço *maker* para projetos individuais ou criação de negócios empreendedores.
- Resultados: *Afrocentric Afrique* (Akwa Ibom, Nigéria), Centro de Impressão 3D (Lagos, Nigéria) e drone (Nigéria).
- Impacto: O programa educacional já alcançou 500 jovens, garotas e mulheres empresárias na Nigéria, Quênia e Estados Unidos, indicando outras opções de renda e possibilidades de emprego.

Figura 6 - Proprietária e produtos da Afrocentric Afrique



Fonte: 3D Africa (2023)

ANÁLISE CRUZADA DE CASOS

Após a descrição dos casos selecionados no tópico anterior, examinando aspectos de cada um deles, é feita esta análise comparativa para a identificação de semelhanças e padrões, assim como as diferenças, para a validação e aprimoramento de pontos encontrados na revisão da literatura.

Ao analisar os estudos de casos, é verificado como as ferramentas de Design são aplicadas para que os projetos fossem desenvolvidos e como as histórias e experiências são contadas por eles.






Seguindo a proposta de Torres (2016), a análise seguiu os tópicos abaixo:

- Fases: 1) imersão/análise, 2) oportunidades e desafios, 3) geração de ideias + laboratório criativo, 4) protótipo e teste + avaliação e feedback, 5) entrega e implementação + plano de ação, 6) impacto/crescimento e dimensionamento;
- Estilo de gestão: participativo, preza pela participação efetiva de todos os envolvidos no projeto, experimental, com foco nas etapas de prototipagem

- e testes, e centrado, conta com a colaboração direta e centralizada de órgãos governamentais, empresas, instituições, etc.;
- Perfil de resultados: sistema/transformação centrado no produto, produto-serviço e sistema de solução sociotécnico;
 - Abordagem: local-global, implementação em realidade local com potencial de aumentar o impacto ao chegar em outros lugares do mundo, sistêmica, os elementos do sistema têm mesmo peso e importância ao prestar determinado serviço, artesanal, abarca técnicas de fabricação manual, e adaptação funcional, adequação de solução que já existe para implementá-la em um novo contexto.

Toda a análise está resumida na Figura 7.

Figura 7 - Classificação resultante da análise dos estudos de caso

	FASES	ESTILO DE GESTÃO	PERFIL DE RESULTADOS	ABORDAGEM
	Todas	Participativo/ Centrado	Transformação centrada no produto	Local-global
	Apenas 4	Centrado	Transformação centrada no produto	Adaptação funcional
	Todas	Participativo	Produto-serviço	Local-global
	Todas	Experimental	Sistema centrado no produto	Sistêmica
	Apenas 5	Participativo/ Centrado	Produto-serviço	Sistêmica

Fonte: Autores (2024)

DIRETRIZES

Baseando-se nos cinco (5) casos anteriormente descritos e analisados, diretrizes para a inserção da impressão 3D em iniciativas de Inovação Social foram propostas, podendo ocorrer as adaptações necessárias, preferencialmente indicadas para o processo de Modelagem de Deposição Fundida (*Fused Deposition Modeling* - FDM), são elas:

1. Instituir a equipe de projeto (pessoas dispostas a contribuir na missão e, de preferência, com diferentes habilidades);
2. Identificar desejos e necessidades dos indivíduos/da comunidade;
3. Desenvolver produto/serviço para atender a determinado(s) desejo(s) e/ou necessidade(s), de maneira colaborativa;
4. Conseguir parceiros confiáveis, como ONGs, instituições, empresas, etc.;
5. Adquirir os equipamentos necessários: impressora 3D, filamentos, computador, móveis/bancada, materiais para pós-tratamento (lixa, *primer*, tinta, etc.) OU Imprimir em *Fab Labs*/Laboratórios de Fabricação Digital;
 - 5.1 Produzir os arquivos necessários para a impressão 3D OU baixar gratuitamente em repositórios virtuais, dentro dos parâmetros adequados;
 - 5.2 Ajustar configurações e equipamentos para a impressão 3D;
 - 5.3 Capacitar equipe para a execução da impressão 3D;
6. Imprimir produtos na quantidade necessária de acordo com a demanda;
7. Implementar solução considerando as especificidades do projeto (local, demanda, clima, público-alvo, etc.).

Como instruções complementares, alguns aspectos da impressão merecem atenção, como a espessura da parede, no mínimo 0,8 mm e varia sendo dobro do diâmetro do bico, as pontes, ou seja, dois pontos sem material de suporte, que o recomendado é de no máximo de 15mm, e as saliências, as de alta qualidade são de até 45° e as de 60° de qualidade aceitável. Furos e arcos também devem

ser considerados, sejam verticais, por exemplo, para um furo de 2 mm talvez seja/ pode ser preciso adicionar 0,2 mm para compensá-lo, ou horizontais, seja com a finalidade apenas visual, utilizando material de suporte, ou funcional, adaptando o formato para o de lágrima (Arroyo, 2020).

O indicado é que os cantos sejam arredondados ao se utilizar impressoras 3D FDM, assim como pinos, com diâmetros entre 3 mm e 5 mm, filetes, que funciona como solução para reforçar partes do modelo 3D, e peças interligadas, cuja distância de 0,3 mm entre elas facilita a montagem (Arroyo, 2020).

Sobre equipamentos e recursos, a seguir estão algumas indicações também de modo geral, com preços referentes a dezembro de 2024:

- Impressoras 3D: *Creality* = A partir de R\$1.099,00; *Bambu Lab* = A partir de R\$2.199,96; *Anycubic* = A partir de R\$1.199,00; *Elegoo* = A partir de R\$1.690,04; *FlashForge* = A partir de R\$2.045,08.
- Filamentos polímeros (1 kg): *Voolt 3D* = PLA: R\$84,10 / ABS: R\$67,26 / PETG: R\$73,58; *Creality* = PLA: R\$78,90 / ABS: R\$94,90 / PETG: R\$113,90; *3D Lab* = PLA: R\$80,07 / ABS: R\$45,00 / PETG: R\$65,46; *3D Fila* = PLA: R\$84,90 / ABS = R\$59,90 / PETG = R\$79,90.
- Repositórios de modelos 3D: *Cults 3D* (<https://cults3d.com>); *Pinshape* (<https://pinshape.com>); *Printables* (<https://www.printables.com>); *Thingiverse* (<https://www.thingiverse.com>).
- Softwares de modelagem 3D: *Autodesk Fusion 360*; *Blender*; *Rhinoceros*; *SketchUp*; *Tinkercad*.

OUVIR (HEAR)

AVALIAÇÃO DO CONHECIMENTO PREEXISTENTE

A atividade em grupo para a Avaliação do Conhecimento Preexistente, provinda do HCD (IDEO, 2015), foi realizada por cinco (5) pessoas, duas delas agentes governamentais, membros da Secretaria de Agricultura e Desenvolvimento Econômico (SADE) de Jacaraú, Paraíba, que indicaram dois trabalhadores da cajucultura, que executam o assamento e a quebra de castanhas de caju para comercialização, e também o pesquisador (Figura 8).

Figura 8 - Sessão em grupo: Avaliação do Conhecimento Preexistente



Fonte: Autores (2024)

As notas foram reunidas em um cartaz e organizadas por participantes, cada um representado por uma cor, seguindo a ordem dos tópicos abordados.

Os pontos que podem ser destacados são: esse tipo de trabalho é, comumente, uma atividade familiar, cujos equipamentos são variados, mas nem sempre os mais apropriados, sendo alguns deles improvisados, e que há pouco conhecimento e verificação dos trabalhadores sobre produtos profissionais. Além disso, embora a recepção do público-alvo a novidades seja duvidosa, o produto a ser desenvolvido deve atender suas necessidades: saúde, conforto e sem interferências na qualidade e sabor da castanha.

AUTO-DOCUMENTAÇÃO

Após a explicitação do objetivo e assinatura do TCLE e do TAF, o participante selecionado, um (1) trabalhador beneficiado com a castanha de caju, fez registros fotográficos, com o seu próprio telefone celular (*smartphone*), dos processos de assamento e quebra da castanha. A intenção desse método, oriundo do HCD (IDEO, 2015), foi documentar para evidenciar as especificidades de tipo de prática, de forma espontânea, sem qualquer interferência do pesquisador.

As imagens foram capturadas em dois (2) dias diferentes, no primeiro (1º) deles as etapas de assamento, começando com a preparação do fogo com restos de cascas de castanha e cinzas. As castanhas são depositadas em bandejas de metal com furos (caco) para o escoamento do seu líquido, com uma vara de madeira são mexidas e a bandeja que fica sobre o fogo é retirada. Por fim, transferem as castanhas para um balde e colocam areia sobre elas (Figura 9).

Figura 9 - Registros da Auto-documentação (1º dia)



Fonte: Autores (2024)

No segundo (2º) dia foram fotografadas as etapas de quebra, começando com as castanhas assadas sobre uma mesa de concreto e o uso de uma ferramenta improvisada (cilindro metálico, que varia de acordo com o tamanho da castanha, com ponta amassada) para a remoção das cascas. Por último, as castanhas são colocadas próximas ao fogo, funcionando como uma estufa, para que fiquem secas e posteriormente o descascamento seja finalizado (Figura 10).

Figura 10 - Registros da Auto-documentação (2º dia)



Fonte: Autores (2024)

As fotografias revelam a improvisação de instrumentos/ferramentas, geralmente de baixo custo, produzidos em madeira ou metal, uso de vestimentas que cobrem o corpo, porém não específicas para esse tipo de trabalho, e equipamentos de proteção individual (luvas, óculos e balaclava).

PROPOSIÇÃO DE ARTEFATOS PARA RESOLVER O PROBLEMA ESPECÍFICO

Respaldados nos resultados das técnicas empregadas, alguns artefatos para melhoria do trabalho com a castanha de caju são propostos neste subtópico, conforme a DSR (Dresch; Lacerda; Antunes Júnior, 2015). As alternativas de solução

também consideram as sugestões da Avaliação do Conhecimento Preexistente e para ambas as etapas (assamento e quebra) da atividade em questão: apoio para braço, na intenção de amenizar dores nessa região do corpo; bancada, servindo de apoio e de forma higiênica; proteção para dedos, para evitar lesões/ferimentos; recipiente para água, facilitando o seu consumo e estimulando a hidratação dos trabalhadores; descascador de castanha, tendo como referência o de alho; produto para higienização, já que nota-se um déficit nessa questão; recipientes para armazenar/separar/transportar as castanhas; martelo/batedor, específico para a quebra de castanha de caju e com opções de tamanhos; óculos/máscara de proteção, devido ao contato com fumaça e alguns tipos resíduos; estufa, buscando a simplificação de processos e manter o sabor da castanha; viseira, devido a exposição ao sol e por ser uma substituta do boné; recipiente/mesa com tela para tirar a pele da castanha.

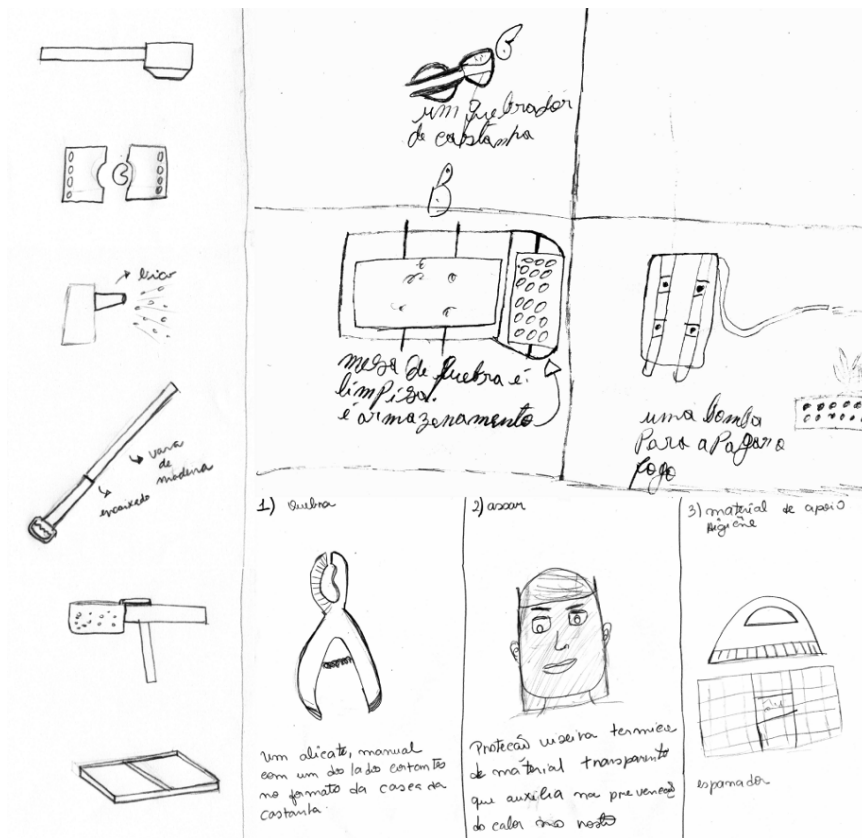
CRIAR (CREATE)

CO-PROJETO PARTICIPATIVO: WORKSHOP DE CO-PROJETO

O *Workshop* de Co-projeto (HCD), sessão em grupo para geração de ideias representadas em esboços, foi realizado com dois (2) participantes, além do pesquisador, um deles agente governamental, membro da Secretaria de Agricultura e Desenvolvimento Econômico (SADE) de Jacaraú/PB, e o outro trabalhador da cajucultura da mesma cidade.

A sessão aconteceu na sede da SADE, iniciando com a explicitação dos processos e objetivos, seguida da assinatura dos termos necessários (TCLE e TAF). Para facilitar e estruturar a criação, os esboços de equipamentos/ferramentas foram divididos em três (3) eixos: quebra, assamento e apoio/higiene (Figura 11).

Figura 11 - Esboços de produtos: Workshop de Co-projeto



Fonte: Autores (2024)

Os participantes levaram em conta a viabilidade de produção em Impressão 3D ao idealizar os produtos, que incluem quebradores (em diversos formatos), máscara de proteção facial, espanador, base e mesa para quebra, bomba e bico para apagar fogo, recipientes para castanhas, materiais e resíduos, e houve certa dificuldade no tópico de equipamentos para apoio ou higiene. As soluções também foram detalhadas oralmente e algumas experiências, relacionadas à temática, relatadas.

IDENTIFICAÇÃO DE PADRÕES: EXTRAIR INSIGHTS

Com a execução do *Workshop* de Co-projeto, desde os esboços de produtos às experiências compartilhadas pelos participantes, foram extraídos os seguintes *insights*:

1. A higiene nos processos é precária;
2. O armazenamento é feito improvisadamente;
3. Apagar o fogo causa incômodos, a depender da posição do vento;
4. Dificuldade em pensar em produtos impressos em 3D para a etapa de assamento;
5. Ausência de vestimentas apropriadas;
6. Alguns instrumentos/equipamentos são improvisados;
7. A limpeza da bancada é insatisfatória;
8. A fumaça pode atrapalhar ao assar as castanhas de caju;
9. O descarte dos resíduos (das castanhas de caju) é meio inadequado;
10. A proteção de rosto é insuficiente;
11. A segurança nas etapas não é garantida.

Seguindo as orientações da IDEO (2015) no guia do HCD, cinco (5) *insights* principais foram selecionados para seguir norteando o projeto, neste caso, considerou-se relevância, urgência e viabilidade de implementação, sendo estes: 2, 3, 6, 7 e 9.

TRANSFORMAÇÃO DE IDEIAS EM REALIDADE

A construção de protótipos tem a finalidade de tornar as ideias tangíveis e passíveis de avaliação, com agilidade e baixo orçamento, para que se selecione a ideia mais apropriada. Um protótipo pode ser *storyboards* (esboços sequenciais), teatro, diagramas ou modelos físicos (IDEO, 2015).

Para essa pesquisa foram confeccionados modelos físicos, impressos em 3D no Laboratório *Design For Human* (D4H) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) em PLA (poliácido láctico). A criação se pautou no *Workshop* de Co-projeto, aprimorando-se algumas ideias e buscando inspiração na forma da castanha de caju.

O primeiro produto desenvolvido é um martelo para a quebra da castanha após o seu assamento, sua altura é de 24,5 cm e peso de 70 g. O cabo possui pega anatômica e remete ao formato de uma folha, um dos lados de sua cabeça é arredondado e o outro chanfrado, para se assemelhar a um fio de lâmina e simplificar a quebra (Figura 12).

Figura 12 - Martelo para quebra de castanha de caju



Fonte: Autores (2024)

Os demais produtos são recipientes para o armazenamento das castanhas após a sua quebra, o menor com a capacidade de 3,1 L e o maior de 3,6 L (Figura 13). Se acoplam para que sejam transportados e guardados com mais facilidade e higiene. O maior possui duas alças, que a princípio serviriam para encaixar o martelo, mas isso foi impossibilitado porque o produto teve que ser reduzido devido ao tamanho a impressora 3D utilizada, e ao mesmo tempo para auxiliar no manejo.

Figura 13 - Recipientes para armazenamento de castanhas de caju



Fonte: Autores (2024)

IMPLEMENTAR (DELIVER)

IDENTIFICAÇÃO DE CAPACIDADES NECESSÁRIAS

Conforme é determinado pela IDEO (2015) para o HCD, a Identificação de Capacidades Necessárias engloba três eixos, o primeiro deles é Distribuição, maneiras de como a solução chegará aos beneficiados por ela, que nesse trabalho abrange os seguintes pontos: os arquivos em 3D serão disponibilizados gratuitamente em: <https://linktr.ee/victorara>; o pesquisador poderá ser contatado por e-mail ou redes sociais; órgãos públicos e privados podem realizar a impressão em 3D dos produtos para distribuir de forma estritamente gratuita; os produtos podem ser impressos em pequena ou grande escala e transportados por variados meios de transporte, já que são portáteis.

O segundo são as Capacidades Requeridas, sejam humanas, manufatureiras, financeiras ou técnicas, as que foram definidas como necessárias são: impressoras

3D e materiais necessários nas etapas de pré/pós-tratamento; colaboração com *Fab Labs* ou pontos/centros de impressão 3D; pessoas habilitadas em impressão 3D; apoio financeiro de instituições públicas e/ou privadas; investimento colaborativo do grupo beneficiado; meios de transporte.

E o terceiro são os Parceiros Potenciais, organizações ou indivíduos que possuem capacidades ainda não obtidas, sendo estes: agentes/órgãos governamentais; ONGs, empresas, projetos sociais, iniciativas privadas, etc.; trabalhadores da cajucultura; profissionais ou amadores (que fazem uso pessoal) em impressão 3D; designers, modeladores 3D e profissionais afins; empreendedores/investidores sociais; pesquisadores interessados em impressão 3D/Inovação Social.

AVALIAÇÃO DO ARTEFATO: TESTES COM USUÁRIOS

Para avaliar os produtos desenvolvidos, segundo a DSR (Dresch; Lacerda; Antunes Júnior, 2015), neste caso, os testes foram executados por dez (10) participantes, sendo cinco (5) homens e cinco (5) mulheres, ambos trabalhadores que obtêm renda com o assamento e a quebra da castanha de caju (Figura 14).

Figura 14 - Registros dos Testes com Usuários



Fonte: Autores (2024)

Na seção I “Perfil do Participante” do questionário, as idades variam entre 18 e 56 anos, com predominância de 26 a 27 anos.

Sobre o tempo de trabalho na área de cajucultura, os períodos foram divididos em 0 a 3 anos (2 respostas), 3 a 5 anos (3 respostas), 5 a 10 anos (3 respostas) e mais de 10 anos, os percentuais foram equilibrados.

Na seção II “Avaliação dos Produtos”, ao descrever os produtos em algumas palavras (características, qualidades, defeitos...), o atributo “bom” foi o mais usado, “útil”, “higiénico” e “ótimo” também foram registrados. Já sobre a questão “O que mais te atraiu nos produtos?”, “Cor” não obteve nenhuma resposta, “Forma”, teve o maior número com 5 respostas, “Material” 2 respostas e “Função” 4 respostas.

E ainda indicaram o porquê dessa atração, sobre a forma: “É arredondado”, “É diferenciada”, “Por causa do tamanho e semelhança com produtos de outra função”, “Devido ao modelo” e “Por ser diferente”. Sobre a função: “Objetos novos para o trabalho”, “Confortável e leve” e “A castanha sai inteira”, e sobre o material: “Resistente e útil” (também referente a função) e “É bom para trabalhar”. Os produtos foram classificados em “Ótimo”, tendo o maior número de respostas com 5, “Bom” 2 respostas, “Regular” 3 respostas, “Ruim” e “Péssimo” ambos com nenhuma.

Na seção III “Avaliação do Impacto”, nove (9) participantes indicaram que os produtos ajudaram na realização das atividades, e em que sentido: “Agilidade” com 4 respostas, “Precisão” 2 respostas, “Higiene” uma resposta e “Conforto” 6 respostas, e apenas um (1) que não.

Ao responder se os produtos podem trazer benefícios para a sua comunidade, nove (9) participantes indicaram que sim, e de que maneira: “Na higiene/higienização”, “Auxilia na pega, com mais conforto”, “Mais organização”, “Rapidez e aumento de produção” e “Agilidade e produtividade”, e um (1) que não com a justificativa: “Não são adequados”.

Na seção IV “Sugestões”, as indicações de melhorias para o martelo foram relacionadas ao aumento de seu peso, que influencia na quebra da castanha, e do tamanho de seu cabo, para no mínimo 30 cm, e adaptá-lo para um formato cilíndrico; remoção da parte chanfrada, diminuição da cabeça e mais de uma versão que variasse de tamanho e peso para diferentes tipos de castanhas de caju.

Acerca dos recipientes, foi sugerido alterações nas alças, para que se assemelhem às de galões, e a inclusão delas em ambos os recipientes, aumento de tamanho dos produtos, com capacidade mínima de 3 kg, e a junção deles em apenas um.

CONCLUSÕES

Esta pesquisa demonstrou que é viável a aplicação da Impressão 3D para a Inovação Social, visando o benefício, mesmo que em estágio inicial, de um grupo interiorano, por vezes invisibilizado e necessitado de maior aporte.

Sendo assim, a ênfase no Design cujo humano está no centro foi pertinente e positiva, justamente por se pautar na aproximação e valorização de pessoas nos mais variados contextos. Para fundamentar os processos, também seguiu-se as diretrizes para avaliar sua aplicabilidade.

Outro ponto a se destacar é a colaboração multidisciplinar (pesquisador designer, agentes governamentais ligados à agricultura e trabalhadores da castanha de caju), tanto na fase do ouvir, da criação, na geração de alternativas, quanto na experimentação, testes dos produtos com seus usuários. Algumas dificuldades foram enfrentadas, como conciliar a agenda dos participantes das atividades e do D4H Lab/UFCG para imprimir os produtos, levando em conta as demandas do laboratório, e relacionadas ao ambiente de trabalho dos beneficiados com a castanha de caju.

Diante dos resultados alcançados, foram definidas algumas recomendações para novos estudos, a fim de continuar e aprofundar a investigação de temas concernentes a essa pesquisa e tópicos revisados em seu referencial teórico, como também a implementação dos produtos desenvolvidos, sendo estas: atualizar e retificar as diretrizes, considerando novas tecnologias e possibilidades; incluir ou substituir casos para estudos e análise; aplicar diretrizes em outros contextos; empregar o *Human-Centered Design* (HCD) embasado em outra fonte; ampliar amostra de participantes para os testes; fazer os aprimoramentos necessários nos produtos; concluir implementação dos produtos desenvolvidos.

