

UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO – UFMA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESIGN
MESTRADO EM DESIGN

MARCELO CÁSSIO LIMA SANTOS

**TEXTURAS BIOINSPIRADAS: Análise da Experiência Perceptiva e Afetiva
do usuário.**

São Luís

2025

MARCELO CÁSSIO LIMA SANTOS

**TEXTURAS BIOINSPIRADAS: Análise da Experiência Perceptiva e Afetiva
do usuário.**

Dissertação apresentada ao programa
de Pós-graduação em Design da
Universidade Federal do Maranhão,
como requisito para obtenção do grau de
Mestre em Design.

Orientadora: Ivana Marcia Oliveira Maia

Coorientador: Bruno Serviliano Santos
Farias

São Luís

2025

Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Diretoria Integrada de Bibliotecas/UFMA

Lima Santos, Marcelo Cássio.

TEXTURAS BIOINSPIRADAS : análise da Experiência
Perceptiva e Afetiva do usuário / Marcelo Cássio Lima
Santos. - 2025.

113 p.

Coorientador(a) 1: Bruno Serviliano Santos Farias.

Orientador(a): Ivana Márcia Oliveira Maia.

Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em
Design/ccet, Universidade Federal do Maranhão, São Luís,
2025.

1. Ergonomia Cognitiva. 2. Design Bioinspirado. 3.
Percepção. I. Farias, Bruno Serviliano Santos. II. Maia,
Ivana Márcia Oliveira. III. Título.

MARCELO CÁSSIO LIMA SANTOS

**TEXTURAS BIOINSPIRADAS: Análise da Experiência Perceptiva e Afetiva
do usuário.**

Dissertação apresentada ao programa
de Pós-graduação em Design da
Universidade Federal do Maranhão,
como requisito para obtenção do grau de
Mestre em Design.

APROVADA: / /

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Ivana Márcia Oliveira Maia
Universidade Federal do Maranhão
Doutora em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal de Uberlândia
ORIENTADORA

Profa. Dra. Lívia Flávia de Albuquerque Campos
Universidade Federal do Maranhão
Doutora em Design pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho

Profa. Dra. Inez Maria Leite da Silva
Universidade Federal do Maranhão
Doutora em Multimídia em Educação pela Universidade de Aveiro

Prof. Dr. Flávio Parreiras Marques
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo
Doutor em Engenharia Metalúrgica de Materiais pela Universidade de São Paulo

A Deus, aos meus familiares, amigos
e a todos que, de forma direta ou
indireta, contribuíram para que eu
chegasse até aqui.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, a Deus e a Santa Luzia, que guiram o meu olhar científico.

Aos meus pais e a todos os integrantes da minha família.

À Universidade Federal do Maranhão, pela oportunidade de realizar a pós-graduação.

À CAPES, pela oportunidade de ampliar, no âmbito da pós-graduação, o acesso à educação, à formação e à valorização dos professores.

Ao Thiago Guilherme De Souza Frias, meu namorado, por ter acreditado no meu potencial, me acolher e fortalecer nas horas mais fracas ao longo da pesquisa.

À todos os meus professores e colegas de trabalho da educação, que me incentivaram a concretizar mais essa etapa na minha vida.

À minha orientadora, Profa. Dra. Ivana Marcia Oliveira Maia, e ao Prof. Dr. Bruno Serviliano Santos Farias, que me acolheram de braços abertos e proporcionaram ambiente seguro para o desenvolvimento da pesquisa.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Maranhão (FAPEMA), pela concessão da bolsa de estudos.

RESUMO

Este trabalho propõe uma investigação sobre a criação de texturas bioinspiradas, com foco nas análises afetivas e sua influência nos processos de cognição. A metodologia, baseada em procedimento experimental, contempla uma abordagem quali-quantitativa fundamentada no método *Design Science Research*. Foram produzidas quatro amostras, divididas em dois grupos (G1 e G2) e, posteriormente, aplicou-se três protocolos de avaliação com usuários em espaço público. A amostragem foi composta por 30 participantes, divididos em 15 participantes para cada grupo, que interagiram com as amostras. Os dados coletados foram analisados com base em estatísticas descritivas e inferenciais. Os resultados indicam que as superfícies com maior diferença de contraste entre figura-fundo com alto relevo foram percebidas como mais organizadas, bonitas, atrativas e de fácil interpretação, resultando em menor carga mental de trabalho e menores índices de frustração. Já as amostras em baixo relevo e menor diferença de contraste exigiram maior tempo de observação, maior esforço cognitivo e geraram respostas mais críticas quanto à legibilidade e complexidade visual. A análise qualitativa revelou que fatores como cor de fundo, nitidez dos contornos e simetria foram determinantes na avaliação dos participantes. As respostas também evidenciaram a relevância da percepção tátil na construção do juízo estético e funcional das superfícies. Os resultados reforçam que a ergonomia cognitiva desempenha um papel fundamental no desenvolvimento de superfícies bioinspiradas, ao promover uma interação mais afetiva e confortável entre usuário e objeto. Dessa forma, a pesquisa contribui para o campo do design apontando caminhos para projetos mais interativos e afetivos no contexto do design de produto.

Palavras-chave: ergonomia cognitiva; design bioinspirado; percepção.

ABSTRACT

This study proposes an investigation into the creation of bio-inspired textures, focusing on affective analyses and their influence on cognitive processes. The methodology, based on an experimental procedure, includes a qualitative-quantitative approach based on the Design Science Research method. Four models were produced, divided into two groups (G1 and G2), and three evaluation protocols were subsequently applied with users in a public space. The sample consisted of 30 participants, divided into 15 participants for each group, who interacted with the samples. The collected data were analyzed based on descriptive and inferential statistics. The results indicate that surfaces with a higher contrast difference between figure and background with high relief were perceived as more organized, beautiful, attractive, and easy to interpret, resulting in lower mental workload and lower frustration rates. On the other hand, samples with low relief and a lower contrast difference required more observation time, higher cognitive effort, and generated more critical responses regarding legibility and visual complexity. Qualitative analysis revealed that factors such as background color, sharpness of contours, and symmetry were decisive in the participants' evaluation. The responses also highlighted the relevance of tactile perception in the construction of aesthetic and functional judgments of surfaces. The results demonstrate that cognitive ergonomics also works as a fundamental factor in the development of bio-inspired surfaces by promoting a more affective and comfortable interaction between user and object. Thus, the research contributes to the research design by pointing to ways for more interactive and affective projects in the context of product design.

Keywords: cognitive ergonomics; bio-inspired design; perception.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Processamento cognitivo das informações.....	29
Figura 2 – Influência dos sistemas afetivo e cognitivo na tomada de decisão.....	31
Figura 3– Framework do paradigma cognitivo	33
Figura 4– Exemplo de questionário de experiência do usuário (UEQ).....	34
Figura 5– Design de superfície no cotidiano.....	36
Figura 6- Exemplos de módulo, padrão e padronagem	37
Figura 7- Exemplos malhas	37
Figura 8- Sistemas de repetição	38
Figura 9– Superfícies-objeto.....	39
Figura 10 - Exercício gráfico-visual	42
Figura 11- Placas solares (Captação de energia das folhas).	43
Figura 12 - Exemplo de analogia simbólica da Torre de Cristal inspirada na Vitória-régia.....	43
Figura 13 - Etapas de manufatura aditiva FDM.....	47
Figura 14 - Caracterização da pesquisa	49
Figura 15 - Etapas de pesquisa em Design Science Research.....	50
Figura 16- Arranjo metodológico baseada na DSR e etapas de trabalho.....	51
Figura 17 – Local de Coleta de dados dos participantes.	52
Figura 18 - Exemplos de atividades culturais do CCPE.....	53
Figura 19 - Pares de adjetivos.....	54
Figura 20 - Protocolo NASA-TLX Adaptado.....	55
Figura 21 - Caixa com barreira visual	57
Figura 22 - Primeiro local de coleta de dados	57
Figura 23 - Sequência de aplicação dos protocolos	58
Figura 24 - Fluxograma síntese dos procedimentos.....	59
Figura 25 - Suporte de apresentação das amostras.....	59
Figura 26 - Setor oficial de coleta de dados da pesquisa	60
Figura 27 – Síntese visual dos conteúdos teóricos	63
Figura 28 - Espécies identificadas por Menezes et al. (2021).	65
Figura 29 - Azulejo PE 37	67
Figura 30 - Azulejo PE 17	67
Figura 31 -Vetorização do Azulejo PE 37.....	69
Figura 32 - Vetorização do Azulejo PE 17.....	69
Figura 33 - Vetorização das padronagens	70
Figura 34 - Modelagem tridimensional do modelo PE 37	71
Figura 35 - Modelagem tridimensional do modelo PE 17.....	71
Figura 36 - Composição das texturas com base no módulo PE 17	72
Figura 37 - Composição das texturas com base no módulo PE 37	73
Figura 38 - Amostras	73
Figura 39 - Filamentos PLA Speed Premium	74
Figura 40 - Processo de fatiamento no software Ultimaker Cura	75
Figura 41 - Processo de fatiamento no software Ultimaker Cura	76
Figura 42 - Amostras A e B.....	77
Figura 43 - Amostras C e D.	77

Figura 44 - Separação das amostras em grupos	78
Figura 45 - Escala de Diferencial semântico das amostras A e B.....	80
Figura 46 - Escala de Diferencial semântico das amostras C e D	81
Figura 47 - Escala de Diferencial semântico com junção das quatro amostras.....	82
Figura 48 - Taxa de Carga Mental do Grupo 1	84
Figura 49 - Taxa de Carga Mental do Grupo 2.....	85
Figura 50 - Comparação Inter-Grupo de Carga Mental de Trabalho	86
Figura 51 - Análise lexical das amostras G1.....	88
Figura 52 - Análise lexical das amostras G2.....	89
Figura 53 - Quadro-síntese da experiência Perceptiva e afetiva do usuário	891

LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Princípios da Gestalt aplicados à percepção visual.....	23
Quadro 2 - Recomendações de design para informações visuais	29
Quadro 3– Dimensões de avaliação subjetiva NASA-TLX	35
Quadro 4 – Padrões geométricos naturais.....	45
Quadro 5 - Design Science Research guidelines.....	49
Quadro 6 - Agrupamento dos adjetivos	54
Quadro 7 - Alternativas selecionadas	65
Quadro 8 - Configurações do fatiador Ultimaker Cura	75

LISTA DE SIGLAS

DS – Diferencial Semântico

NASA-TLX – NASA *Task Load Index*

3D – Três Dimensões / Tridimensional

CAD – *Computer Aided Design*

FDM – *Fused Deposition Modeling*

PLA – Ácido Polilático (*Polylactic Acid*)

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	15
Justificativa e delimitação da pesquisa	16
Objetivos.....	18
Objetivo Geral.....	18
Objetivos Específicos.....	18
Aderência à linha de pesquisa	18
Estrutura do documento.....	19
CAPÍTULO 1	20
1. ABORDAGEM TEÓRICA.....	20
1.1. Ergonomia Cognitiva	20
1.1.1 Elementos da ergonomia cognitiva	22
1.1.2 Influências dos processos cognitivos e afetivos no design ergonômico	28
1.1.3 Métodos de análise da experiência cognitiva e afetiva de produto	33
1.2. Design de Superfície	36
1.2.1 Superfícies-objeto	38
1.2.2 Design de superfície e experiência emocional	40
1.3. Bioinspiração.....	41
1.4. Fabricação Digital	45
CAPÍTULO 2	48
2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	48
2.1 Caracterização da pesquisa	48
2.2. Design Science Research (DSR) como método de pesquisa.....	49
2.3. Procedimento Experimental	51
2.3.1 Amostras	51
2.3.2 Local de coleta de dados	52
2.3.3 Protocolos de pesquisa	53
2.3.4 Amostragem	56
2.3.5 Pré-teste e procedimentos	57
2.4. Etapas da Pesquisa.....	60
2.4.1 Etapa 01: Compreensão do problema.....	60
2.4.2 Etapa 02: Geração de alternativas de design.....	61
2.4.3 Etapa 03: Desenvolvimento do artefato	61
2.4.4 Etapa 04: Avaliação e triangulação de dados	61
2.5. Análise e síntese de dados.....	61
CAPÍTULO 3	63
3. RESULTADOS E DISCUSSÕES	63

3.1 Etapa 01: Compreensão do problema.....	63
3.2 Etapa 02: Geração de alternativas de design	64
3.3 Etapa 03: Desenvolvimento do artefato.....	68
3.3.1 Modelagem Bidimensional	68
3.3.2 Modelagem tridimensional	70
3.3.3 Variabilidade no design ergonômico do objeto de estudo	72
3.3.4 Fabricação digital das amostras.....	73
3.4 Etapa 04: Avaliação e triangulação de dados	79
3.4.1 Amostragem e caracterização dos participantes	79
3.4.2 Resultado e discussão dos Protocolos de Diferencial Semântico (DS)	79
3.4.3 Resultado e discussão do Protocolo NASA-TLX.....	83
3.4.4 Resultado e discussão do Protocolo de Comparação e Avaliação Geral	87
3.4.5 Triangulação de dados.....	89
CAPÍTULO 4	92
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	92
4.1 Limitações da pesquisa	93
4.2 Trabalhos Futuros.....	93
REFERÊNCIAS	94
ANEXO – Parecer do Comitê de Ética	102
APÊNDICES.....	103
APÊNDICE A – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE)	103
APÊNDICE B - Protocolo de Caracterização dos Participantes	104
APÊNDICE C - Protocolo de Diferencial Semântico (DS).....	105
APÊNDICE D – Protocolo NASA-TLX Adaptado	106
APÊNDICE E – Protocolo de Comparação e Avaliação Geral	107
APÊNDICE F – Análises estatísticas via Rstudio	108

INTRODUÇÃO

Esta dissertação aborda a tematização das tecnologias de pesquisa em design, explorando de que maneira as texturas, visuais e táteis, presentes em superfícies-objeto e produzidas por manufatura aditiva se relacionam com os usuários sob a ótica da ergonomia cognitiva. A pesquisa objetiva compreender como tais superfícies, por meio de suas propriedades sensoriais, ativam processos perceptivos e afetivos.

Segundo Dondis (1997, p. 70), “a textura é um elemento visual que frequentemente atua como substituto das qualidades táteis, sendo reconhecida tanto pela visão quanto pelo tato, ou ainda pela combinação de ambos”. Em consonância, Falcão (2015, p. 23) define textura como uma “característica da superfície que confere à forma um aspecto decorado ou simples, liso ou áspero, perceptível pelos sentidos”. Essas definições evidenciam o caráter multissensorial da textura e reforçam sua importância como elemento expressivo e funcional no design de superfícies.

No contexto do design de produto, as texturas transcendem o papel meramente estético. Elas constroem uma materialidade significativa, funcionando como canais de comunicação entre o objeto e o usuário. Conforme afirma Freitas (2018, p. 17), “a tridimensionalidade e a interatividade das superfícies tornam-se uma plataforma de alcance ao cognitivo humano”, por meio de experiências táteis e visuais que estimulam diferentes sensações. Assim, a superfície deixa de ser apenas o invólucro do produto e se torna uma camada comunicativa com o mundo exterior, capaz de transmitir mensagens, provocar sensações e fortalecer vínculos afetivos.

Com isso, trataremos o termo superfície nesta pesquisa como uma interface de mediação, um entrecorpos, com grande potencialidade projetiva de experimentações de caráter multissensorial possibilitando uma variedade de respostas cognitivas e emocionais fruto de ações comunicacionais táteis e visuais no processo de criação (Freitas, 2018).

O desenvolvimento criativo das texturas nesta dissertação parte de uma perspectiva bioinspirada, orientada pela ideia da natureza como mentora, baseada em Benyus (2006) e Arruda (2018). Desse modo, propõe-se valorizar a natureza por meio da observação e tradução de elementos vegetais em superfícies-objeto, contribuindo para a construção de uma relação mais sensível e consciente entre seres humanos e o meio natural. A proposta busca aprimorar a percepção botânica e evidenciar as formas da natureza como referências projetuais capazes de ativar a cognição humana.

Inserir-se no debate a abordagem ergonômica, voltada à percepção dos estímulos visuais e táteis presentes nas texturas. Por meio da ergonomia cognitiva, busca-se compreender como essas superfícies se comunicam com os usuários, influenciando sua percepção, desempenho e bem-estar, além de contribuir para a identificação das capacidades humanas relevantes no design de superfícies (Freitas, 2018).

A proposta de desenvolvimento de artefato foi inspirada em Dominici¹ (2021), que constatou a impercepção botânica em padrões fitomórficos azulejares e sugeriu o desenvolvimento de produtos que estimulem a visibilidade dessas formas. Com base nessa recomendação, realizou-se prototipação, via manufatura aditiva, de texturas baseadas em elementos vegetais, aplicando-lhes princípios do design ergonômico, a fim de investigar a tarefa cognitiva humana na interação com superfícies-objeto.

Por fim, vale destacar que, no contexto da avaliação de usabilidade, esta dissertação adota o conceito de usabilidade percebida², enfatizando a satisfação do usuário. O objetivo é captar percepções relacionadas à aparência, cor, textura e carga de trabalho mental, contemplando escalas subjetivas voltadas ao desconforto, prazer estético, satisfação com o uso e aceitação da carga cognitiva envolvida (Paschoarelli e Campos, 2012).

Justificativa e delimitação da pesquisa

Relacionamo-nos com o mundo por meio dos sentidos. É através deles que percebemos, exploramos e compreendemos o ambiente ao nosso redor, ativando emoções que contribuem para dar sentido à nossa existência. No campo do design, essa relação sensorial é particularmente significativa, pois influencia diretamente na forma como os usuários interagem com os artefatos (Torreblanca-Díaz e Mazo, 2021).

As texturas, neste sentido, desempenham um papel fundamental no design do produto, pois permitem configurar uma abordagem sensorial e experiencial com o usuário construindo uma resposta cognitiva e emocional promovendo um forte impacto na aceitação ou rejeição do produto (Torreblanca-Díaz e Mazo, 2021).

Dessa maneira, surge a seguinte indagação: **de que forma a aplicação de estímulos sensoriais em texturas de superfícies-objeto, fundamentada nos princípios da ergonomia cognitiva e do design bioinspirado, pode influenciar a percepção e a emoção dos usuários?** Essa questão norteia o presente estudo, cuja proposta está ancorada em fundamentos científicos na linha de pesquisa em Design e Ergonomia que justificam sua pertinência.

Justifica-se o foco da pesquisa para o design bioinspirado em elementos botânicos devido à dependência da espécie humana em relação às plantas para a sua sobrevivência; logo, utilizar o design para promover uma construção positiva humano-natureza torna-se relevante, pois “a criação de cenários

¹ Dissertação da Susana dos Santos Dominici, defendida em 2021 sob o âmbito do PPGDg-UFMA, intitulada como “Reconhecimento e Memória: um estudo sobre cegueira botânica e os azulejos do Centro Histórico de São Luís – MA” teve como objetivo principal compreender se frequentadores do Centro Histórico de São Luís – MA reconhecem os padrões de azulejos existentes em casarões antigos e qual o grau de percepção dos mesmos para identificar os padrões.

² A usabilidade percebida compreende que a avaliação de um produto não é somente determinada pelo contato visual, mas inclui também a avaliação sobre o seu uso futuro. Desta forma, considerar a usabilidade percebida implica em uma abordagem detalhada no campo das percepções ampliando a análise no contexto usuário-produto. (Paschoarelli e Campos, 2012).

sustentáveis baseados em novos estilos e percepções para/com a natureza torna-se significativo à tarefa do designer” (Sampaio, *et al.*, p.26).

Além disso, há uma crescente constatação da chamada impercepção botânica: a invisibilidade das plantas na vida cotidiana. Segundo Parsley (2020), essa ausência de atenção está relacionada a fatores evolutivos e perceptivos, como o campo visual humano limitado e a tendência do cérebro a priorizar estímulos com movimento ou contrastes definidos. Plantas, por sua imobilidade e aparência homogênea, muitas vezes escapam à percepção ativa, mesmo quando presentes no ambiente.

A pesquisa, portanto, adota como estratégia projetual a utilização da ergonomia cognitiva aliada ao design bioinspirado como meio de reaproximar o ser humano da natureza, ativando seus sistemas sensoriais e perceptivos a partir de texturas inspiradas na flora.

Em relação ao objeto material, o recorte se deu com base na abordagem do design de superfícies em seu campo expandido, ao transitar por diversos meios, mídias, suportes e escalas (Rüthschilling, 2008). Dentro desse universo, delimitou-se o foco para as superfícies-objeto, por estas possuírem estrutura gráfica e tridimensional que possibilita a análise de propriedades visuais, táteis, funcionais e simbólicas, em sua interação com o usuário.

Dado esse limite, outro ponto importante considerado relaciona-se com o contexto de confecção do objeto material, a partir da prototipagem rápida com recursos disponíveis. A partir disso, optou-se por trabalhar com objetos físicos produzidos a partir de tecnologias de manufatura aditiva (Impressão 3D) pelo fácil acesso do autor da pesquisa ao recurso.

No que se refere à percepção sensorial dos usuários, a análise considerou aspectos visuais e táteis relacionados ao relevo, forma e cor das texturas tridimensionais. Variáveis como peso, temperatura e dureza, embora relevantes, foram excluídas da investigação por se tratarem de características diretamente ligadas ao material e não à modelagem tridimensional em si.

Por fim, acerca da análise de interação com o usuário, abrangeu-se indivíduos frequentadores de espaços públicos, como centros culturais, no entendimento de que se objetiva explorar em campo a percepção e emoção humana. Com isso, os dados sobre a percepção e emoção aguçados dos usuários em contextos urbanos reais tornam-se relevantes.

Objetivos

Objetivo Geral

Compreender como os princípios da ergonomia cognitiva podem ser aplicados na manufatura de texturas bioinspiradas para promover uma interação mais eficiente entre superfície-objeto e usuários, considerando os processos cognitivos e afetivos a partir de estímulos sensoriais.

Objetivos Específicos

- i) Mapear os princípios teóricos acerca dos temas: ergonomia cognitiva, design de superfície, bioinspiração e fabricação digital.
- ii) Identificar e selecionar texturas bioinspiradas de superfícies-objeto;
- iii) Realizar modelagem e prototipar texturas bioinspiradas;
- iv) Analisar aspectos ergonômicos cognitivos com usuários;
- v) Realizar uma construção-síntese por meio da triangulação de dados experimentais, teóricos e interpretativos.

Aderência à linha de pesquisa

A presente pesquisa se insere na linha de Design e Ergonomia, ao considerar que o foco da investigação está na interface entre artefatos físicos e os processos perceptivos e cognitivos dos usuários. Nesse sentido, a ergonomia, como campo do conhecimento, oferece subsídios fundamentais para compreender como os seres humanos interagem com produtos, ambientes e sistemas, tendo como base aspectos físicos, mentais e organizacionais.

Segundo Falzon (2018) e Lida e Guimarães (2016), a ergonomia é uma ciência aplicada que estuda o relacionamento entre o ser humano, seu trabalho, os equipamentos utilizados e o ambiente em que está inserido, com o objetivo de promover segurança, conforto, bem-estar e desempenho. Entre suas subdivisões, destaca-se a ergonomia cognitiva, que se debruça sobre os processos mentais envolvidos na interação com sistemas e produtos.

De acordo com Silva, Campos e Fernandes (2021), a ergonomia cognitiva investiga funções como atenção, memória, percepção, tomada de decisão, e a forma como os usuários adquirem, armazenam e utilizam informações ao realizar tarefas. Essa vertente da ergonomia é, portanto, essencial para compreender como os estímulos visuais e táteis das superfícies-objeto podem ativar respostas cognitivas e emocionais nos usuários.

Partindo desse referencial, a presente pesquisa propõe investigar como texturas sensoriais aplicadas a superfícies-objeto, inspiradas em elementos da natureza, podem influenciar a percepção e emoção humana. O foco recai sobre a análise dos processos cognitivos mediados por artefatos, considerando a interação entre usuário, tarefa e objeto físico, o que reforça a aderência da investigação à linha de pesquisa em Design e Ergonomia.

Nesse contexto, integrar os princípios da ergonomia cognitiva ao desenvolvimento de superfícies texturizadas significa oferecer informações sensoriais relevantes ao usuário, que o auxiliem na percepção, interpretação e tomada de decisão durante a interação com o artefato. Como afirmam Berlin e Adams (2017), o design de produtos orientado pela cognição humana deve combinar estímulos perceptíveis com foco atencional, memória e interpretação, promovendo respostas mais eficazes e afetivamente positivas.

Dessa forma, a pesquisa justifica sua aderência à linha de Design e Ergonomia, pois explora como os processos cognitivos humanos interagem com os elementos sensoriais, como textura e cor, presentes no design de superfície. Ao fazê-lo, propõe uma abordagem projetual que valoriza a relação entre percepção, emoção e artefato, visando ampliar os horizontes do design centrado no ser humano.

Estrutura do documento

Este trabalho está organizado em quatro capítulos, dispostos de forma a apresentar, desenvolver e discutir os aspectos teóricos, metodológicos e práticos da pesquisa. Dessa maneira, o Capítulo 1 revisa os referenciais teóricos fundamentais que sustentam a pesquisa, abordando conceitos como ergonomia cognitiva, design de superfície, bioinspiração e fabricação digital. O Capítulo 2 descreve os procedimentos metodológicos com caracterização da pesquisa, uso do método Design Science Research, além de detalhar o procedimento experimental com as etapas de pesquisa, análise e síntese de dados. No Capítulo 3, são apresentados e discutidos os resultados obtidos em todas as etapas da pesquisa. Por fim, o Capítulo 4 apresenta as considerações finais, destacando as contribuições do estudo, suas limitações e sugestões para pesquisas futuras.

CAPÍTULO 1

1. ABORDAGEM TEÓRICA

A fundamentação teórica presente neste estudo consiste na correlação de assuntos pertinentes a quatro grandes áreas que são permeadas pelo design: a ergonomia cognitiva, o design de superfícies, a biomimética e a fabricação digital.

1.1. Ergonomia Cognitiva

A ergonomia é um campo de estudo que busca compreender as relações entre o ser humano, seu ambiente, as ferramentas que utiliza e as tarefas que realiza. Para Falzon (2007), a ergonomia cognitiva se dedica ao entendimento da carga mental, dos processos de decisão e da interação entre pessoas e sistemas. Já a ergonomia física trata de questões como postura, movimentos repetitivos e esforço corporal, enquanto a ergonomia organizacional aborda temas como trabalho em equipe, cultura institucional, gestão da qualidade e novas formas de trabalho, como o teletrabalho.

No entanto, essa divisão entre diferentes especializações ergonômicas tem sido questionada por alguns autores. Para Antipoff e Soares (2021, p. 373), “os estudos ergonômicos precisam analisar a atividade de trabalho em situações reais que não separem aspectos físicos, cognitivos e afetivos”. Os autores propõem uma abordagem integrada, que reconhece a interdependência entre corpo, mente e emoções, evitando a fragmentação da análise do comportamento humano.

A partir dessa perspectiva, o conceito de ergonomia cognitiva adotado nesta pesquisa, inclui os aspectos afetivos e emocionais, como componentes essenciais das atividades humanas. Conforme alertam Antipoff e Soares (2021, p. 373), é preciso evitar “o perigo de se decompor a unidade psicológica estudando de forma isolada e independente o pensamento das emoções, o que levaria à descaracterização de seu objeto”. Assim, considera-se que a cognição e a emoção estão diretamente conectadas, compondo um sistema integrado de percepção, julgamento e resposta.

De maneira geral, a cognição refere-se à capacidade de processar informações por meio de estímulos diversos, como sons, imagens, texturas e sensações táteis. Esses estímulos geram respostas complexas que envolvem atenção, memória, raciocínio, linguagem e aprendizagem (Antipoff e Soares, 2021).

Nesse contexto, a ergonomia cognitiva, dedica-se à investigação dos processos mentais, emocionais e afetivos que ocorrem quando indivíduos interagem com sistemas, ambientes, interfaces ou objetos. O foco está na análise de funções como percepção, carga mental, atenção, memória, raciocínio e resposta motora, buscando compreender como os mecanismos de processamento da informação reagem aos efeitos provocados pelo sistema humano-tarefa-máquina. Desta forma, o desígnio é criar produtos e sistemas que sejam não apenas funcionais e eficazes, mas também adequados às capacidades humanas e mais agradáveis de se utilizar (Silva, Campos e Fernandes, 2021).

Reforçando essa visão, enfatiza-se à discussão que:

A ergonomia cognitiva – EC é um campo de aplicação da ergonomia que tem como objetivo explicitar como se articulam os processos cognitivos face às situações de resolução de problemas nos seus diferentes níveis de complexidade. É importante salientar que a EC não tem como meta elaborar teorias gerais sobre a cognição humana. O seu papel é compatibilizar as soluções tecnológicas com as características e necessidades dos usuários. Nesta perspectiva, ela é solicitada a contribuir com um referencial teórico e metodológico que permita analisar como o trabalho afeta a cognição humana e, ao mesmo tempo, é afetado por ela (Abrahão, Silvino e Sarmet, 2005, p.165)

Nesse sentido, a ergonomia cognitiva envolve o estudo da percepção e do processamento de informações sensoriais, bem como da tomada de decisões. Esses processos incluem a captação dos estímulos, seu armazenamento na memória e sua utilização durante a execução das tarefas (Iida e Guimarães, 2016).

Cientificamente, a psicologia cognitiva teve influências diretas ao caracterizar que percepção, atenção e memória são ingredientes interdependentes no sistema cognitivo humano. Logo, convém ressaltar que, os métodos experimentais utilizados para o conhecimento da psicologia cognitiva ressoam também em aspectos de entendimento da interação cognitiva das pessoas com os artefatos, na busca da compreensão de como os indivíduos percebem os objetos e como são afetados por eles (Neufeld e Stein, 1999).

Dado que os resultados das tarefas cognitivas não são sempre observáveis diretamente, a pesquisa em ergonomia costuma recorrer a métodos baseados no comportamento. Correia (2009), explica que como o pensamento não pode ser registrado de forma direta, analisa-se o comportamento dos indivíduos durante a realização das tarefas como uma forma indireta de acessar os processos mentais envolvidos.

Por essa razão, a ergonomia cognitiva, especialmente sob uma perspectiva inspirada no behaviorismo, busca observar os comportamentos gerados por estímulos externos, interpretando essas ações como manifestações físicas de processos mentais. No entanto, Correia (2009) adverte que os comportamentos não devem ser entendidos apenas como respostas automáticas a estímulos, pois são influenciados por fatores biológicos, sociais e culturais. Portanto, é mais eficaz adotar abordagens metodológicas múltiplas para o estudo dos fenômenos cognitivos. Quando diferentes métodos apontam para as mesmas conclusões, os resultados tendem a ser mais confiáveis.

Dessa forma, a ergonomia cognitiva representa uma área essencial para compreender como os indivíduos percebem, interpretam e respondem ao mundo à sua volta, especialmente em contextos de interação com artefatos. Ao investigar os mecanismos cognitivos e emocionais envolvidos nas tarefas, ela contribui para o desenvolvimento de soluções mais eficazes, sensíveis às capacidades humanas e às complexidades da experiência perceptiva.

1.1.1 Elementos da ergonomia cognitiva

A ergonomia cognitiva tem como elementos de estudo os processos mentais, tais como percepção, atenção, afeto, carga mental, memória, raciocínio, tomada de decisão, respostas motoras, dentre outros (Silva, Campos e Fernandes, 2021; Berlin e Adams, 2017; Correia, 2009).

Como seria inviável aprofundar todos esses elementos neste trabalho, optou-se por explorar os aspectos mais diretamente relacionados à interação das pessoas com as superfícies-objeto analisadas na pesquisa. Dentre esses, destacam-se a percepção, atenção, afeto e carga de trabalho mental.

A) Percepção

Para Berlin e Adams (2017), a percepção é um dos principais elementos da cognição, pois permite ao ser humano captar informações do ambiente, organizá-las mentalmente e atribuir-lhes significado com base em experiências anteriores. Essa capacidade perceptiva é fundamental para a interpretação do mundo à nossa volta. Correia (2009), acrescenta que a percepção se manifesta em diferentes modalidades de acordo com a captação das informações pelos órgãos dos sentidos, sendo que, neste estudo, a ênfase recai sobre a percepção visual, háptica e estética.

Segundo Correia (2009), a percepção visual ocupa um lugar de destaque na constituição da imagem mental dos objetos. O autor destaca que os estímulos visuais captados pela visão são responsáveis por influenciar diretamente o comportamento das pessoas, independentemente de corresponderem com exatidão à realidade. Nesse sentido, Dondis (1997, p.14) afirma que “visualizar é ser capaz de formar imagens mentais”, ressaltando o papel central da visão na comunicação e no aprendizado humano. Dondis (1997), ainda destaca que:

[...] o ato de **ver** envolve uma resposta a **luz**. Em outras palavras o elemento mais importante e necessário da experiência visual é de natureza tonal. Todos ou outros elementos visuais nos são revelados através da luz, mas são secundários em relação ao elemento tonal, que é de fato, a luz ou ausência dela. O que a luz nos revela e oferece é a substância através da qual o homem configura e imagina aquilo que reconhece e identifica no ambiente, isto é, todos os outros elementos visuais: *linha, cor, forma, direção, textura, escala, direção, movimento*. (Dondis, 1997, p.30, grifo do autor)

Para Gomes filho (2008), a luz é também um fator importante na percepção da forma, pois:

A forma é definida como os limites exteriores da matéria de que é constituído um corpo e confere a este um feitio, uma configuração. A percepção da forma é o resultado de uma interação entre o objeto físico e o meio de luz agindo como transmissor da informação, condições e imagens que prevalecem no sistema nervoso do observador que é, em parte, determinada pela própria experiência visual. Para se perceber uma forma, é necessário que existam variações, ou seja, diferenças no campo visual. As diferenças acontecem por variações de estímulos visuais, em função dos contrastes [...] (Gomes filho, 2008, p.35).

Em consonância com essas ideias, Arnheim (1998) descreve a percepção visual como uma experiência dinâmica, em que a visão está em constante ação. Para ele:

O que uma pessoa ou animal percebe não é apenas um arranjo de objetos, cores e formas, movimentos e tamanhos. É, talvez, antes de tudo uma interação de tensões dirigidas. Estas tensões não constituem algo que o observador acrescente, por razões próprias, a imagens estáticas. Antes, estas tensões são inerentes a qualquer percepção como tamanho, configuração, localização ou cor. Uma vez que as tensões possuem magnitude e direção pode-se descrevê-las como “forças” psicológicas (Arnheim, 1988, p.4).

Outro conceito importante abordado por Correia (2009) é o das constâncias perceptuais. Ele explica que, mesmo com variações de ângulo e distância entre o objeto e o observador, a percepção do objeto permanece constante. Essa capacidade de interpretar corretamente o tamanho e a forma de um objeto, independentemente da posição, é fundamental para a percepção visual.

Além disso, outro aspecto relevante é a percepção de profundidade (distância das pessoas em relação os objetos), pois conforme Correia (2009), existem diversas pistas que ajudam na percepção da profundidade, como:

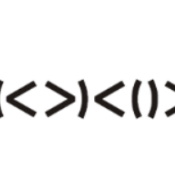
[...] os gradientes de textura (grãos maiores e mais afastados entre si parecem estar em menor profundidade do que grãos menores e mais próximos entre si); o tamanho relativo (quanto maior o objeto, mais próximo ele parece estar); a interposição (objetos que escondem outros parecem mais próximos); a perspectiva linear (linhas aparentemente paralelas parecem divergir ao se afastar do horizonte quando estão próximas); a perspectiva aérea (o delineamento dos objetos é mais detalhado quando estes estão próximos); e a localização da figura no plano (quando próximos, os objetos localizados acima do horizonte estão mais altos no plano enquanto que os abaixo do horizonte estão mais baixos) (Correia, 2009, p.84).

A organização perceptiva também é essencial para a interpretação visual. A psicologia da *Gestalt* contribuiu significativamente para essa compreensão ao demonstrar que o ser humano tende a organizar os estímulos em grupos coerentes. Silva (2021) e Correia (2009) ressaltam que, segundo essa abordagem, o todo é percebido de forma diferente da simples soma das partes. Elementos distintos se reúnem para formar composições significativas, estáveis e compreensíveis.

Desta forma, visualiza-se no quadro 1 o resumo de alguns princípios da *Gestalt* aplicados à percepção visual.

Quadro 1- Princípios da Gestalt aplicados à percepção visual

Código de análise	Conceito	Fenômeno perceptivo (exemplos)
Figura-fundo	Quando uma pessoa observa objetos num campo visual, alguns se destacam e tornam-se figura, enquanto outros ficam em segundo plano e viram fundo.	

Proximidade	Quando uma pessoa percebe uma grande variedade de objetos ela tende a agrupar os que estão próximos em uma única unidade perceptual.	
Semelhança	Da mesma forma que a proximidade, as pessoas tendem a agrupar os objetos semelhantes e tomá-los como uma unidade perceptual.	
Continuidade	As pessoas tendem a perceber como conectados os objetos que mantêm um padrão de regularidade entre si.	
Fechamento	As pessoas tendem a fechar ou completar a forma de objetos que lhes parecem incompletos.	
Simetria	As pessoas buscam identificar padrões simétricos nos agrupamentos de objetos, fazendo correspondência entre aqueles que tenham tamanhos, formas e direções semelhantes que estejam em oposição no campo visual.	
Pregnância	Se refere a quanto uma imagem consegue ser compreendida; se a mensagem é clara ou não.	

Fonte: O autor, adaptado de Correia (2009, p.85) e Silva (2021, p.41)

Na percepção háptica, o tato é a principal via de exploração dos objetos. Embora tenha menor alcance que a visão, ele também contribui significativamente para o reconhecimento e compreensão do mundo físico. Segundo Romani (2016):

A sensação tátil é uma percepção desenvolvida pelo ser humano, o que significa o toque como instrumento de conhecimento. Ao longo da sua vida a criança vai aprendendo a usar a visão associada a frases: cuidado para não quebrar se mexer, cuidado que é frágil, não mexa nisso, cuidado que suja. A capacidade de ver é também aprendida, sendo que a percepção visual é desenvolvida nos primeiros sete anos de vida. 'O tato, uma via alternativa para o mundo das coisas [...] vai se perdendo ao longo da vida, assim como todos os sentidos de percepção vão sendo deixados de lado em detrimento do visual' (Romani, 2016, p.32).

A percepção com o uso do tato não se restringe ao contato com a ponta dos dedos e o objeto pressionado. A exploração pode ser de forma ativa, sistêmica e intencional, sendo o termo háptico utilizado “para evidenciar o tocar ativo, no qual o tocar acompanha o movimento das mãos do pulso, dos braços, das costas, uma sensação tátil ressaltada na pele, na musculatura e nos tendões” (Romani, 2016, p. 33)

Silva, Campos e Fernandes (2024) descrevem a percepção háptica como a capacidade humana de identificar características como forma, tamanho e textura por meio do tato, abrangendo também sensações de pressão, temperatura e dor, que contribuem tanto para a adaptação ao ambiente quanto para a proteção contra estímulos nocivos. Essa modalidade perceptiva envolve ainda processos de exploração e interpretação sensorial, fundamentais para o desenvolvimento da inteligência e da adaptação social. Além disso, o desenvolvimento da percepção háptica ocorre em etapas, desde a consciência tátil até a compreensão de símbolos, e pode se manifestar de forma ativa, quando há busca intencional por informações táteis, ou passiva, quando os estímulos são recebidos sem intenção.

No que diz respeito à percepção estética, Silva, Campos e Fernandes (2021) a definem como a maneira como o indivíduo interpreta a aparência dos objetos, a partir de critérios subjetivos e sensíveis. Nesse tipo de percepção, o juízo estético se constrói com base em experiências positivas ou expectativas atendidas.

Acrescenta-se à discussão teórica sobre a percepção estética a relação entre a estética e as emoções humanas. Para Couchot (2018):

O prazer estético é sentido de maneiras infinitamente diversas. O prazer provocado pela escuta de uma obra musical não é o mesmo que o da visão de um quadro, ou o da escuta da mesma obra musical em outro momento. Cada uma das manifestações desse prazer é matizada pelo aparecimento de variadas emoções e pela intensidade mais ou menos forte da alegria, bem-estar, excitação, surpresa, contentamento (Couchot 2018, p.58)

Nesta pesquisa, insere-se a percepção estética relacionada aos atributos físicos dos produtos, segundo os critérios de Seva *et al.* (2011) e Crilly, Moultrie e Clarkson (2004) em relação a impressão estética, interpretação semântica e associação simbólica.

Löbach (2001) afirma que a estética é uma necessidade psíquica, pois nossas relações com o mundo são mediadas pelos objetos. Um produto com valor estético elevado tende a destacar-se visualmente no momento da escolha de compra.

Dessa forma, compreende-se múltiplos níveis da percepção (visual, tátil e estética) e sua relevância na interação com superfícies-objeto, neste sentido, torna-se necessário avançar para outro elemento essencial do sistema cognitivo humano: a atenção. Afinal, perceber não significa necessariamente focar.

B) Atenção

Para Correia (2009), a atenção é outra habilidade cognitiva essencial, pois o cérebro humano possui limitações quanto ao processamento simultâneo de informações. Para lidar com esse limite, o cérebro direciona seus recursos

apenas aos estímulos e processos mais relevantes em determinado momento. É por meio desse foco seletivo que se torna possível responder com maior precisão e agilidade, além de aumentar a chance de registrar as informações na memória.

Berlin e Adams (2017) corroboram com essa ideia ao afirmarem que a atenção é a “dedicação dos recursos mentais a uma tarefa ou evento específico”, sendo mais eficaz quando está totalmente concentrada em um único estímulo. Quando dividida entre múltiplas fontes, a capacidade de processamento e interpretação diminui significativamente. Além disso, ressaltam que a atenção funciona melhor diante de estímulos regulares e frequentes, enquanto atividades com baixa frequência reduzem os níveis de atenção e aumentam o risco de que mudanças sutis passem despercebidas.

No mesmo sentido dessa discussão, para Couchot (2018, p.56):

A **atenção cognitiva** é uma espécie de feixe de luz dirigido a um “alvo” (um objeto, uma cena, um acontecimento) que produz dois efeitos: melhorar o tratamento das informações que emanam do alvo, mas, em contrapartida, eliminar as que são exteriores a ele. Esse feixe funciona como um filtro seletivo e sua orientação é determinada por uma estimulação externa automaticamente provocada pela identificação do alvo e, também por uma decisão do próprio indivíduo. Couchot (2018, p.56, grifo do autor)

Com base nessa compreensão, Silva, Campos e Fernandes (2021, p.33) complementam esta discussão destacando que “alguns processos pré-atencionais ocorrem antes da atenção. Estes fornecem a base de informações que permite que um sujeito selecione algo para estabelecer uma atenção”. Entre essas seleções, está a atenção estética, que, conforme discute Couchot (2018), envolve um tipo de foco seletivo que filtra, amplifica e projeta as percepções sensoriais no cérebro. Para o autor:

As atenções também são intencionais, no sentido em que são dirigidas para um objeto, a respeito do qual elas se manifestam, ao qual se referem e dão sentido por intermédio de representações mentais. [...] Os objetivos visados pela atenção estética têm uma particularidade: são formas diversamente agenciadas, fixas ou móveis, características de certos objetos naturais ou artificiais, ou de seres vivos; elas também são temporais (ritmos, melodias). A atenção estética é morfotrópica. Ela diz respeito a *gestalts* e não a conceitos (Couchot, 2018, p.58).

Então, a atenção estética nasce no indivíduo que direciona seus esforços cognitivos para um alvo específico, concentrando suas informações mentais prioritárias para uma estimulação externa. Enquanto que, na percepção estética, houve uma conduta estética intencional projetada no objeto que foi capturada pela visão do indivíduo e percebida esteticamente pelo mesmo.

Por fim, fisiologicamente, segundo Couchot (2021), o circuito neuronal relacionado à atenção atua em conjunto com áreas como os lobos temporais, responsáveis pela recuperação de informações e assimilação de novos dados, e com o sistema límbico, ligado às emoções e às motivações, o que evidencia a conexão indissociável entre cognição e afeto nos processos atencionais.

C) Afeto

A compreensão do comportamento humano diante de objetos e produtos tem se aprofundado com o reconhecimento da influência dos afetos. Nesse

sentido, a afetividade, conforme Silva (2021), transcende a mera subjetividade individual, agindo como um elemento orientador nos processos cognitivos que ocorrem na interação entre pessoas e artefatos. Este entendimento ressalta a relevância dos aspectos emocionais para uma análise completa das experiências humanas.

Silva, Campos e Fernandes (2021) destacam que a ergonomia cognitiva, ao considerar os aspectos emocionais e afetivos como elementos centrais, nos processos de interação entre pessoas e artefatos, rompe com o paradigma tradicional que separava razão e emoção. Alinhando-se às contribuições de autores como Damásio, Norman e Vygotsky, as autoras enunciadas destacam que a emoção não apenas interfere, mas constitui parte essencial da cognição, influenciando diretamente na forma como percebemos, decidimos e nos relacionamos com o mundo e com os objetos. Nesse contexto, os estados afetivos passam a ser entendidos como componentes fundamentais na avaliação e uso de produtos, contribuindo para experiências mais significativas e eficazes.

Sob essa perspectiva, a ergonomia cognitiva expande seu alcance, ao incorporar as dimensões subjetivas da experiência humana. Ao valorizar o papel dos afetos na construção do significado e na relação simbólica com os objetos, percebe-se uma mudança fundamental na compreensão do design. Para Silva, Campos e Fernandes (2021), reconhecer que as decisões dos indivíduos são influenciadas por suas vivências emocionais e afetivas, eleva o design para além da mera função e usabilidade. Ele passa a ser visto como um meio potente para provocar emoções positivas e estabelecer vínculos afetivos duradouros.

Assim, a interação com artefatos deixa de ser puramente prática e utilitária para se transformar em uma experiência sensível, profundamente marcada por lembranças, histórias e sentimentos que fortalecem a conexão entre o usuário e o objeto. Essa ampliação do olhar evidencia que, ao lado dos aspectos afetivos, também se torna necessário compreender como as exigências cognitivas afetam o desempenho humano. Nesse ponto, emerge o conceito de carga de trabalho mental, cuja análise permite articular a dimensão subjetiva das experiências com os limites da atenção, da memória e do processamento de informações no contexto das atividades.

D) Carga de Trabalho Mental

A carga de trabalho mental é um conceito originado na psicologia do trabalho, conforme Silva (2018). Ela refere-se à interação entre os indivíduos e as exigências de um determinado ambiente. Devido à sua natureza, a presença da carga de trabalho mental está intrinsecamente ligada à capacidade de atenção e à maneira como as pessoas interagem com as demandas das tarefas em seus postos de trabalho ou em situações de interação com artefatos. Adicionalmente, Silva (2018) define como um conjunto de fatores que impactam diretamente o processamento mental de informações, influenciando as tomadas de decisões e as reações individuais no ambiente profissional.

Na perspectiva da ergonomia cognitiva, a análise da carga de trabalho mental ganha um novo contorno. Gobbi e Santos (2015) explicam que a área contribui significativamente para compreender a relação entre as exigências mentais de uma tarefa e a capacidade do trabalhador de executá-la de forma

eficiente e segura. Os autores ressaltam que a carga mental não se restringe apenas às características da atividade em si como ritmo, tempo disponível e complexidade, mas também engloba fatores individuais, como a experiência, a formação e o estado emocional do indivíduo.

Nesse sentido, Gobbi e Santos (2015) apontam para as consequências do desequilíbrio entre demanda e capacidade. Quando a tarefa exige mais do que o indivíduo é capaz de suportar, configura-se uma sobrecarga cognitiva, resultando em fadiga mental, estresse e, conseqüentemente, queda no rendimento. Por outro lado, a subutilização das capacidades individuais gera uma subcarga, que, embora distinta, também pode levar à desmotivação e ao tédio.

Dessa forma, a compreensão da carga de trabalho mental torna-se fundamental para o planejamento e o design. Gobbi e Santos (2015) defendem a importância de considerá-la como um elemento central no planejamento de atividades, tanto no design de produtos quanto de sistemas. Essa abordagem é particularmente relevante para o desenvolvimento de um design mais humanizado, seja em situações de trabalho ou de aprendizado, pois permite equilibrar as demandas das atividades com os limites e as potencialidades da cognição humana, visando otimizar a experiência do usuário e do trabalhador.

Diante do exposto, observa-se que os elementos da ergonomia cognitiva, como percepção, atenção, afeto e carga de trabalho mental, constituem dimensões interligadas que influenciam diretamente a forma como os indivíduos interagem com objetos. Ao compreender essas variáveis, o design passa a ser analisado não apenas sob a ótica funcional, mas também como mediador de experiências subjetivas, simbólicas e cognitivas. Nesse sentido, torna-se pertinente avançar para a discussão sobre as influências dos processos cognitivos e afetivos no design ergonômico, destacando como esses fatores se refletem na concepção de produtos e na qualidade da experiência do usuário.

1.1.2 Influências dos processos cognitivos e afetivos no design ergonômico

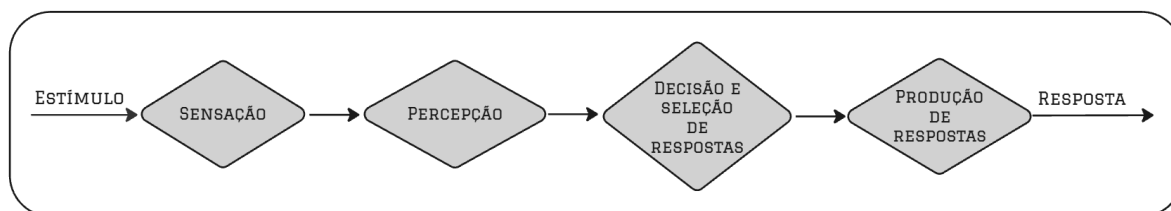
A interação humana com o ambiente e com artefatos é intrinsecamente moldada pelos processos cognitivos humanos. Estes são definidos por Berlin e Adams (2017) como um conjunto de habilidades e limitações da mente e dos sentidos que atuam em conjunto para processar e interpretar informações, culminando na formulação de metas para a ação. Contudo, a complexidade desses processos não se restringe apenas à lógica.

Berlin e Adams (2017) e Correia (2009), enfatizam que os processos cognitivos são influenciados por uma vasta gama de variáveis, incluindo as afetivas. A capacidade mental humana é dinâmica, variando em função de fatores como idade, fadiga, estresse, motivação, personalidade, condições ambientais (temperatura, iluminação, ruído), estados físicos adversos, alterações químicas, angústia, alarme e fome. Tal perspectiva complexifica a análise da interação e da tomada de decisão.

Conforme Silva, Campos e Fernandes (2021), a cognição é um processo multifacetado que se inicia na recepção de estímulos sensoriais e se estende até a manipulação e o processamento dos dados por meio de funções cognitivas

diversas. Nesse contexto, a modelagem geral do processamento de informações descreve a seguinte sequência: os estímulos são inicialmente captados pelos órgãos dos sentidos, configurando a sensação (um processo biológico de captação). Em seguida, essas informações são percebidas, ou seja, transformam-se em significados, relações e julgamentos pelo sistema nervoso central, o que, internamente, culmina na decisão, seleção e produção de respostas (Iida, 2005). A Figura 1 resume visualmente a sequência linear das informações.

Figura 1 – Processamento cognitivo das informações



Fonte: o autor, adaptado de Iida (2005)

De modo geral, Berlin e Adams (2017) ressaltam que os seres humanos utilizam cinco sentidos (visão, audição, tato, olfato e paladar) organizados em uma hierarquia de dominância. Estes sentidos, através de receptores específicos, enviam informações ao cérebro, permitindo a percepção tanto do ambiente externo quanto do estado interno do corpo. Embora olfato e paladar sejam menos intencionalmente usados para comunicação de informações, a combinação de estímulos visuais, auditivos e táteis é a principal via de transmissão de sinais em ambientes de trabalho e na interação com artefatos.

A visão, em particular, é o sentido mais dominante. Berlin e Adams (2017) explicam que, com um campo visual horizontal de aproximadamente 170 graus, a visão periférica é eficaz para detectar movimentos, mas a precisão dos detalhes depende do campo central. A saber, a percepção visual é mediada por bastonetes e cones: os cones detectam formas e cores sob boa iluminação, enquanto os bastonetes, mais numerosos, são sensíveis em ambientes com pouca luz, porém não distinguem cores.

Com base nessas informações, princípios de design são derivados para otimizar a percepção visual na interação entre pessoas e objetos, conforme detalhado no Quadro 2.

Quadro 2 - Recomendações de design para informações visuais

Código de análise	Considerações
Contraste	A sensibilidade ao contraste é a nossa capacidade de distinguir entre claro e escuro, permitindo-nos ver linhas, texto, formas e contornos de objetos através de um bom contraste. No que se refere a texturas, o contraste é melhor explorado quando texturas diferentes são justapostas: áspero/lisa, brilhosa/fosca, rugosa/macia.
Escolha da cor	A experiência do artefato e a forma como ele é percebido depende do código cromático que deve fazer um destaque seletivo para informações críticas no objeto.

Intensidade da iluminação	Dependendo do número de bastonetes nos olhos, nossa capacidade de enxergar no escuro varia, em virtude disso, em ambientes escuros, nossa capacidade de enxergar cores diferentes diminui.
Percepção de profundidade	É a capacidade de distinguir a distância entre diferentes objetos em relação uns aos outros.
Ângulo de visão	Considere onde as informações devem ser colocadas no campo de visão humano para serem percebidas.

Fonte: O autor, adaptado de Berlin e Adams (2017) e Silva (2018).

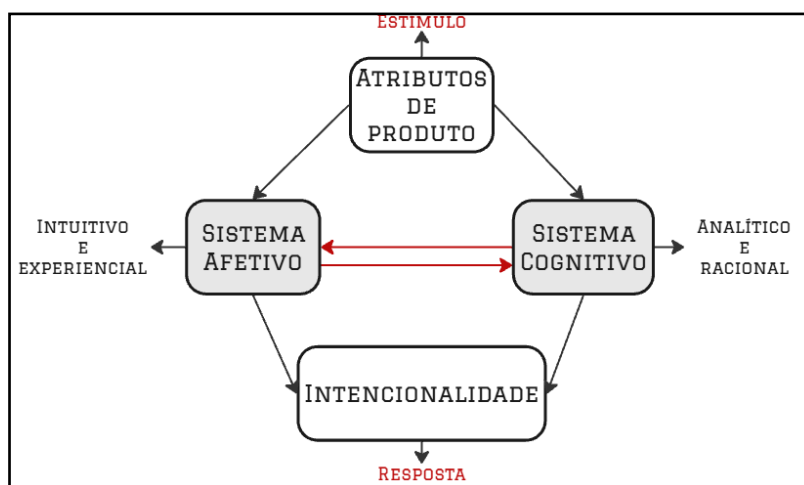
No entanto, observa-se que deficiências nos tecidos e órgãos dos sentidos humanos comprometem diretamente a percepção, impactando a aprendizagem, a orientação no ambiente e a velocidade do processamento cognitivo. A ausência de um ou mais desses sentidos é ainda mais grave, dificultando a coordenação motora e, conseqüentemente, a produção de respostas adequadas.

Além dos processos cognitivos, a dimensão afetiva desempenha um papel igualmente relevante nas recomendações de design para artefatos. Norman, Ortony e Russell (2002) esclarecem que tanto animais quanto seres humanos utilizam dois sistemas distintos para processar informações: o emocional (afetivo) e o cognitivo. Enquanto o sistema cognitivo é responsável por interpretar, compreender e refletir, o sistema afetivo-emocional realiza avaliações rápidas dos eventos, fornecendo um julgamento inicial de atratividade ou repulsa.

Pesquisas recentes em neurociência corroboram essa integração, indicando que os sistemas emocionais não apenas estão profundamente conectados neurologicamente aos sistemas cognitivos, mas também são essenciais na tomada de decisões, resolução de problemas, comunicação, negociação e até mesmo na intencionalidade de compra de um produto (Holdschip, 2015).

Nesse sentido, autores como Tavares *et al.* (2020), Crilly, Moultrie e Clarkson (2004) e Seva *et al.* (2011) convergem com Norman, Ortony e Russell (2002) e Holdschip (2015) ao afirmar a coexistência e interdependência dos sistemas afetivo e cognitivo. Essa interconexão entre sistemas afetivo e cognitivo são fundamentais para a produção de respostas relacionadas à intencionalidade de um produto, conforme representado no constructo conceitual da Figura 2.

Figura 2 – Influência dos sistemas afetivo e cognitivo na tomada de decisão



Fonte: o autor, adaptado de Seva *et al.* (2011).

Percebe-se no constructo conceitual que o afeto e a emoção estão diretamente ligados às tomadas de decisões, servindo como guias para comportamentos considerados adequados, ao mesmo tempo que nos afastam de objetos ou artefatos intuídos como inadequados ou "ruins". É importante distinguir que o afeto está relacionado ao sistema de julgamentos (conscientes ou inconscientes), enquanto a emoção é a experiência consciente desse afeto (Norman, Ortony e Russell, 2002; Silva, 2021).

Os pressupostos da Figura 2, apresentados como um constructo conceitual dos sistemas cognitivo e afetivo, corroboram com Tavares *et al.* (2020), no sentido de que a interação de atributos físicos de um produto com os usuários gera uma série de respostas carregadas de elementos afetivos e cognitivos. No entanto, Seva *et al.* (2011) aponta que a escolha de um produto é multifatorial, englobando diversas dimensões afetivas, perceptuais, comportamentais e culturais.

No recorte de análise desta pesquisa, que considera os processos cognitivos e afetivos desencadeados por estímulos nos atributos físicos de produtos, Seva *et al.* (2011) e Crilly, Moultrie e Clarkson (2004) destacam que a impressão estética, a interpretação semântica e a associação simbólica oferecem evidências consistentes da influência racional na atratividade do produto, ao mesmo tempo em que geram uma diversidade de experiências emocionais relacionadas à intencionalidade de compra.

A impressão estética de um produto, para Crilly, Moultrie e Clarkson (2004), resulta do equilíbrio entre dois fatores opostos no projeto: informação e concinidade, presentes nos atributos físicos do produto. A informação relaciona-se ao interesse do consumidor em perceber o contraste e a novidade, tanto em eixos objetivos (dinâmica de contraste) quanto subjetivos (elementos como desarmonia, desordem e/ou irregularidade). Já a concinidade refere-se à compreensão do produto quanto à sua ordem e sentido, igualmente em eixos objetivos (simetria, ortogonalidade, racionalidade e/ou ordem) e subjetivos (características pessoais, culturais, biológicas e experiências passadas do consumidor).

Quanto à interpretação semântica, os autores explicam que ela se refere à avaliação dos consumidores sobre a aparente utilidade do produto (função, desempenho, eficiência e ergonomia). Assim, a forma visual de um produto comunica suas qualidades práticas por meio de funções semânticas.

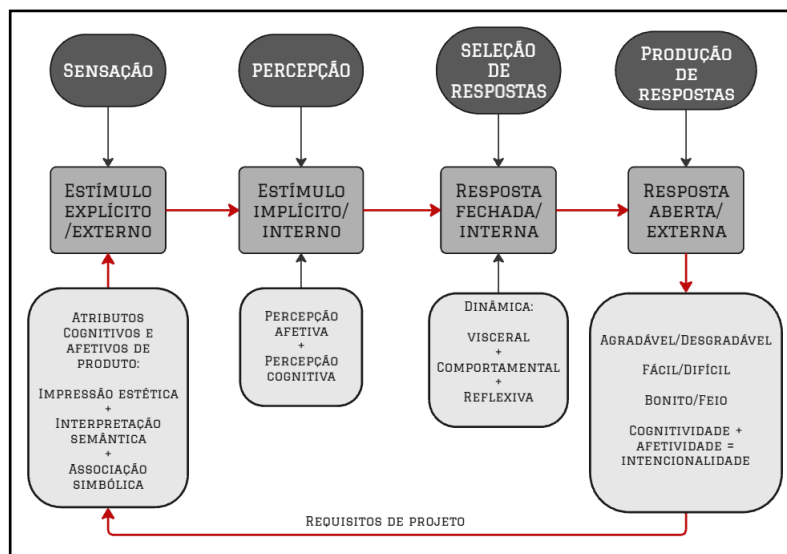
Por sua vez, a associação simbólica é determinada pelo que o produto simboliza sobre seu utilizador ou sobre o contexto sociocultural de uso. Para Crilly, Moultrie e Clarkson (2004), na associação simbólica, os produtos são utilizados pelas pessoas para comunicar a sua identidade não só aos outros, mas também a si próprias.

Paralelamente aos efeitos da impressão estética, interpretação semântica e associação simbólica nos processos afetivos e cognitivos, Norman, Ortony e Russell (2002) apresentam três estruturas de níveis de processamento interno da percepção relacionadas a respostas afetivas de produtos: o nível visceral, o nível comportamental e o nível reflexivo.

No nível visceral há um sistema biologicamente pré-programado que faz julgamentos rápidos do que é bom ou ruim, seguro ou perigoso no qual um alerta é enviado ao cérebro para produção de reações organizadas em afetividades positivas e negativas acerca da aparência de um objeto. Já no nível comportamental há processos cerebrais que controlam o comportamento no cotidiano produzindo respostas afetivas automáticas em relação a experiência do uso do produto. Por fim, no nível reflexivo há compreensão e raciocínio, além do envolvimento de respostas afetivas reflexivas de alto nível que conjecturam no nível comportamental e tentam influenciá-lo (Norman, Ortony e Russell, 2002).

Em síntese, o *framework* apresentado na Figura 3 agrupa diversos estágios do processamento da informação humana a partir das influências de estímulos externos e internos, com base no paradigma cognitivista. Em outras palavras, "é aceito e inferido que os tipos de atributos de um produto estimulam a percepção do consumidor que, ao perceber e processar os inputs, responde com ações e respostas comportamentais, ou outputs" (Tavares *et al.*, 2020, p.138).

Figura 3– Framework do paradigma cognitivo



Fonte: o autor, adaptado de Tavares *et al.* (2020).

Para Tavares *et al.* (2020), o conceito de estímulo é amplo nas ciências, sendo considerado qualquer elemento que produza uma resposta a partir de uma instrução. No *framework*, são diferenciados: estímulos explícitos externos, que são variáveis sob controle do designer e existem externamente ao usuário; e estímulos implícitos internos, que são processamentos da informação dentro dos sistemas cognitivos e afetivos de um indivíduo durante a experiência subjetiva.

A compreensão da influência dos processos cognitivos e afetivos é essencial para o design ergonômico, uma vez que a cognição humana, moldada por múltiplos fatores e sensações, orienta a percepção dos estímulos. A integração entre os sistemas afetivos e cognitivos, conforme Norman, Ortony e Russell (2002), evidencia que as emoções desempenham papel central na tomada de decisão e na interação com os produtos. Nesse contexto, ao considerar aspectos estéticos, semânticos e simbólicos, esses processos não apenas otimizam a usabilidade, mas também potencializam a criação de experiências mais ricas e significativas para o usuário.

Diante da relevância dos processos cognitivos e afetivos para o design ergonômico, torna-se necessário adotar métodos capazes de analisar como estímulos estéticos, semânticos e simbólicos influenciam a percepção e a experiência do usuário. A seguir, serão apresentados os procedimentos metodológicos que permitem mensurar tais influências, oferecendo suporte científico para compreender de que forma produtos e artefatos evocam respostas racionais e emocionais no processo de interação.

1.1.3 Métodos de análise da experiência cognitiva e afetiva de produto

A investigação da experiência cognitiva e afetiva de produtos demanda métodos apropriados que permitam compreender como os usuários percebem, sentem e interagem com os artefatos. Assim, a “ergonomia tem adotado diversos métodos e técnicas para analisar tarefas cognitivas” (Iida; Guimarães, 2016, p.105) como, por exemplo, as chamadas técnicas “psicométricas”, que medem o grau de satisfação do usuário com o produto. Através destas técnicas é

possível elaborar entrevistas e questionários que transformam medições em estimativas confiáveis, quantificáveis e com confiabilidade comprovadas conforme apontam Lanutti *et al.* (2013).

Entre essas técnicas, destacam-se as chamadas métricas auto-reportadas, que buscam compreender a percepção dos usuários por meio de questionamentos diretos sobre suas experiências com os produtos. Essas métricas fornecem dados subjetivos de forma acessível, muitas vezes dispensando o uso de equipamentos tecnológicos complexos (Paschoarelli, Medola e Lanutti, 2016).

Dentro desse contexto, uma das ferramentas mais amplamente utilizadas é o diferencial semântico (DS). Segundo Paschoarelli, Medola e Lanutti (2016), essa ferramenta permite a avaliação de sentimentos, percepções e significados atribuídos aos objetos, sendo eficaz para analisar atributos como cor, estilo, usabilidade e valor simbólico, o que a torna especialmente útil na compreensão da experiência do usuário. Essa abordagem psicométrica é baseada na proposta de Osgood (1957) e consiste na apresentação de pares de adjetivos opostos, separados por escalas de Likert, geralmente de cinco ou sete pontos (Holdschip, 2015; Lanutti *et al.*, 2013).

A Figura 4 ilustra uma versão reduzida do questionário de experiência do usuário (UEQ), estruturado com base em sete escalas que avaliam aspectos como atratividade, perspicuidade, eficiência, confiabilidade, estímulo e novidade do produto (Schrepp, Hinderks e Thomaschewski, 2014).

Figura 4– Exemplo de questionário de experiência do usuário (UEQ)

Obstrutivo	o o o o o o o o	Condutor
Complicado	o o o o o o o o	Fácil
Ineficiente	o o o o o o o o	Eficiente
Confuso	o o o o o o o o	Evidente
Aborrecido	o o o o o o o o	Excitante
Desinteressante	o o o o o o o o	Interessante
Convencional	o o o o o o o o	Original
Comum	o o o o o o o o	Vanguardista

Fonte: <https://www.ueq-online.org/>

A simplicidade de aplicação e o potencial para análises estatísticas tornam o DS uma ferramenta relevante tanto em estudos com produtos físicos quanto com interfaces digitais. Como destacam Holdschip (2015) e Lanutti *et al.* (2013), essa técnica tem sido amplamente utilizada para investigar a percepção do usuário acerca de artefatos.

Na sequência, outra técnica subjetiva bastante aplicada no contexto da carga de trabalho mental é o NASA-TLX (*National Aeronautics and Space Administration Task Invoked Index*). De acordo com Gobbi e Santos (2015), esse instrumento multidimensional fornece uma pontuação global da carga mental com base em seis dimensões: demanda mental, demanda física, demanda temporal, desempenho percebido, esforço e nível de frustração. O quadro 3 descreve essas dimensões com marcadores.

Quadro 3– Dimensões de avaliação subjetiva NASA-TLX

Dimensão	Marcadores	Descrição
Demanda mental	Baixa/alto	Quanta atividade mental e perceptiva foi necessária? A tarefa era fácil ou exigente, simples ou complexa, tolerante ou exigente?
Demanda física	Baixa/alta	Quanta atividade física foi necessária? A tarefa era fácil ou exigente, lenta ou rápida, folgada ou energética, tranquila ou fatigante?
Demanda temporal	Baixa/alta	Quanta pressão de tempo você sentiu devido à taxa ou ao ritmo em que as tarefas ou elementos da tarefa ocorreram?
Performance/de desempenho	Baixo/alto	Quão satisfeito você está com o seu desempenho no cumprimento dos objetivos da tarefa?
Esforço	Baixo/alto	Quão difícil você teve que trabalhar (mentalmente ou fisicamente) para atingir seu nível de desempenho?
Nível de frustração	Baixo/alto	Quão inseguro, desanimado, aborrecido, estressado ou irritado você sentiu durante a tarefa?

Fonte: O autor, adaptado de Silva (2018, p.80)

Silva (2018) explica que a aplicação do NASA-TLX ocorre em duas etapas: a primeira consiste na definição dos pesos de cada dimensão com base em comparações pareadas feitas pelos participantes; e a segunda envolve a avaliação da intensidade percebida de cada dimensão, utilizando uma escala de 0 a 100. A média ponderada desses valores permite obter um índice representativo da carga mental envolvida na tarefa.

Em paralelo aos instrumentos DS e NASA-TLX, Tavares *et al.* (2020) propõem um modelo específico para avaliação da experiência cognitiva e afetiva de produto, baseado em perguntas direcionadas aos diferentes níveis de interação com o objeto. Este modelo é composto por quatro elementos centrais: (1) os atributos do produto (funcionais e hedônicos); (2) os sistemas cognitivo e afetivo do usuário; (3) os níveis subjetivos da experiência (como estética, simbólica e reflexiva); e (4) os requisitos de resposta.

A partir desses elementos, os autores identificam três tipos principais de resposta do usuário à interação com o produto: cognitividade (ligada à facilidade de uso e funcionalidade), afetividade (associada ao prazer, conforto ou excitação provocada pelo objeto) e intencionalidade (relativa ao desejo de uso ou aquisição). Esses dados ajudam o designer a traduzir percepções subjetivas em critérios objetivos para o desenvolvimento de produtos mais sensíveis à experiência humana.

Desse modo, o uso de instrumentos como o diferencial semântico, o NASA-TLX e o modelo baseado em Tavares *et al.* (2020) permite acessar de forma eficaz as dimensões emocionais, sensoriais e cognitivas que compõem a experiência do usuário. Esses métodos, ao unirem a subjetividade da interação humano-objeto com análises estruturadas e confiáveis, oferecem caminhos sólidos para o desenvolvimento de superfícies-objeto mais eficazes, empáticas e significativas no contexto desta pesquisa.

1.2. Design de Superfície

Historicamente, a decoração de superfícies esteve presente em diferentes culturas por meio de utensílios domésticos, espaços arquitetônicos e artefatos têxteis. A linguagem visual encontrada em práticas como a tecelagem, a cerâmica, a estampa e a azulejaria é considerada precursora do que hoje se define como design de superfície (Rüthschilling, 2008). Essas manifestações evidenciam o papel da superfície como suporte expressivo, estético e simbólico.

Rüthschilling (2008) afirma que:

Design de Superfície é uma atividade criativa e técnica que se ocupa com a criação e desenvolvimento de qualidades estéticas, funcionais e estruturais, projetadas especificamente para constituição e ou/tratamentos de superfícies, adequadas ao contexto sócio-cultural e às diferentes necessidades e processos produtivos (Rüthschilling, 2008, p.23).

Para Rubim (2005) essa área contempla, portanto, múltiplos materiais além dos tecidos, como emborrachados, cerâmicas, papéis, plásticos e mídias digitais. A aplicação em websites e outras plataformas eletrônicas ilustra a amplitude de atuação do design de superfície na contemporaneidade. O autor também considera que projetos voltados ao recobrimento de superfícies, como pisos e azulejos, integram o campo do design de superfície. Para o autor esses elementos são concebidos com intencionalidade estética e produtiva, o que justifica sua inclusão nesse universo projetual.

Figura 5– Design de superfície no cotidiano



Fonte: Acervo do autor (2025)

Além do material, a superfície pode ser compreendida como a parte de um objeto cuja extensão em largura e comprimento supera sua espessura. Essa característica lhe confere propriedades físicas e visuais que permitem seu planejamento como elemento projetável. Rüthschilling (2008) defende que essa condição transforma a superfície em uma interface de linguagem visual, passível de experimentação no design de produtos.

O reconhecimento formal do design de superfície como especialidade da área, promovido pelo CNPq em 2005, consolidou sua relevância no campo do design. A partir desse marco, a superfície deixa de ocupar uma função meramente decorativa ou complementar para assumir um papel projetual

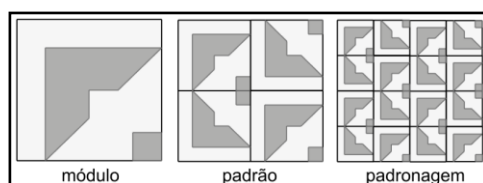
central, agregando valor simbólico, funcional e estético aos artefatos (Rüthschilling, 2008).

Nesse mesmo sentido, Freitas (2009) aponta que o design de superfície objetiva não somente tornar-se um suporte material e/ou de acabamento, mas também tem como objetivo conferir à ela uma carga comunicativa com o exterior do objeto, que pode ser interpretada através dos sentidos, tais como cores e texturas. Portanto, a transformação das superfícies se configura como uma atividade natural para o homem e que tem igualmente contribuído para o fortalecimento das suas individualidades.

Para o desenvolvimento de projetos em design de superfície, Menezes e Silva (2023) identificam três elementos fundamentais: o módulo, a repetição e as malhas. O módulo é a menor unidade visual do padrão, podendo ser bidimensional ou tridimensional. Ele deve conter todos os elementos necessários para a construção da padronagem.

A repetição consiste na justaposição dos módulos de forma contínua, configurando o padrão. De acordo com Rüthschilling (2008), o arranjo e a simetria dos módulos determinam a harmonia visual da padronagem. Menezes e Silva (2023) reforçam que, para uma repetição eficiente, é necessário prever conexões coerentes entre os módulos, de forma que não se perca a noção de peças isoladas.

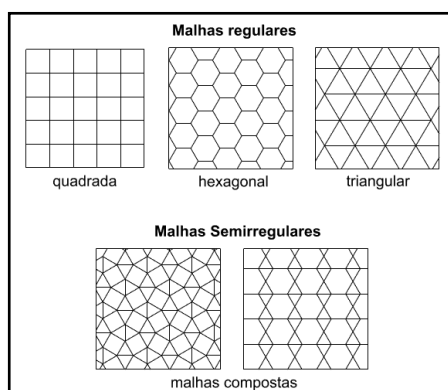
Figura 6- Exemplos de módulo, padrão e padronagem



Fonte: O autor, adaptado de Menezes e Silva (2023)

As malhas, por sua vez, são estruturas de organização dos módulos. Elas podem ser bidimensionais, envolvendo apenas largura e comprimento, ou tridimensionais, com adição de altura. Essa estruturação permite a criação de superfícies planas ou volumétricas. A escolha do tipo de malha influencia diretamente a composição visual e a adaptabilidade da superfície ao objeto (Menezes e Silva, 2023).

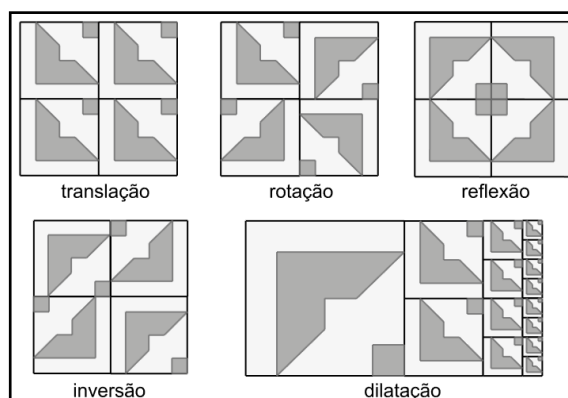
Figura 7- Exemplos malhas



Fonte: O autor, adaptado de Menezes e Silva (2023)

Outro aspecto importante refere-se à lógica de repetição dos módulos. Os sistemas de repetição são responsáveis por determinar o ritmo e a uniformidade do padrão, contribuindo para a harmonia visual da composição. Diferentes sistemas de repetição podem ser utilizados, conforme mostrado na ilustração a seguir:

Figura 8- Sistemas de repetição



Fonte: O autor, adaptado de Menezes e Silva (2023)

Com o avanço das tecnologias digitais, o design de superfície passou a incorporar novas ferramentas e metodologias computacionais. Nesse cenário, destacam-se os princípios do design generativo, que se baseiam em algoritmos para criar padrões complexos e inusitados. Esse tipo de abordagem amplia as possibilidades de criação, permitindo soluções que não seriam possíveis por métodos convencionais.

Menezes e Silva (2023) ressaltam que ferramentas como Rhinoceros e Grasshopper, utilizadas em ambientes CAD, viabilizam a construção de formas a partir de dados parametrizados. Essas plataformas operam com base em regras e fluxos de processamento que, ao serem organizados em blocos visuais, geram resultados de alta complexidade formal. Esse novo capítulo do design de superfície evidencia a união entre criação visual, lógica computacional e linguagem projetual.

1.2.1 Superfícies-objeto

Dando continuidade à discussão sobre o design de superfície, este tópico propõe uma abordagem considerando a superfície não apenas como revestimento visual ou tátil, mas como estrutura constitutiva do próprio objeto. Trata-se de uma perspectiva que une forma e função por meio da tridimensionalidade, conferindo à superfície um papel ativo no processo de concepção projetual (Barachini, 2015).

Segundo Schwartz, Neves e Rüthschilling (2008), um design de superfície se caracteriza como objeto quando a:

[...] superfície é organizada simultaneamente ao volume, numa relação intrínseca, para estruturar o objeto. O objeto depende diretamente da relação entre superfície e volume, só sendo completamente apreendido e caracterizado ao final desta interação, quando somente então passa a existir como produto. A Superfície, aqui, possui um caráter estruturador do volume, gerando-o e deixando-se influenciar

por ele para a configuração do objeto – as chamadas ‘estruturas que geram Superfícies’. Esta relação tende a sugerir que o projeto do objeto comece pela sua estruturação e representação tridimensional, o volume, mesmo que mínimo, sendo imediatamente seguida pela sua estruturação e representação bidimensional, a superfície (Schwartz, Neves e Rùthschilling, 2008. p.153).

Essa compreensão desloca o design de superfície da mera aplicação gráfica ou ornamental para um campo expandido, em que a superfície participa ativamente da constituição material e simbólica do artefato. Como afirma Rùthschilling (2008, p. 43) o design de superfície “não se limita à inserção de desenhos, cores e texturas sobre um substrato, cuja função principal seria apenas conferir qualidades às superfícies por meio de revestimento”.

Desse modo, as superfícies-objeto ganham relevância por sua capacidade de configurar uma zona de interação sensorial, formal e simbólica entre sujeito e artefato. Segundo Barachini (2002), as superfícies-objeto são tridimensionais por excelência, abertas e interativas. Elas permitem que diferentes materialidades desempenhem múltiplas funções, como observado em exemplos de tramas bio-têxteis dos povos originários ou nas superfícies cerâmicas de revestimento arquitetônico, como os azulejos em alto relevo, que despertam percepções multissensoriais no usuário.

Figura 9– Superfícies-objeto



Fonte: Acervo do autor (2025)

Sob a ótica de Schwartz, Neves e Rùthschilling (2008) e de Barachini (2015) a superfície-objeto deve ser entendida como uma instância integrada e indissociável do volume, contribuindo ativamente para a constituição do objeto tridimensional. Essa perspectiva destaca a metamorfose projetual da superfície, que adquire novos sentidos conforme influencia e é influenciada pela forma. O resultado dessa transformação reforça a ideia de que o design de superfície é responsável por fomentar experiências perceptivas entre sujeito e meio, tornando o objeto mais que um produto: um campo de interação sensível.

Nessa linha de pensamento, Barachini (2015) enfatiza que a superfície-objeto vai além da função decorativa ou protetiva, transformando-se em um espaço sensível de experimentação e expressão poética, como é o caso do origami. Seja no têxtil, na cerâmica ou no papel, a superfície se insere diretamente na construção da espacialidade e na mediação entre o corpo e o ambiente. A autora destaca, ainda, que esse tipo de superfície gera relações

sensoriais e simbólicas, favorecendo uma percepção expandida do objeto no cotidiano.

Dessa forma, ao reconhecer a superfície como parte integrante do objeto, e não apenas como revestimento decorativo, amplia-se o papel do design na mediação entre forma, função e percepção. A superfície-objeto, ao incorporar qualidades visuais e táteis, atua como canal de estímulos sensoriais e simbólicos, promovendo experiências que vão além do uso funcional. A partir dessa perspectiva ampliada, torna-se necessário aprofundar a relação entre o design de superfície e a experiência emocional do usuário, considerando como atributos sensoriais, simbólicos e estéticos podem despertar afetos e influenciar a percepção subjetiva durante a interação com os produtos.

1.2.2 Design de superfície e experiência emocional

No contexto do design de superfície, a experiência emocional do usuário emerge como um aspecto fundamental da interação entre sujeito e artefato. Freitas (2018) afirma que essa experiência decorre da transferência de informação a partir da dimensão física do objeto, ou seja, por meio da interface, a “pele” do produto. Nesse sentido, é a presença física da superfície que estabelece o primeiro contato perceptivo com o usuário.

Para a autora,

[...] em parte, é o próprio corpo físico do objeto que permite que o consumidor vivencie o universo desejado e, em parte, a mediação estabelecida entre ambos. A identificação imaterial se dará na convergência de signos entre a experiência oferecida pelo objeto e as expectativas, os valores e as referências emocionais prévias do consumidor (Freitas, 2018 p.35).

A ativação das emoções a partir do design de superfície está diretamente associada às características sensoriais do produto, como o conceito, a forma, a cor e a textura. Esses atributos contribuem para que o objeto transcenda sua funcionalidade e passe a integrar a dimensão afetiva da vida do usuário. Assim o design se torna vetor de sentido e pertencimento, carregando valores simbólicos e subjetivos (Freitas, 2018).

A partir disso, compreende-se que a materialidade da superfície, em sua dimensão visual e tátil, atua como elemento de estimulação sensorial. Essa estimulação, por sua vez, é capaz de desencadear experiências emocionais complexas. Para Couchot (2018), as emoções são inseparáveis de pares como atração e repulsão, prazer e desprazer, satisfação e insatisfação, sendo resultado de múltiplos processos cognitivos que ocorrem simultaneamente.

Nesse sentido, a observação das emoções provocadas pela interação com superfícies pode evidenciar ressonâncias cognitivas, como ideias, conceitos e juízos de valor. Ainda segundo Couchot (2018), a emoção manifesta um estado interno do sujeito que pode ser expresso por meio de estímulos visuais, como gestos, expressões faciais e posturas corporais, ou sonoros, como inflexões vocais, ruídos e exclamações.

De acordo com Couchot (2018), Tonetto e Silva (2011), a emoção não está dissociada da estética nem do significado. Isso implica que os atributos estéticos presentes em um design de superfície estão intrinsecamente

vinculados a experiências de prazer ou desprazer estético. Ou seja, o valor estético percebido influencia diretamente a resposta emocional do usuário.

Freitas (2018, p.41) aprofunda essa relação ao afirmar que os estímulos sensoriais provocados por um design de superfície “são processados pela matriz neural, a qual possui muitas vias e circuitos nervosos, conhecidos como sistema límbico, responsável por gerar todas as emoções”. A autora acrescenta que “a conexão entre o produto e a emoção pode ser estabelecida e intensificada por meio da manipulação da superfície do material, captando com mais destreza a atenção do consumidor.”

Com isso, evidencia-se que a experiência emocional no design de superfície não é um fenômeno subjetivo isolado, mas o resultado de uma articulação entre forma, matéria, percepção sensorial e memória afetiva. Ao explorar essas conexões, o design pode criar produtos que não apenas funcionam bem, mas que também evocam sentimentos, ativam memórias e estabelecem vínculos simbólicos com seus usuários.

1.3. Bioinspiração

Para Sá (2021), “a interdisciplinaridade é um dos principais referenciais para o desempenho de atividades criativas, pois promove a interconexão entre diversas esferas do conhecimento humano, oportunizando inovações.” Nessa perspectiva, somando-se o importante papel do reconhecimento da flora no campo projetual, optou-se nesta pesquisa por incluir o estudo do desenho da natureza sob o viés da bioinspiração. Tal escolha se fundamenta tanto na necessidade de reconectar o ser humano à natureza quanto nas contribuições que os estudos ergonômicos podem oferecer a essa percepção.

A bioinspiração constitui um campo amplo que engloba desenvolvimentos criativos guiados pela natureza. Dentro desse escopo, há diversas abordagens correlatas, como biomorfismo, biofilia, bioutilização, bioassistência, biodesign, biotécnica, biônica e biomimética. Este último termo, difundido principalmente pelas obras de Janine Benyus (1997), consolidou-se como área científica e se popularizou, articulando ideias presentes nos conceitos anteriores (Sá, 2021). Assim, esta dissertação adota a perspectiva desenvolvida por Benyus, utilizando o termo bioinspiração no mesmo sentido apresentado no início desse parágrafo.

Segundo Escobar (2018), a biomimética consiste em um processo de observação da natureza que permite abstrair princípios funcionais, padrões estruturais, materiais e comportamentais aplicáveis ao desenvolvimento de soluções humanas mais eficientes. Para Benyus (1997), o biomimetismo representa uma reconexão essencial entre ser humano e natureza. Esta abordagem se baseia em três eixos: natureza como modelo, medida e mentora (Arruda e Soares, 2018; Sá, 2021).

A biomimética, portanto, para Benyus (1997):

caracteriza a natureza como: a) **modelo**, pois nela estão contidos diversos organismos e sistemas inspiradores para solucionar problemas humanos; b) **medida**, já que a natureza evidencia soluções equilibradas, de bom funcionamento e bem adaptadas por meio de seus padrões ecológicos; e c) **mentora**, visto que, com a imersão em

conhecimentos naturais, é possível gerar novas formas de observar e valorizar a biosfera. (Sá, 2021, p.18, grifo do autor).

Para Sá (2021, p.18), o biomimetismo "oferece uma agenda de pesquisa em design", já que a natureza representa um vasto repertório de conhecimentos e inspirações a serem investigados por profissionais do campo. Torreblanca-Díaz e Mazo (2021) também afirmam que biomimética e bioinspiração estudam modelos naturais a fim de traduzi-los em processos ou produtos humanos, integrando saberes da biologia, engenharia, arquitetura e design em metodologias inter, multi e transdisciplinares.

Um dos métodos mais utilizados nesse campo é o da analogia. Dividido em três tipos: morfológica, funcional e simbólica (Arruda e Soares, 2018). A analogia morfológica consiste na tradução da forma encontrada na natureza para modelos projetuais. Isso inclui compreender a geometria, textura, partes e detalhes em diferentes escalas (macro ou microscópica), como destaca Arruda e Soares (2018).

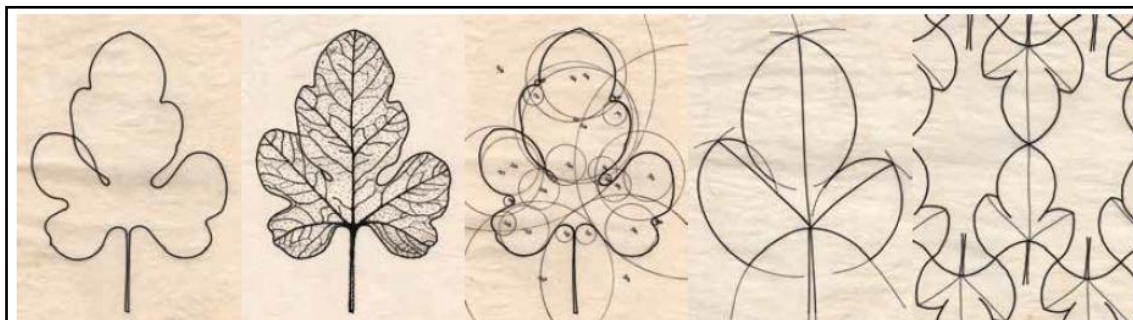
A analogia morfológica para os autores é a busca experimental da forma encontrada na natureza, seja ela simples ou complexa, para a elaboração de modelos da tradução das características estruturais e formais da natureza com objetivo de transpor em projetos. Sendo assim:

[...] este tipo de analogia procura estudar e analisar o porquê da forma natural, as inter-relações da sua geometria, observando e compreendendo suas texturas, atentando para as características do *shape* (forma externa), das partes e componentes, dos detalhes de alguma parte a nível macro ou microscópico, assim como, para as suas formas estruturais (Arruda e Soares, 2018, p.17).

Nesse tipo de analogia a observação da morfologia da natureza facilita e estimula a percepção de detalhes e princípios que serão extraídos da fauna e flora com o propósito de oferecer soluções para necessidades e desafios nas variadas esferas da atividade humana: como, por exemplo, na arquitetura, no design de superfície, objetos, móveis, obras gráficas, eletrônicas, dentre outras (Sá, 2021; Arruda e Soares, 2018).

Um exemplo dessa abordagem está no exercício gráfico-visual do design de superfície desenvolvido com base na folha do maxixeiro (*Cucumis anguria*), cuja modelagem explorou relações entre partes e volumes para um possível produto industrial (Arruda *et al.*, 2018).

Figura 10 - Exercício gráfico-visual



Fonte: Arruda *et al.*, 2018.

A analogia funcional, por sua vez, concentra-se na análise dos atributos e funcionamento dos sistemas naturais, independentemente de sua forma externa. Ela permite que soluções inspiradas na natureza melhorem o desempenho e a sustentabilidade de produtos e processos. Um exemplo clássico é a criação de placas solares que imitam a função de captação de energia solar das folhas (Arruda e Soares, 2018).

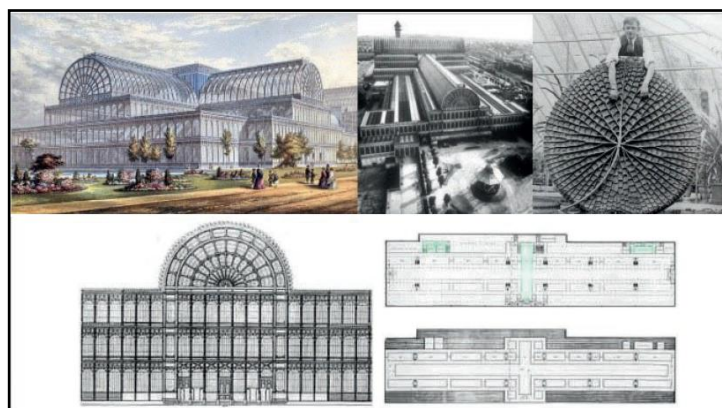
Figura 11- Placas solares (Captação de energia das folhas).



Fonte: Arruda e Soares (2018)

A terceira analogia, a simbólica, envolve a interpretação subjetiva e abstrata de elementos naturais. Nela, busca-se representar conceitos, sentimentos e significados presentes na natureza, mais do que formas ou funções. É uma via para traduções artísticas e poéticas em artefatos e espaços. Um exemplo dessa abordagem é a Torre de Cristal, inspirada simbolicamente na vitória-régia (Arruda e Soares, 2018).

Figura 12 - Exemplo de analogia simbólica da Torre de Cristal inspirada na Vitória-régia.



Fonte: Arruda e Soares (2018)

As analogias supracitadas, vão muito além da inserção de princípios e elementos da natureza em projetos de design. Para atingir um futuro biomimético “é preciso ocorrer uma transformação ‘interna’ nos seres humanos” que compatibilize com os três pilares da biomimética: “a) princípios éticos (*ethos*); b) proposta de (re)conexão com o meio natural; e c) emulação, isto é, a ‘transferência da natureza’ por meio de analogias para áreas como design, arquitetura e engenharia (Sá, 2021, p.29).

Diversos aspectos da utilização das analogias são capazes de promover um impacto positivo da interação humano-natureza através de um raciocínio lógico, assim como ajuda na tomada de decisões, nos diferentes campos de criação, percepção e criatividade (Arruda e Soares, 2018), contrapondo as noções de discursos simplistas do uso das analogias como soluções estáticas.

Arruda e Soares (2018) defendem que o uso consciente das analogias amplia a percepção, fortalece a criatividade e colabora com a tomada de decisões, evitando abordagens simplistas ou meramente formais. Entretanto, conforme a ENAP (2022), estratégias convencionais de conservação da natureza têm enfatizado aspectos técnicos e científicos, muitas vezes resultando em uma visão desumanizada e desvinculada de significados culturais.

Como resposta a essa limitação, surge o conceito de Valores Culturais da Natureza (VCN), que:

Envolvem significados simbólico, vínculos históricos e ancestrais, bens, saberes, tradições e práticas de diferentes grupos sociais (antigos ou atuais) associados a paisagens, fenômenos ou elementos específicos da fauna e flora e geologia que contribuem direta ou indiretamente para a conservação (ENAP, 2022, p.11)

Os VCN contribuem para os estudos biomiméticos ao reintroduzir a natureza como fonte de inspiração científica, simbólica, etnológica e identitária. Essa visão se aplica ao design bioinspirado de produtos que dialogam com as diversas tipologias de VCN, incluindo “artes decorativas que expressam a natureza em itens feitos para uso cotidiano ou cerimonial, como roupas, biojoias, cerâmicas, arranjos florais, entre outros artefatos (ENAP, 2022, p.19).

Diante da confluência entre bioinspiração e Valores Culturais da Natureza, Broeck (2018, p.104) afirma que “um dos aspectos mais interessantes da natureza, do ponto de vista do designer, é sua formidável coerência formal e estrutural”. O autor destaca que alguns padrões da natureza são particularmente relevantes, como a esfera, associada à proteção e otimização do espaço, e a espiral, que regula processos de crescimento, expansão e compactação. O meandro organiza percursos lineares de forma eficiente, enquanto a explosão representa expansões rápidas e a ramificação expressa hierarquias e distribuições organizadas.

Alguns padrões geométricos foram mapeados por Mazo e Ochoa (2009) por possuírem maior frequência na natureza do que outras morfologias. No quadro 4 observa-se padrões baseados em classificações e categorias, onde visualiza-se a função principal que eles obedecem, as funções características secundárias que eles têm em comum e quais são os mecanismos emergência que a natureza utiliza para construí-los.

Quadro 4 – Padrões geométricos naturais

Padrão	Função primária	Função secundária	mecanismos de emergência
Esferas e formas esferoides	Proteger	Conter, estabilizar estruturalmente, autodefender	Isotropia, rotação, homogeneidade
Hexágono e pentágono	Pavimentar bi e tridimensionalmente	Autoorganizar, ocupar espaço e proteger	Propagação de fraturas, cristalização de líquidos
Espiral	capturar	Guardar, permitir mobilidade	Crescimento diferencial, busca por luz e água
Hélice	Agarrar	Aumentar fricção	Movimento e crescimento diferencial
Pontas	Penetrar	Concentrar, dispersar, atacar, comer	Deformação, concentração
Ondas e formas sinuosas	comunicar	Mover, ocupar espaço	Forças contrapostas e flutuações periódicas
Fractais e ramificações	colonizar	Transportar, ocupar espaço, minimizar material	Ordem

Fonte: Mazo e Ochoa, 2009, Tradução e adaptação do autor

Nesse contexto, a bioinspiração revela-se como um caminho fértil para o desenvolvimento de soluções projetuais sensíveis, sustentáveis e culturais. Ao valorizar as formas, funções e simbolismos presentes na natureza, bem como os saberes ancestrais e os valores culturais a ela associados, o design amplia seu repertório técnico e poético. Assim, integrar princípios naturais e analogias bioinspiradas ao projeto de superfícies-objeto não apenas fomenta inovações formais e funcionais, como também ressignifica a relação entre humanos e natureza, tornando-a mais empática, ética e afetiva.

1.4. Fabricação Digital

A fabricação digital, como um dos temas operacionais desta pesquisa, compreende o uso de diversas técnicas de produção de produtos, objetos, maquetes, mock-ups, modelos de apresentação e protótipos a partir de representações digitais (Orciuoli, 2009; Santos, 2016). Esses processos envolvem o emprego de softwares especializados e máquinas de controle numérico que interpretam modelos digitais tridimensionais para gerar peças físicas.

De forma geral, a fabricação digital utiliza dois sistemas principais: a manufatura aditiva e a manufatura subtrativa. No sistema de manufatura aditiva,

o objeto final é construído por meio da deposição sucessiva de camadas de material, geralmente plásticos ou resinas. Já na manufatura subtrativa, o produto é obtido pela remoção controlada de material de um bloco sólido, por meio de técnicas como fresamento, furação ou torneamento (Volpato, 2016).

A manufatura aditiva, frequentemente associada à impressão 3D, permite criar geometrias complexas com precisão, diretamente a partir de modelos computacionais, sem necessidade de moldes ou ferramentas específicas. Essa tecnologia tem aplicação consolidada em áreas como engenharia, medicina e design, e é amplamente empregada na prototipagem rápida (ABNT, 2018).

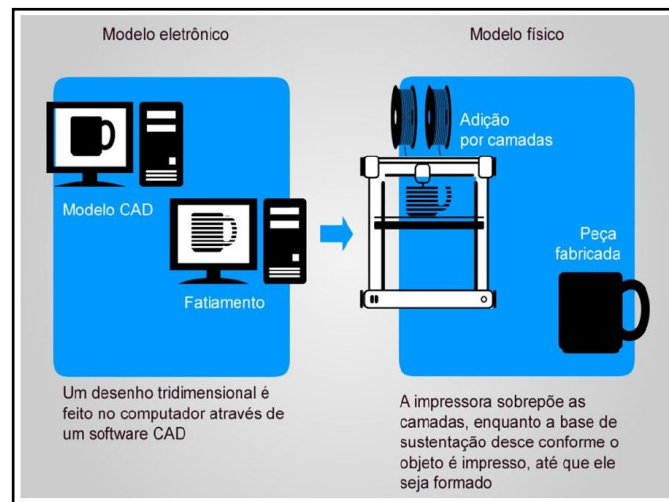
Em contraste, a manufatura subtrativa envolve a modelagem por remoção, sendo eficaz para obter alta precisão dimensional. Conforme a mesma norma, esse método pertence ao grupo de moldagem que subtrai, enquanto a manufatura aditiva acrescenta material. Ambas as abordagens oferecem vantagens distintas, sendo a aditiva especialmente valorizada pela liberdade formal e pela redução de desperdício de material (ABNT, 2018).

Conforme descrito, o primeiro passo da fabricação digital é a modelagem virtual, realizada em *softwares* CAD (*Computer Aided Design*). Esses programas permitem a criação e manipulação de formas, volumes, encaixes e texturas, viabilizando o planejamento detalhado da montagem e desmontagem de peças (Viaro *et al.*, 2014). Essa fase é crucial para visualizar e testar virtualmente o desempenho do projeto antes de sua materialização.

Apesar dos avanços nas simulações digitais, os modelos físicos tridimensionais continuam sendo indispensáveis para o design de produtos. Eles permitem avaliações sensoriais, formais e funcionais, fundamentais na decisão de compra e na experiência do usuário. A manufatura aditiva tem se destacado desde o final dos anos 1980, e foi amplamente adotada pelos designers na década de 1990 devido à sua capacidade de criar formas complexas de maneira rápida e acessível (Santos, 2016).

Nesta pesquisa, optou-se por utilizar a manufatura aditiva por deposição de material fundido (FDM — *Fused Deposition Modeling*) para o desenvolvimento dos protótipos. Essa técnica emprega filamentos termoplásticos aquecidos que são extrudados camada por camada para formar o objeto tridimensional no plano XYZ. De forma análoga ao trabalho de um confeitiro decorando um bolo, o bico extrusor da impressora 3D deposita filetes de material sobre a plataforma de construção, que por sua vez permanece a uma temperatura controlada inferior à do material, permitindo que este endureça rapidamente (Volpato, 2016).

Figura 13 - Etapas de manufatura aditiva FDM



Fonte: Oliveira (2016)

Segundo Volpato (2016), o surgimento da prototipagem rápida representa um marco na história da fabricação, especialmente por sua capacidade de reduzir significativamente o tempo de produção e permitir a criação de geometrias altamente complexas. Dessa forma, o processo de desenvolvimento de produto passa a ser visto como um sistema integrado de ferramentas e procedimentos voltados para encontrar soluções que atendam de forma mais eficaz aos requisitos do projeto.

A fabricação digital, portanto, não apenas potencializa o processo criativo no design de produtos, como também amplia as possibilidades de experimentação formal e funcional. No caso específico desta pesquisa, a impressão 3D será utilizada como meio para materializar texturas bioinspiradas em superfícies-objeto, permitindo a análise sensorial e cognitiva da interação entre usuário e artefato.

CAPÍTULO 2

2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Neste capítulo é apresentada a metodologia proposta no estudo com o intuito de responder a seguinte questão de pesquisa: De que forma a aplicação de estímulos sensoriais em texturas de superfícies-objeto, fundamentada nos princípios da ergonomia cognitiva e do design bioinspirado, pode influenciar a percepção e a emoção dos usuários?

Nesse sentido, almeja-se alcançar o objetivo geral da investigação que é compreender como os princípios da ergonomia cognitiva podem ser aplicados no desenvolvimento de texturas bioinspiradas em superfícies-objeto para promover uma interação mais eficiente com usuários, considerando os processos cognitivos e afetivos a partir de estímulos sensoriais.

2.1 Caracterização da pesquisa

Para responder à pergunta da pesquisa de cunho procedimental e experimental, realizou-se experimentos de natureza aplicável no contexto do campo no propósito de contribuir com informações sobre o design ergonômico em texturas bioinformadas a partir de estímulos sensoriais em interação com usuários. Segundo Lakatos e Marconi (2003), o caráter aplicável da pesquisa exalta-se a medida em que os resultados são utilizados em problemas que ocorrem na realidade, como o conhecimento do limite da capacidade cognitiva humana em contato com artefatos.

Nesse sentido, a lógica de análise da pesquisa propõe-se a uma investigação com objetivo exploratório. Na visão de Santos (2018), a pesquisa exploratória apresenta estudos vinculados principalmente a perguntas do tipo “como” e “porque”. Desta forma, a pesquisa corrobora com Gil (1946) ao questionar de que forma (“como”) a aplicação da ergonomia cognitiva em texturas bioinspiradas promove uma interação mais eficiente com participantes do estudo.

Desta forma, a adoção do procedimento metodológico de pesquisa *Design Science Research* torna-se relevante. Pois segundo Santos (2018), esse método torna-se adequado em um projeto de pesquisa quando há a criação de um artefato para a promoção de melhorias no contexto local ou global sendo a efetividade do artefato em alcançar tais melhorias é o foco do estudo.

A pesquisa desenvolve-se com protocolos de abordagens qualitativas e quantitativas, pois segundo Manzini (1991) a pesquisa qualitativa apresenta características intersubjetivas e com amplo potencial para atingir dimensões profundas do comportamento humano, uma vez que busca-se compreender a experiência cognitiva e afetiva dos usuários em relação às texturas bioinspiradas, a partir de análises interpretativas, observações e relatos subjetivos. Por outro lado, os procedimentos quantitativos estão presentes principalmente nas etapas de análises das tarefas cognitivas através de instrumentos “psicométricos”. A integração dessas duas abordagens proporciona uma análise mais abrangente, garantindo tanto a profundidade

interpretativa quanto a consistência estatística dos dados coletados (Creswell, 2014).

A Figura 14 expõe resumidamente a caracterização proposta nesta pesquisa.

Figura 14 - Caracterização da pesquisa



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

2.2. Design Science Research (DSR) como método de pesquisa

A partir da pergunta da pesquisa que objetiva encontrar respostas acerca de princípios ergonômicos para superfícies-objetos texturizados, torna-se relevante a aplicação do método *Design Science Research* pelo seu rigor científico (Weiringa, 2009).

O quadro 5 é uma adaptação de Hevner *et al.* (2004) para pesquisas que utilizam a DSR como método de pesquisa. Portanto, enfatiza-se a descrição da orientação recomendada para cada etapa e, como isso, visualiza-se a sua aplicação nas fases desta pesquisa.

Quadro 5 - Design Science Research guidelines

Orientação	Descrição	Aplicação na pesquisa
Orientação 01: Design como um artefato	<i>Design Science Research</i> deve produzir um artefato viável em forma de uma construção, um modelo, um método ou uma instanciação.	Necessita-se da materialização das texturas bioinformadas como resultado dos processos de exploração.
Orientação 02: Relevância do problema	O objetivo da <i>Design Science Research</i> é desenvolver soluções baseadas em tecnologia para problemas importantes e relevantes para empresas e instituições.	A relevância da pesquisa centraliza-se na investigação da ergonomia cognitiva como promotor da melhor interação entre natureza, pessoas e artefato.
Orientação 03: Avaliação do design	A utilidade, qualidade e eficácia do artefato deve ser rigorosamente demonstrada através de métodos de avaliação bem executados.	Nessa etapa os critérios qualitativos e quantitativos da experiência cognitiva e afetiva das texturas serão levados em consideração para melhoria do processo de design.
Orientação 04: Contribuições da pesquisa	O <i>Design Science Research</i> deve fornecer contribuições claras e verificáveis nas áreas do artefato de design, fundamentos de design e/ ou metodologias de design.	A produção das texturas segue protocolos científicos com procedimentos descritos em cada etapa.
Orientação 05: Rigor da Pesquisa	<i>Design Science Research</i> é baseada na aplicação de métodos rigorosos tanto na	Os Protocolos de construção das texturas seguem diretrizes de autores com publicações científicas reconhecidas

	construção como na avaliação do artefato de design.	nacionalmente e internacionalmente.
Orientação 06: Comunicação de pesquisa	<i>Design Science Research</i> deve ser apresentada efetivamente para públicos voltados para tecnologia e para públicos voltados para gestão.	A pesquisa segue recomendações acadêmicas de divulgação dos resultados em relatórios e produções em revistas científicas.

Fonte: O autor, adaptado de RODRIGUES (2018).

Esse quadro demonstra recomendações para atingir os objetivos de pesquisa com o uso do DSR. Segundo essas orientações expostas, pode-se entender que a DSR, ao ser considerada como método, torna-se capaz de auxiliar o pesquisador na geração de conhecimento teórico e prático durante processos de concepção de artefatos, com base no rigor necessário para a constituição de pesquisas com caráter científico (Rodrigues, 2018).

Para Santos (2018), no método DSR são desenvolvidas e avaliadas a viabilização de um artefato na busca por uma solução integrados ao problema de pesquisa. Sob essa perspectiva, a pesquisa alinha-se a literatura do autor ao explorar como princípios ergonômicos, através da coleta de informações sobre estímulos sensoriais impactam a percepção cognitiva e afetiva de usuários.

Baseado neste raciocínio científico, a Figura 15 aponta as etapas do *Design Science Research*, segundo Santos (2018). O *workflow* inicia-se na compreensão do problema para que seja possível a geração de alternativas de design. Em continuidade, desenvolve-se o artefato e logo após, as considerações finais do estudo obtidas na etapa de avaliação.

Figura 15 - Etapas de pesquisa em *Design Science Research*

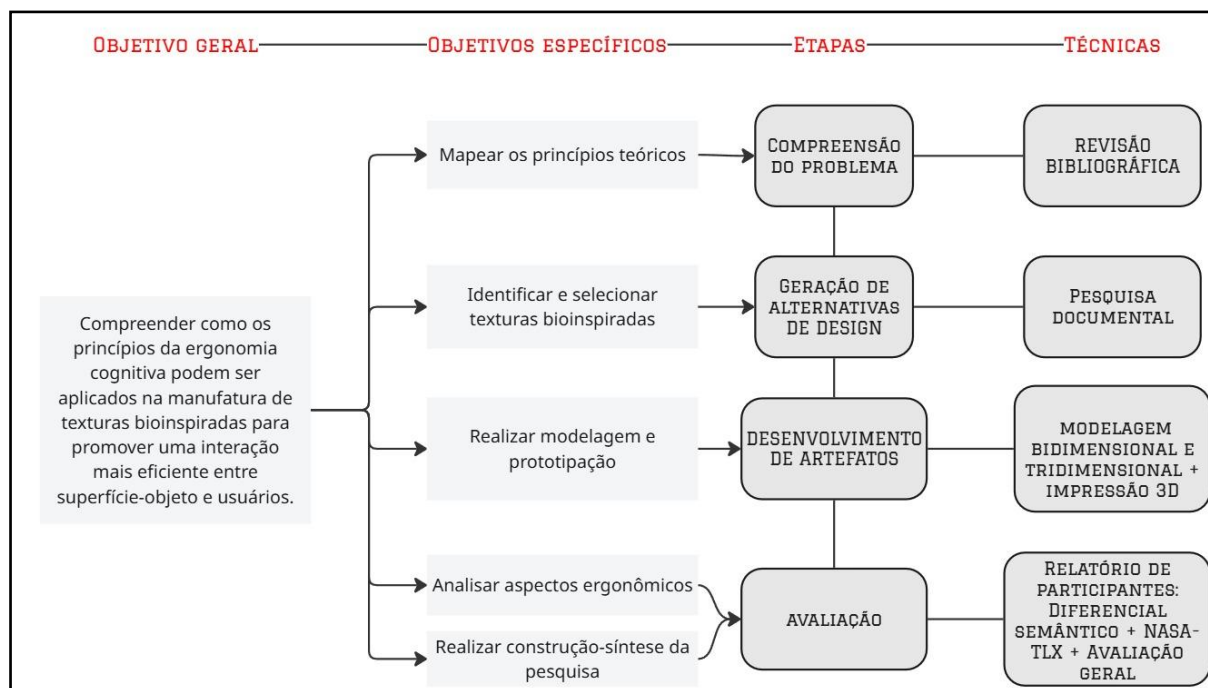


Fonte: O autor, adaptado de SANTOS (2018)

Desta maneira, a Figura 15 sintetiza o processo geral para esta pesquisa. Similarmente aos processos descritos por Santos (2018), Rodrigues (2018), Hevner *et al.* (2004) e Weiringa (2009), torna-se necessário identificar e compreender problema, extrair alternativas de design, desenvolver uma solução ao problema e avaliar a eficiência da solução.

Na Figura 16 delineou-se o arranjo metodológico para esta pesquisa considerando quatro etapas de trabalho alinhadas na matriz *Design Science Research* e correspondidas com os objetivos específicos, etapas e técnicas.

Figura 16- Arranjo metodológico baseada na DSR e etapas de trabalho



Fonte: O autor (2025)

2.3. Procedimento Experimental

Este estudo caracterizou-se por uma abordagem quali-quantitativa, de caráter exploratório, experimental e aplicado, envolvendo coleta e análise de dados no contexto do campo conforme detalhamento nas seções a seguir. Desta forma, foram desenvolvidas amostras específicas e organizados protocolos de análise.

O procedimento experimental foi conduzido em etapas sucessivas, abrangendo a definição das amostras, a escolha do local de coleta de dados, a elaboração dos protocolos de pesquisa, critérios de amostragem e, por fim, a realização de um pré-teste para aprimoramento dos procedimentos.

2.3.1 Amostras

Com a finalidade de investigar como os princípios da ergonomia cognitiva podem ser aplicados na manufatura de texturas bioinspiradas para promover uma interação mais eficiente entre superfície-objeto e usuários, desenvolveu-se 4 (quatro) amostras considerando os princípios da ergonomia cognitiva (Berlin e Adams, 2017; Silva, 2018), no sentido de explorar como diferentes tipos de contraste, variações no relevo e densidade visual podem influenciar a experiência do usuário.

Neste sentido, considerou-se dois grupos de amostras, o grupo G1 com duas amostras e o grupo G2 com as outras duas amostras. Com grupos independentes incorporou-se dois tipos de referenciais bioinspirados. Desta forma, pareou-se as amostras intra-grupo considerando as variações de contraste como código de análise e, pareou-se as amostras inter-grupo com as variações de relevo e densidade visual como códigos de análise.

Dessa maneira, considerou-se a variação de contraste entre a figura e o fundo nas quatro superfícies-objeto como estratégia para investigar os efeitos perceptivos e sensoriais a partir do princípio da *Gestalt* - figura-fundo (Gomes filho, 2008; Dondis, 1997) por meio de superfícies considerando o código cromático preto e branco.

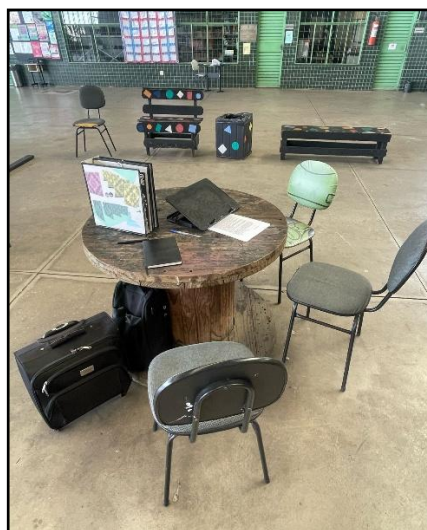
Para as variações de relevo, considerou-se a extrusão positiva que consiste em projetar um contorno bidimensional para fora do plano de origem, adicionando volume e permitindo a criação de relevos e estruturas sólidas. Por outro lado, considerou-se a extrusão negativa que corresponde ao movimento inverso, no qual o contorno é empurrado para dentro da superfície, subtraindo material e gerando cavidades, encaixes ou furos.

Por fim, no que se refere à densidade visual, foram estabelecidos critérios fundamentais com base na pesquisa documental para assegurar a interpretação adequada das amostras, como a nitidez dos contornos, o bom contraste e a ausência de sobreposição entre os elementos. A aplicação dos princípios da *Gestalt* reforça essa abordagem, especialmente no que se refere à relação figura-fundo e à pregnância das formas bioinspiradas, garantindo clareza e legibilidade na experiência visual, conforme apontam Silva (2021) e Correia (2009).

2.3.2 Local de coleta de dados

O local selecionado para a pesquisa foi o Centro Cultural Padre Eustáquio (CCPE), situado na região central de Belo Horizonte (MG). A escolha desse espaço baseou-se no conhecimento prévio do pesquisador sobre o CCPE e em suas condições favoráveis de acolhimento aos usuários, como a presença de bancos, iluminação, segurança e permanência no local, o que proporciona interação adequada e favorece o convite à participação na pesquisa, conforme apresentado na Figura 17.

Figura 17 – Local de Coleta de dados dos participantes.



Fonte: O autor (2025)

O CCPE foi construído com recursos aprovados no Orçamento Participativo (Prefeitura de Belo Horizonte, 2025). Sua localização com fácil acesso, pátio amplo, coberto e com palco para apresentações artísticas, proporciona fluxo de pessoas interessadas em diversas atividades culturais conforme convites em suas redes sociais demonstrado na figura 18.

Figura 18 - Exemplos de atividades culturais do CCPE



Fonte: O autor (2025)

As características do local da pesquisa mostram-se compatíveis com os objetivos desta investigação, ao considerar que a superfície-objeto, também compreendida como um corpo, constitui um espaço de diálogo entre o design e a cultura. Esse entendimento reforça a importância da sensibilidade sensorial como meio de ampliar a conexão com os usuários, permitindo que a superfície assuma diferentes significados conforme o contexto em que está inserida (Freitas, 2018).

2.3.3 Protocolos de pesquisa

Para a condução da análise das tarefas cognitivas desta pesquisa, adotou-se um desenho experimental voltado à otimização do tempo de aplicação e à redução de possíveis efeitos de fadiga entre os participantes. A estratégia de organização considerou tanto a quantidade de amostras (quatro) quanto a necessidade de aplicação equilibrada dos protocolos de pesquisa, de modo a preservar a qualidade dos dados coletados.

Desta forma, para envolver a participação de seres humanos o presente estudo seguiu pressupostos da Resolução 510/2016, CONEP-CNS-MDS (Brasil, 2016), a qual dispõe sobre os cuidados éticos dos estudos em Ciências Humanas e Sociais, com aplicação de um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) atendendo a “Norma ERG-BR 1002, do código de Deontologia do Ergonomista Certificado” (Abergo, 2003). Além disto, este estudo foi aprovado pela comissão de ética da UFMA (Parecer 7.713.602).

O protocolo de caracterização dos participantes foi composto por uma folha de questões relacionadas à identificação do sujeito dirigida as características pessoais como idade, gênero e nível de instrução.

Em relação a elaboração do protocolo de Diferencial Semântico (DS) considerou-se 12 pares de adjetivos, conforme Figura 19, extraídos de sites *e-commerce*, que continham produtos voltados para revestimento, como ladrilhos hidráulicos com padrões florais, azulejos, pisos, pastilhas, dentre outros artigos

da mesma categoria de matérias cerâmicos. Para complementar a formação dos descritores, este protocolo baseou-se nos estudo de Lanutti *et al.* (2013).

Figura 19 - Pares de adjetivos

SIMPLES	☐	☐	☐	☐	☐	COMPLEXO
HOSTIL	☐	☐	☐	☐	☐	AMIGÁVEL
ORNAMENTAL	☐	☐	☐	☐	☐	FUNCIONAL
INDECIFRÁVEL	☐	☐	☐	☐	☐	NÍTIDO
BONITO	☐	☐	☐	☐	☐	FEIO
DESORGANIZADO	☐	☐	☐	☐	☐	ORGANIZADO
ATRATIVO	☐	☐	☐	☐	☐	REPULSIVO
MONÓTONO	☐	☐	☐	☐	☐	VIBRANTE
ALEGRE	☐	☐	☐	☐	☐	TRISTE
COMUM	☐	☐	☐	☐	☐	EXCLUSIVO
ALTERNATIVO	☐	☐	☐	☐	☐	CLÁSSICO
ARTIFICIAL	☐	☐	☐	☐	☐	NATURALISTA

Fonte: O autor (2025)

Neste protocolo, o agrupamento dos adjetivos baseou-se em Medeiros e Ashton (2006) e Lanutti *et al.* (2013). Deste modo, 2 (dois) grupos de adjetivos foram formados conforme o constructo conceitual adaptado de Seva *et al.* (2011) organizado no quadro 6. O objetivo desse agrupamento é analisar em separado as experiências cognitivas e afetivas e suas interações acerca das superfícies-objeto.

Quadro 6 - Agrupamento dos adjetivos

Sistemas de análise	Adjetivos
Sistema cognitivo : abordam o conjunto de descritores do nível crítico e prático.	Simple-----Complexo Funcional-----Ornamental Amigável-----Hostil Bonito-----Feio Nítido-----Indecifrável Desorganizado-----Organizado
Sistema afetivo : abordam o conjunto de descritores do nível lúdico e ideológico	Atrativo-----Repulsivo Vibrante-----Monótono Alegre-----triste Exclusivo-----Comum Clássico -----Alternativo Naturalista-----Artificial

Fonte: O autor (2025)

Em relação a apresentação dos pares de adjetivos, eles foram colocados em extremidades e separados por uma escala Likert composto por 5 (cinco) âncoras. Sua alternância de posição foi considerada para que não haja polarização em positivos de um lado e negativos do outro, evitando que os sujeitos criem tendências de polarização ou de comparação Lanutti *et al.* (2013).

Para o protocolo NASA TLX, cinco dimensões foram consideradas pra compor o índice subjetivo de carga de trabalho mental. A ferramenta

desenvolvida para a pesquisa foi adaptada de Silva (2018) e proporcionou uma análise a partir das dimensões como demanda visual, demanda tátil, demanda temporal, desempenho e frustração.

A pergunta direcionada para cada dimensão está na Figura 20 e a sua escala de avaliação de 0 a 100 foi apresentada de forma colorida para proporcionar atratividade ao participante. Além das dimensões analisadas questionou-se aos participantes quais das dimensões foi decisiva para sua avaliação. Além disso, é importante ressaltar que houve alternância na ordem das perguntas e embaralhamento dos fatores decisivos a cada amostra apresentada para o participante.

Figura 20 - Protocolo NASA-TLX Adaptado

1 - DEMANDA VISUAL: Quanto de atividade visual foi exigida para compreender e interpretar as informações dispostas na textura? (A tarefa de observação foi fácil, difícil, simples, complexa, de alta ou baixa exigência?)

MUITO BAIXA	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	MUITO ALTA
-------------	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----	------------

2 - DEMANDA TÁTIL: Quanto de atividade tátil foi exigida? (A tarefa de observação possibilitou a minha aproximação ou distanciamento da sensação de toque na textura?)

MUITO BAIXA	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	MUITO ALTA
-------------	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----	------------

3 - DEMANDA TEMPORAL: Quanto de tempo foi necessário para compreender e interpretar as informações dispostas na textura?

MUITO BAIXA	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	MUITO ALTA
-------------	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----	------------

4 - DESEMPENHO: Quanto você ficou satisfeito (a) com a sua compreensão e interpretação da textura? (fique atento aos extremos da escala)

ÓTIMO	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	RUIM
-------	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----	------

5 - FRUSTRAÇÃO: Quanto de desânimo, irritação, estresse ou aborrecimento você teve ao observar a textura?

MUITO BAIXA	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	MUITO ALTA
-------------	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----	------------

6 – Circule qual fator foi decisivo para a sua análise.

Demanda Visual

Demanda Tátil

Demanda Temporal

Desempenho

Frustração

Fonte: O autor (2025)

Por fim, o último protocolo nomeado de “comparação e avaliação geral” instrumentalizou-se como coleta qualitativa de dados voltado à análise dos usuários sobre as amostras. Ele orienta os participantes a observar e interagir diretamente com as amostras dispostas sobre a mesa, estimulando uma abordagem sensorial e cognitiva. A primeira questão propõe que o respondente identifique, entre dois padrões, aquele em que mais percebe elementos de natureza floral, solicitando uma justificativa argumentativa. A segunda questão convida o respondente a refletir criticamente sobre o design das texturas, indicando possíveis melhorias, bem como pontos fortes e fracos percebidos.

Em síntese, para o experimento foram utilizados os seguintes protocolos:

1. Protocolo Ético: seguiu a Resolução 510/2016 (CONEP) e aplicou TCLE conforme a Norma ERG-BR 1002. Aprovado pelo Comitê de Ética da UFMA (Parecer 7.713.602).
2. Protocolo de caracterização dos Participantes: coleta de dados pessoais: idade, gênero e escolaridade.
3. Protocolo DS: 12 pares de adjetivos (cognitivos e afetivos) avaliados em escala Likert de 5 pontos.
4. Protocolo NASA-TLX adaptado: avaliação de 5 dimensões: visual, tátil, temporal, desempenho e frustração.
5. Protocolo de comparação e avaliação geral: participantes interagiram com as amostras e responderam sobre percepção floral e sugestões de melhoria no design das texturas.

2.3.4 Amostragem

Nesta pesquisa, adotou-se uma amostragem não probabilística por conveniência, caracterizada pelo acesso direto e viável aos participantes durante o período de coleta de dados. De acordo com Creswell (2014), esse tipo de amostragem, embora menos rigoroso do que os modelos probabilísticos, é apropriado em situações em que não se dispõe de listas completas da população ou quando a natureza do estudo exige maior flexibilidade de acesso aos respondentes.

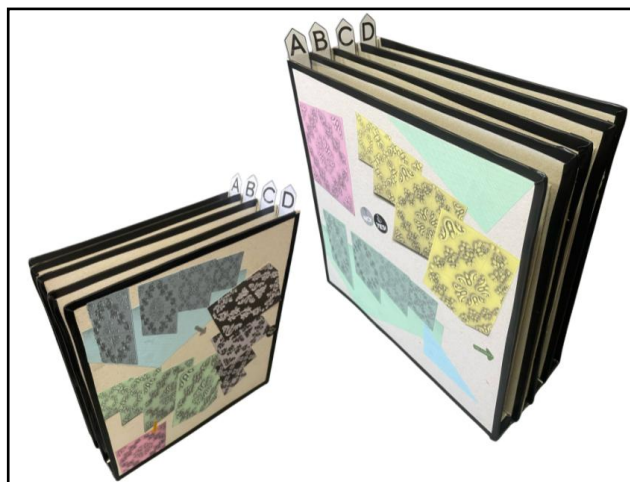
A amostragem foi conduzida de forma aleatória simples e não estratificada dentro do universo acessível, ou seja, todos os indivíduos elegíveis tiveram a mesma possibilidade de integrar o estudo, mas sem a necessidade de representar proporcionalmente subgrupos populacionais (como gênero, idade ou escolaridade). Conforme aponta Creswell (2014), a estratificação requer conhecimento prévio detalhado da população, o que nem sempre é viável em pesquisas aplicadas em contextos específicos.

Foram adotados critérios de inclusão para garantir a adequação dos participantes às tarefas propostas: ser maior de 18 anos, ter capacidade de visualizar e interagir com as amostras, além de compreender os protocolos de avaliação, registrando adequadamente suas respostas.

Conforme os participantes foram convidados, cada um foi alocado em apenas um grupo experimental (G1 ou G2), avaliando duas amostras por vez. A distribuição seguiu um sistema de alternância entre os grupos, garantindo a aleatoriedade do processo de alocação e reduzindo o risco de fadiga cognitiva durante a coleta.

Em virtude dessa condução, as amostras foram acondicionadas em uma caixa com barreira visual para que os participantes analisassem somente uma amostra por vez. Portanto, confeccionou-se uma caixa com em papel paraná nas dimensões 28,5cm x 29,5cm x 11cm conforme a Figura 21.

Figura 21 - Caixa com barreira visual



Fonte: O autor (2025).

Assim, a escolha da amostragem e o procedimento de alocação foram orientados por critérios de acessibilidade, viabilidade e adequação metodológica, assegurando que os objetivos investigativos fossem alcançados sem comprometer a consistência e a validade dos resultados obtidos.

2.3.5 Procedimentos e pré-teste

Antes da coleta de dados propriamente dita, um pré teste com 6 sujeitos foi realizado com o objetivo de familiarização com o local de coleta e ajustes nos procedimentos e protocolos.

Inicialmente recrutou-se os participantes para participarem da pesquisa conduzindo-os para a biblioteca do CCPE conforme a Figura 22. Com os indivíduos sentados, foram apresentados os objetivos do estudo e logo depois, leram, preencheram e assinaram o TCLE. Em seguida, foi aplicado o protocolo de caracterização dos participantes para preenchimento.

Figura 22 - Primeiro local de coleta de dados



Fonte: O autor (2025)

Na sequência, a folha do protocolo DS foi apresentada contendo a amostra a ser analisada e, desta forma, a mesma era retirada da caixa de

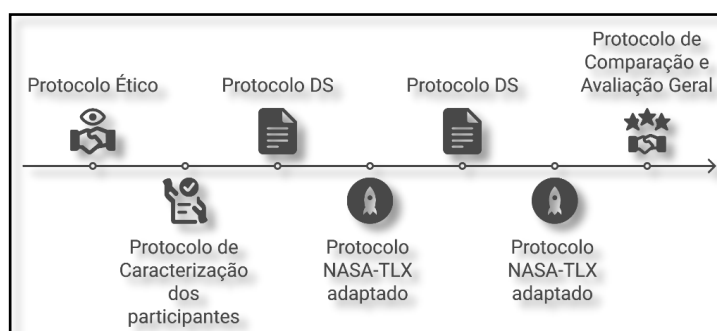
avaliação e apresentada ao sujeito para interação. Em seguida, o aplicador realizava a instrução sobre o preenchimento das respostas na escala de Diferencial Semântico com cinco âncoras e 12 pares de adjetivos.

Na próxima tarefa, ainda com a mesma amostra, ao participante foi apresentado e instruído sobre o preenchimento do protocolo NASA-TLX adaptado. Neste, as perguntas sobre as cinco dimensões eram direcionadas e, então, solicitava-se resposta a ser assinalada com um X na escala de 0 a 100.

Na continuação dos procedimentos, a amostra anterior era recolhida para a caixa de avaliação e a última amostra era retirada da caixa e apresentada. Novamente era solicitado o preenchimento de novos protocolos DS e NASA-TLX adaptado. Por fim, as duas amostras analisadas eram colocadas sob a mesa para análise pelo participante e, posteriormente, solicitava-se o preenchimento do protocolo de comparação e avaliação geral.

Portanto, conforme Figura 23, cada participante responde a um protocolo ético e protocolo de caracterização, responde quatro questionários sobre análise de tarefas cognitivas, e por fim, responde ao protocolo de comparação e avaliação geral.

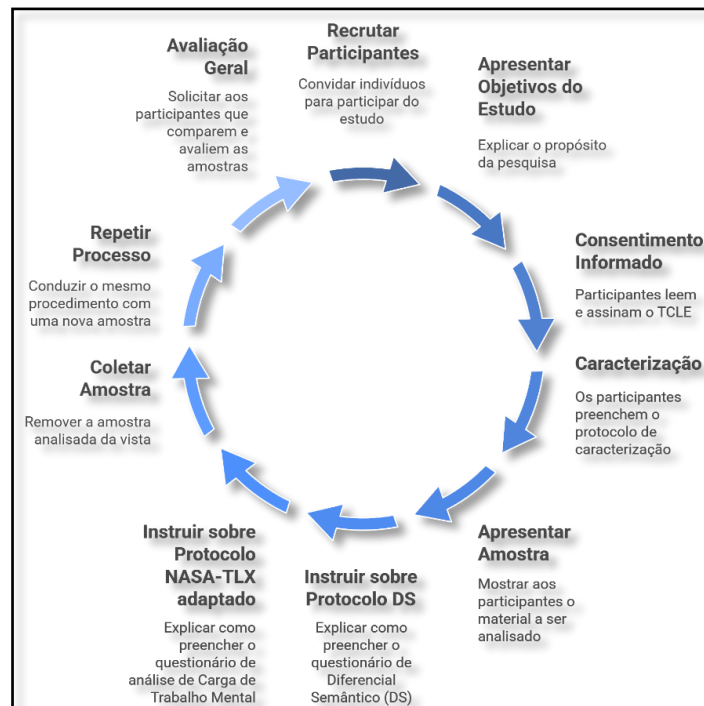
Figura 23 - Sequência de aplicação dos protocolos



Fonte: O autor (2025)

A Figura 24 apresenta um fluxograma cíclico da síntese dos procedimentos para a análise dos aspectos ergonômicos relativos as texturas bioinspiradas. Desta forma, os participantes eram convidados a participar do estudo e informados sobre os objetivos da pesquisa. Após a apresentação, era solicitado que lessem e assinassem o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). Em seguida, preenchiam um protocolo de caracterização. Com base nisso, era apresentada uma amostra para avaliação, acompanhada de instruções sobre o preenchimento de dois instrumentos: o protocolo do Diferencial Semântico (DS) e o protocolo adaptado NASA-TLX. Após o preenchimento dos questionários, a amostra era retirada de vista e o processo reiniciado com uma nova amostra. Ao final, os participantes realizavam uma avaliação geral, comparando e avaliando todas as amostras analisadas.

Figura 24 - Fluxograma síntese dos procedimentos



Fonte: O autor (2025)

Após o pré-teste percebeu-se que a pesquisa com os sujeitos contabilizaram, em média, 18 minutos até a sua completa finalização. Além disso, sentiu-se a necessidade de adicionar um suporte para melhor apresentação das amostras conforme a Figura 25.

Figura 25 - Suporte de apresentação das amostras



Fonte: O autor (2025)

Durante o pré-teste, percebeu-se também que era melhor abordar pessoas sozinhas, pois familiares ou amigos acabavam interferindo nas respostas do participante. Já em relação aos protocolos, sentiu-se a necessidade de aumentar a fonte para melhor legibilidade.

Outra necessidade detectada foi a mudança do local de coleta para outra área do CCPE, pois o contato com o público em área mais aberta possibilitava melhor as chances de participação na pesquisa. Com isso, a Figura 26 demonstra o melhor setor de coleta de dados após o pré-teste.

Figura 26 - Setor oficial de coleta de dados da pesquisa



Fonte: O autor (2025)

Outras considerações concebidas versam sobre as apresentações culturais e artísticas no CCPE. Desta forma, quando haviam apresentações desse gênero a pesquisa era suspensa, pois elas direcionavam a atenção do participante a outros estímulos (Berlin e Adams, 2017 e Correia, 2009). Em relação às condições de iluminação, optou-se por realizar a pesquisa no horário entre as 10:00 e 17:00 devido a maior intensidade de iluminação, haja vista que sua relação com percepção visual conforme Berlin e Adams (2017) e Silva (2018).

2.4. Etapas da Pesquisa

Considerando a complexidade e amplitude do tema investigado, optou-se pela segmentação do processo de pesquisa em etapas definidas, de modo a abordar cada aspecto de forma sistemática.

2.4.1 Etapa 01: Compreensão do problema

Nesta etapa inicial, foi realizada uma revisão de literatura, com base em protocolos de busca em bases como CAPES, SciELO e Oasisbr. Foram incluídas publicações nos idiomas português, inglês e espanhol, com recorte temporal dos últimos dez anos nas áreas de design, arquitetura, ciências sociais aplicadas e áreas afins.

Complementa-se essa dinâmica inicial com uma revisão integrativa de literatura, pois segundo Souza (2010) esse tipo de revisão torna uma abordagem

mais ampla permitindo a inclusão de estudos experimentais e não-experimentais para uma compreensão completa do fenômeno estudado.

Essa revisão visou mapear o estado da arte dos temas tratados na dissertação como design de superfície, biomimética e fabricação digital, porém o foco foi a ergonomia cognitiva na perspectiva da influência dos processos cognitivos e afetivos no design de produto.

2.4.2 Etapa 02: Geração de alternativas de design

Após explorar o tema dentro do espectro literário partiu-se para pesquisa documental de texturas bioinformadas. Nessa etapa o objetivo foi identificar e selecionar texturas com base em critérios de fácil vetorização para manipulação geométrica digital.

A busca de alternativas de design foi baseada no livro Inventário do Patrimônio Azulelar do Maranhão (Lima, 2012) e no estudo de Menezes et al. (2021), no qual o foco foi a triagem de características morfológicas vegetais mais relevantes como, por exemplo geometrias básicas, relevos, ramificações, dobras e texturas visuais com motivos vegetais de acordo com Patiño (2019) e Torreblanca-Díaz e Mazo (2021).

2.4.3 Etapa 03: Desenvolvimento do artefato

Essa etapa teve como objetivo realizar experimentações morfológicas digitais e materialização das superfícies-objeto a partir de tecnologias de manufatura aditiva. Para isso, modelagens bidimensionais e tridimensionais foram conduzidas com auxílio do *software* Rhinoceros.

A partir dos dados coletados faremos uma transformação a partir da abstração e experimentação morfológica para sua posterior produção via fabricação digital utilizando os princípios ergonômicos elencados por Berlin e Adams (2017), Silva (2018) e Torreblanca-Díaz e Mazo (2021).

Para a condução de dados referentes a essa etapa, abordaremos a visão de Creswell (2014) ao defender as relações entre as metodologias quantitativas e qualitativas. Desta forma, a materialização dessas texturas foram descritas permitindo uma análise interpretativa através de combinação de parâmetros apropriados para manufatura aditiva.

2.4.4 Etapa 04: Avaliação e triangulação de dados

A etapa final foi dedicada à avaliação da experiência cognitiva e afetiva com as superfícies-objeto produzidas. Foram utilizados instrumentos psicométricos, como escalas de diferencial semântico e NASA-TLX, além de entrevistas com os participantes e registro de diário de campo.

Desta forma, realizou-se uma triangulação dos dados provenientes das etapas anteriores, com foco na identificação de variáveis que melhor promovem respostas positivas em termos de percepção e emoção.

2.5. Análise e síntese de dados

Os dados obtidos ao longo da pesquisa foram analisados de forma separada e integrada, considerando as dimensões qualitativas e quantitativas. Foram utilizadas análises univariadas por métodos estatísticos descritivos

simples, em relação a dados nominais, ordinais e de intervalo, por meio de contagens, frequências e médias (Tullis e Albert 2018). Para análise de textos e conteúdos foi feita uma pré-análise, seguido de exploração material e levantamentos de categorias e, por fim, interpretação por meio de inferência (Vergara, 2016) e construção de nuvem de palavras.

A síntese dos dados ocorreu com a construção de gráficos e análises bivariadas por meio da triangulação de dados (Denzin e Lincoln, 2005) com o objetivo de ampliar a integração de dados e validar a pesquisa para a compreensão mais segura sobre como superfícies-objeto baseadas em princípios ergonômicos e bioinspirados podem se comunicar melhor com usuários.

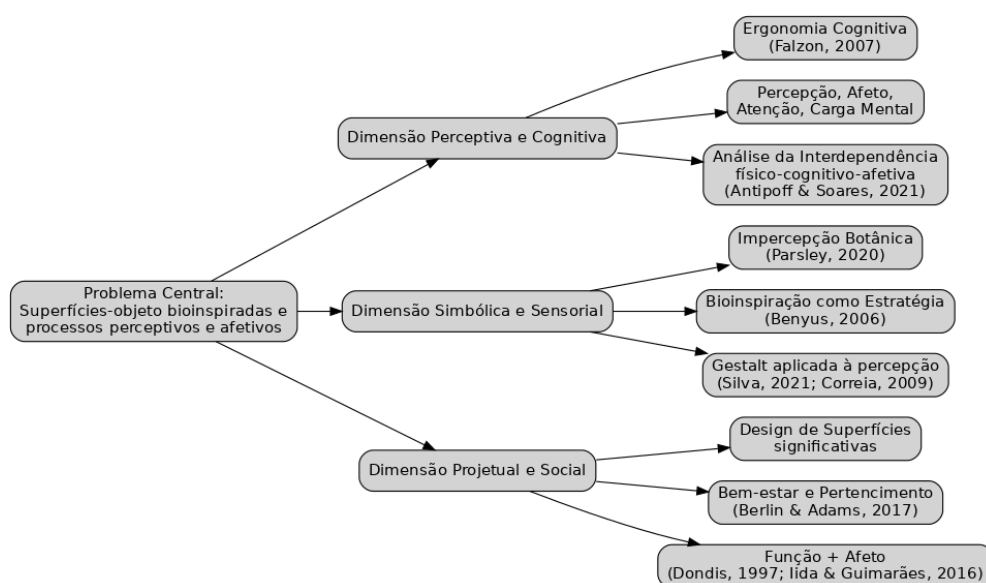
CAPÍTULO 3

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Etapa 01: Compreensão do problema

A identificação e compreensão do problema de pesquisa constituem a base estruturante desta investigação. Desta forma, destaca-se nesta seção uma síntese visual dos conteúdos teóricos com o objetivo de fortalecimento da compreensão do problema, conforme Figura 27.

Figura 27 – Síntese visual dos conteúdos teóricos



Fonte: O autor (2025)

A compreensão do problema envolve a relação entre superfícies-objeto bioinspiradas e os processos perceptivos e afetivos, destacando como estímulos sensoriais visuais e táteis impactam a cognição. Esse núcleo se conecta a três frentes principais: (1) a dimensão perceptiva e cognitiva, apoiada na ergonomia cognitiva (Falzon, 2007), que investiga atenção, carga mental e interpretação de estímulos, ressaltando a necessidade de analisar percepção, afeto e cognição de forma integrada (Antipoff e Soares, 2021); (2) a dimensão simbólica e sensorial, marcada pelo fenômeno da “impercepção botânica” (Parsley, 2020) e pelo potencial da bioinspiração (Benyus, 2006; Sá, 2021) em reestabelecer vínculos entre humanos e natureza; e (3) a dimensão projetual e social, que justifica a relevância da pesquisa ao propor o design de superfícies que aliem funcionalidade, clareza formal e estímulos afetivos significativos, promovendo bem-estar, pertencimento simbólico e percepção estética (Berlin e Adams, 2017; Couchot, 2018).

3.2 Etapa 02: Geração de alternativas de design

Nesta etapa, buscou-se marcadores fitobotânicos em azulejos catalogados no livro *Inventário do Patrimônio Azulejar do Maranhão* (Lima, 2012), cuja referência bibliográfica foi contextualizada no início desta dissertação como fonte para o desenvolvimento de novos artefatos baseados em elementos botânicos (Dominici, 2021).

Com base neste acervo, explorou-se elementos geométricos botânicos presentes em azulejos com foco para seleção de padrões a serem produzidos através de manufatura aditiva seguindo os critérios adaptados de Torreblanca-Díaz e Mazo (2021).

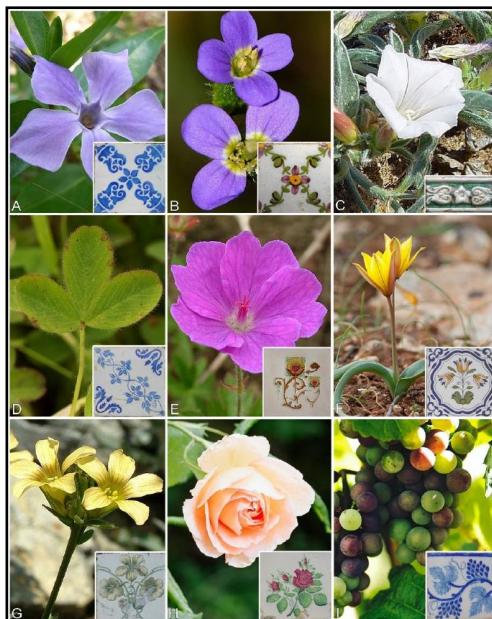
Para esta pesquisa, delimitou-se trabalhar sob a ótica da analogia bioinspirada (Arruda e Soares, 2018), pois segundo Dominici (2021), do total de 119 azulejos catalogados por Lima (2012), 94 foram identificados com algum ornamento ou motivo decorativo com características semelhantes às plantas.

Com base nesse enquadramento bioreferenciado, destaca-se o estudo de Menezes *et al.* (2021) que investigou os elementos fitomórficos presentes nas imagens de azulejos, identificando taxonomicamente grupos botânicos a partir dos referenciais do acervo de Lima (2012). Com isso, algumas espécies vegetais presente nos azulejos foram identificadas e taxonomicamente catalogadas.

O estudo de Menezes *et al.* (2021) apresenta contribuição relevante para a geração de alternativas de design baseadas no modelo bioinspirado, ao sistematizar e identificar os elementos fitomórficos presentes no acervo catalogado por Lima (2012). Essa classificação taxonômica fornece um repertório visual com forte pregnância, ou seja, estímulos visuais da maneira mais simples, relacionadas a clareza visual da forma e, conexão simbólica com elementos botânicos.

A Figura 28 apresenta algumas espécies identificadas nos estudos de Menezes *et al.* (2021) cujas as famílias botânicas mais frequentes foram *Asteraceae* e *Rosaceae*, seguidas por *Geraniaceae*, *Brassicaceae*, *Fabaceae* e *Vitaceae*.

Figura 28 - Espécies identificadas por Menezes *et al.* (2021).

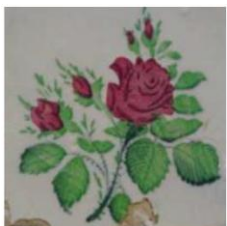


Fonte: Menezes *et al.* (2021)

Em sequência, por delimitação da tipologia de estudo, selecionou-se do estudo de Menezes *et al.* (2021) apenas azulejos nas dimensões de 13,5cm x 13,5cm pela “atração visual e perspectiva de utilidade” (Torreblanca-Díaz e Mazo, 2021, p. 67), excluindo outras tipologias como cercaduras e frisos conforme detalhes no quadro 7.

Quadro 7 - Alternativas selecionadas

Código	Módulo	Padronagem e sistema de repetição	Correlato botânico
PE 37			
PMJ 07			

PE 17			
PR 05			
PE 75			
PD 01			
PE 55			

Fonte: Adaptado de Lima (2012) e Menezes *et al.* (2021)

Selecionou-se duas amostras que apresentaram boa nitidez nos contornos, bem como contraste suficiente com o fundo para facilitar a vetorização e modelagem coerente com base nas formas vegetais. Outro critério importante levou em consideração a não sobreposição de elementos, o que favorece a extrusão em diferentes alturas sem comprometer a clareza do padrão.

A determinação dos critérios como nitidez nos contornos, bom contraste e não sobreposição dos elementos tornaram-se relevantes para obtenção de

uma boa interpretação visual da modelagem, pois a percepção visual é um fator apreciado nesta pesquisa com factível aplicação dos princípios da *Gestalt*, principalmente em relação ao destaque das figuras (figura-fundo) e compreensão das imagens (pregnância) bioinspiradas, conforme Silva (2021) e Correia (2009) ressaltam.

Assim, a Figura 29 demonstra o azulejo com código PE 37 selecionado. Este azulejo torna-se adequado para impressão 3D com relevo porque possui formas bem definidas e contraste nítido entre os elementos decorativos e o fundo. Os motivos fitomórficos possuem contornos suaves e contínuos, ideais para modelagem, e composição visual limpa, sem sobreposição ou excesso de detalhes, o que facilita a extrusão em diferentes alturas sem perda de nitidez.

Figura 29 - Azulejo PE 37



Fonte: Lima (2012)

A outra amostra selecionada refere-se ao azulejo PE17, conforme Figura 30. Apesar de contornos finos e variações de espessura que dificultam a vetorização direta, a modelagem o tornou apto para a impressão 3D. Os elementos fitomórficos, organizados em um padrão sinuoso e repetitivo, oferecem potencial formal para extrusão, desde que simplificados garantir volumetria. A composição visual é limpa e bem distribuída, o que favorece a aplicação em módulos ou painéis contínuos. Com ajustes no traço e realce de volumes, este padrão pode ser incorporado ao conjunto de alternativas exploratórias da pesquisa.

Figura 30 - Azulejo PE 17



Fonte: Lima (2012)

Os outros cinco azulejos analisados não foram selecionados para impressão 3D principalmente devido à presença de sobreposição de elementos

e à complexidade gráfica que compromete a fidelidade na extrusão tridimensional. Em alguns casos, como nas composições com múltiplas camadas florais ou bordas ornamentais densas, a leitura visual é prejudicada e a separação de planos se torna inviável para vetorização limpa. Além disso, muitos dos contornos são difusos, com pinceladas manchadas ou sombreados sutis, dificultando a extração precisa das formas. Mesmo quando há boa estilização fitomórfica, a falta de clareza formal ou a presença de elementos entrelaçados impede a criação de relevos coerentes e legíveis. Assim, essas peças, embora esteticamente expressivas no contexto decorativo bidimensional, não atendem aos critérios técnicos necessários para sua transposição em modelos 3D com volume e definição satisfatórios.

3.3 Etapa 03: Desenvolvimento do artefato

3.3.1 Modelagem Bidimensional

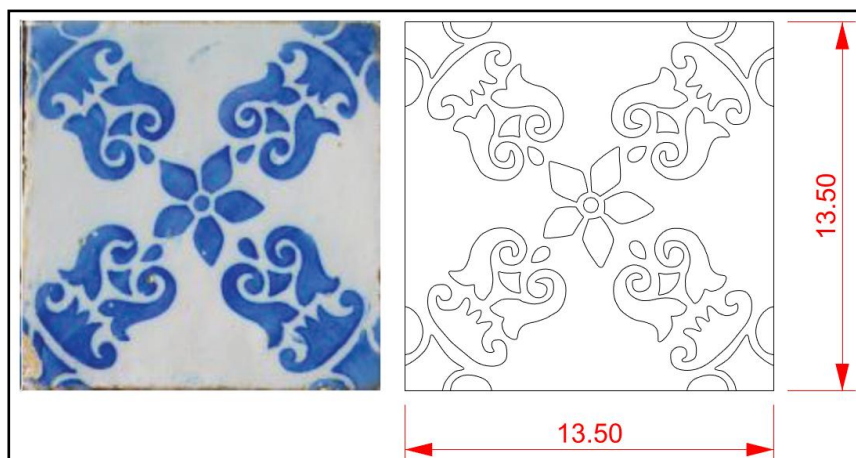
Para a abstração digital dos dois modelos selecionados utilizou-se uma análise geométrica dos modelos com observação detalhada das imagens com o objetivo de identificar as características que tornam a textura única e relevante para esta etapa.

Logo, o estudo geométrico ocorreu a partir do desenho digital sobre informação bidimensional presente na imagem dos dois azulejos (PE 37 e PE17). Para isso, utilizou-se o *software* CAD Rhinoceros, no qual foi possível utilizar ferramentas de vetorização para a obtenção inicial do modelo digital.

A modelagem do azulejo começou com a utilização das Figuras 29 e 30 como base visual para o desenho, respeitando a simetria e os detalhes do padrão. Com as dimensões de base e altura mantidas em 13,5x13,5cm (Lima, 2012), cada parte da composição foi redesenhada manualmente com linhas curvas, buscando manter fidelidade às formas do desenho original. Para garantir equilíbrio, algumas formas foram copiadas e espelhadas, facilitando a construção de uma composição simétrica. Desta forma, todas as linhas foram ajustadas e unidas, garantindo que estivessem bem conectadas e prontas para serem transformadas em volume.

O modelo presente na Figura 31 apresenta um padrão simétrico com uma flor central de cinco pétalas e quatro ornamentos curvos nos cantos, inspirados em formas fitomórficas estilizadas. Durante a modelagem, foi necessário desenhar com precisão cada um desses elementos, respeitando seus contornos suaves e bem definidos. A flor central, por sua posição, serviu como ponto de partida. Já os ornamentos curvos foram desenhados uma única vez e, por serem simétricos, replicados e espelhados nos quatro cantos do azulejo. Esse tipo de composição favorece muito o processo de modelagem, pois reduz o tempo e mantém a harmonia visual.

Figura 31 -Vetorização do Azulejo PE 37.



Fonte: O autor (2025)

Já o modelo presente na Figura 32 apresenta uma composição mais orgânica e fluida, com folhas distribuídas em uma linha sinuosa que atravessa a peça na diagonal, além de ornamentos curvos nos cantos. Para a modelagem, foi necessário redesenhar cuidadosamente cada grupo de folhas, respeitando a repetição e a variação das formas. A linha que conecta os grupos de folhas também foi redesenhada de forma suave para manter a fluidez do movimento natural. Os elementos curvos nos quatro cantos foram tratados separadamente, com contornos mais densos e detalhados. Esse padrão apresentou maior complexidade na vetorização e na criação do relevo, principalmente porque os elementos estão muito próximos entre si e algumas sobreposições sutis dificultam a extrusão precisa. Ainda assim, com simplificações e ajustes nas espessuras das formas, foi possível gerar um modelo tridimensional coerente.

Figura 32 - Vetorização do Azulejo PE 17

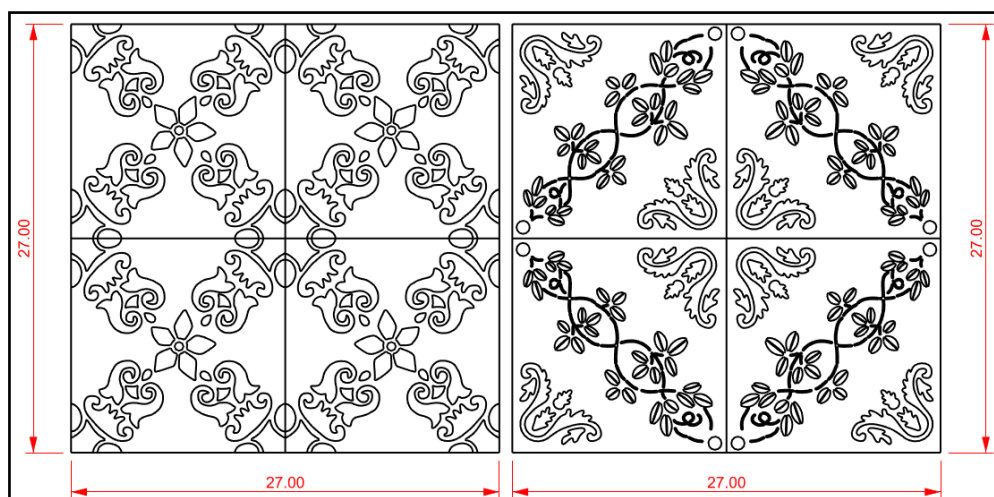


Fonte: O autor (2025)

A Figura 33 reforça o sistema de padronagem e repetição dos módulos conforme Lima (2012). Essa organização, que elimina a percepção de peças isoladas, reforça a lógica compositiva descrita por Menezes e Silva (2023),

segundo os quais o módulo, a repetição e as malhas formam a estrutura básica do design de superfície. Nesse caso, observa-se como a repetição simétrica potencializa o ritmo visual e a coerência do conjunto, ao mesmo tempo em que transforma a superfície em um campo expressivo. Conforme Rùthschilling (2008), essa abordagem evidencia a superfície como suporte visual e simbólico, planejado de forma intencional para atender a aspectos estéticos, produtivos e culturais.

Figura 33 - Vetorização das padronagens



Fonte: O autor (2025)

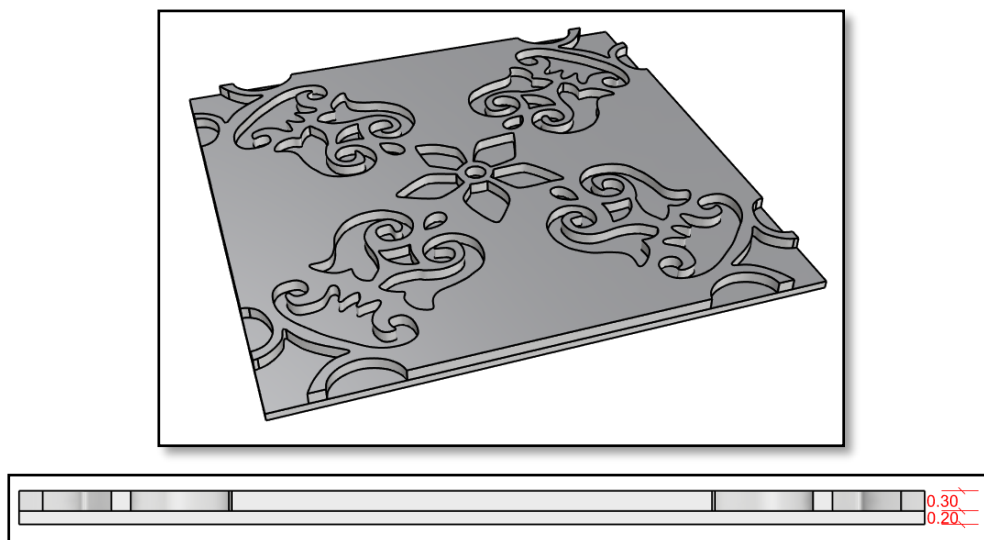
Portanto, além de valorizar a harmonia da composição, o uso da reflexão contribui para a comunicação sensorial da superfície, tal como propõe Freitas (2009), ao favorecer o reconhecimento de padrões e gerar impacto perceptivo por meio da organização rítmica das formas. Rubim (2005) reforça que esse tipo de planejamento visual vai além da decoração e torna-se parte do projeto do objeto ou revestimento, agregando sentido ao seu uso.

3.3.2 Modelagem tridimensional

A etapa de modelagem tridimensional nesta pesquisa representa um ponto de transição entre a bidimensionalidade gráfica dos padrões azulejares e sua materialização como superfícies-objeto. Desta forma, a partir dos contornos bem definidos obtidos na etapa anterior, explorou-se duas abordagens distintas de relevo com o objetivo de potencializar a aplicação de estímulos sensoriais.

Para o modelo PE 37, os elementos foram posicionados sobre uma base plana e organizados em camadas visuais, definindo-se, então, as áreas a serem rebaixadas para compor uma superfície-objeto em relevo negativo conforme a Figura 34.

Figura 34 - Modelagem tridimensional do modelo PE 37

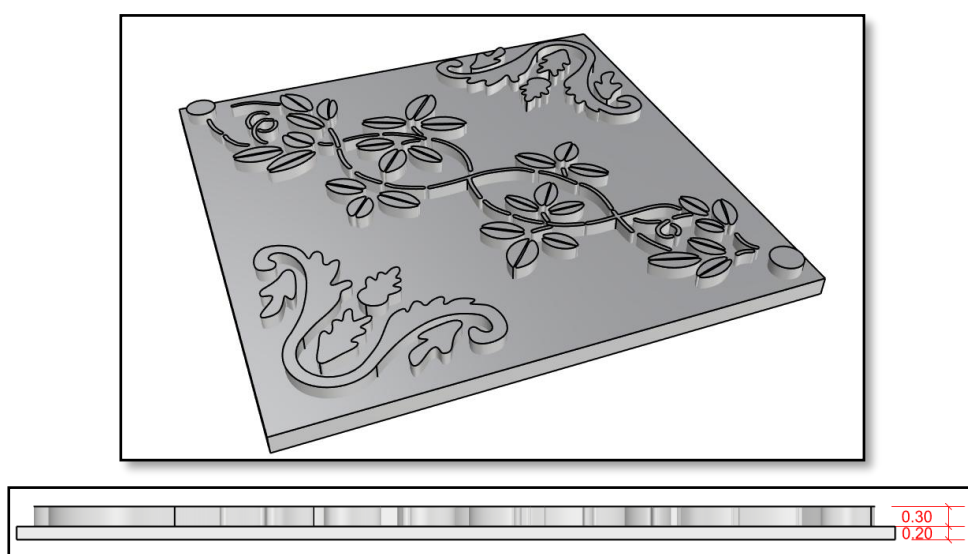


Fonte: O autor (2025)

Sendo assim, a técnica utilizada foi a extrusão negativa, ou seja, os contornos foram afundados em relação à superfície do módulo, criando um efeito de entalhe. Essa escolha reforça o caráter tátil e simbólico da superfície-objeto, evidenciando as formas através da variação de profundidade.

Diferentemente do modelo PE 37, para o modelo PE 17 aplicou-se o relevo positivo, elevando os elementos em relação ao plano de fundo, conforme Figura 35. Com essa escolha buscou-se acentuar a leitura tátil e visual das formas vegetais, que ganharam volume por meio de extrusão com espessura uniforme. Neste caso a técnica utilizada foi a extrusão positiva em relação ao plano cartesiano XY.

Figura 35 - Modelagem tridimensional do modelo PE 17.



Fonte: O autor (2025)

Inserese nesta seção uma abordagem que se alinha à concepção de superfícies-objeto proposta por Schwartz, Neves e Rùthschilling (2008), em que a superfície e o volume se estruturam simultaneamente, criando artefatos sensíveis à interação. Com isso, ao traduzir padrões visuais, inicialmente planos, para volumes táteis ampliam-se as possibilidades expressivas do design de superfície.

Por fim, construiu-se superfícies-objeto com formas distintas de relevo para explorar qualidades como profundidade, contraste, texturas e sombra, conferindo ao objeto um potencial de análise diversas. Assim, cada superfície-objeto modelada nesta seção carrega, além de sua função decorativa, uma carga de possibilidades de respostas cognitivas e afetivas, mediada pela linguagem visual e potencializada pela forma volumétrica.

3.3.3 Variabilidade no design ergonômico do objeto de estudo

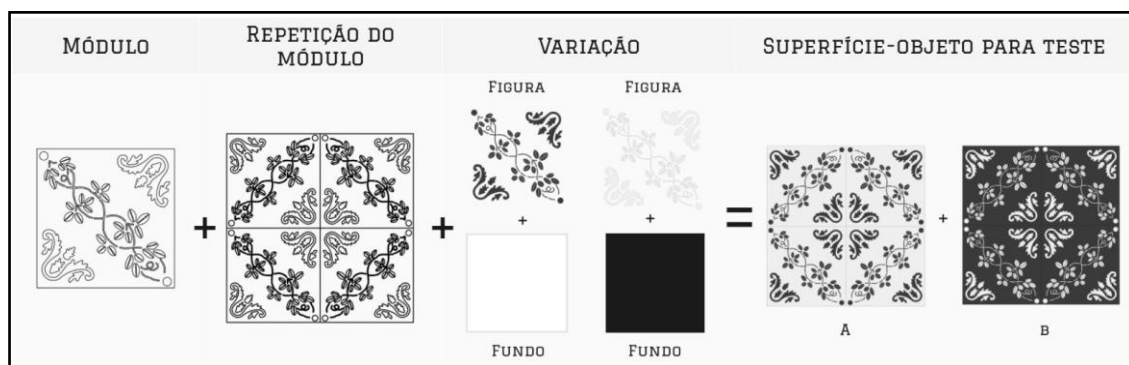
Com a finalidade de compreender como os princípios da ergonomia cognitiva podem ser aplicados na manufatura de texturas bioinspiradas para promover uma interação mais eficiente entre superfície-objeto e usuários, foram desenvolvidas 4 (quatro) amostras a partir das unidades formais oriundas da modelagem tridimensional.

Considerando os princípios da ergonomia cognitiva (Berlin e Adams, 2017; Silva, 2018), buscou-se explorar diferentes tipos de contraste nas soluções volumétricas, de modo a avaliar como essas variações no relevo, na densidade visual e na profundidade das formas podem influenciar a experiência do usuário.

Dessa forma, a variação de contraste alternou-se entre a figura e o fundo nas quatro superfícies-objeto, estratégia para investigar os efeitos perceptivos e sensoriais a partir do princípio da *Gestalt* conhecido como figura-fundo (Gomes filho, 2008; Dondis, 1997).

A Figura 36 apresenta a primeira variação de contraste na figura-fundo: a primeira superfície-objeto para teste (a) destaca a figura com elementos fitomórficos na cor preta com o fundo na cor branca, enquanto a segunda (b) inverte essa relação de contraste com a figura na cor branca e o fundo na cor preta.

Figura 36 - Composição das texturas com base no módulo PE 17

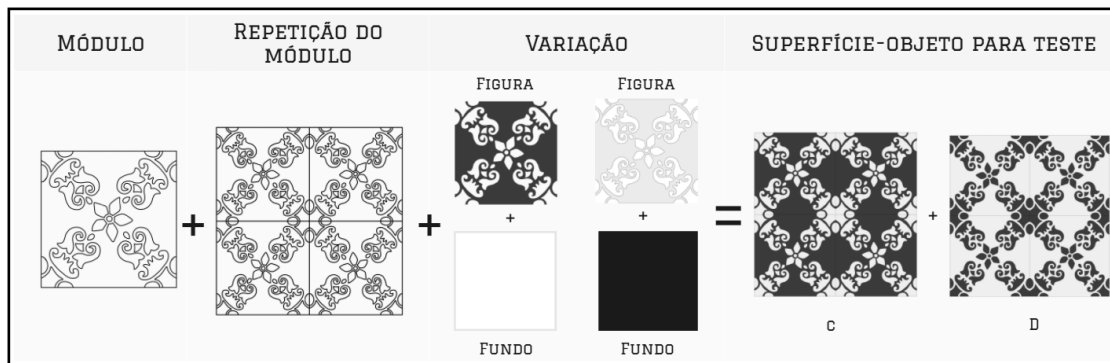


Fonte: O autor (2025)

Na sequência do processo, a Figura 37 demonstra a mesma estratégia de variabilidade ergonômica. Foram geradas duas composições: a primeira

superfície-objeto (c) apresenta a figura na cor preta e o fundo na cor branca, enquanto na segunda (d), essa relação é invertida intencionalmente.

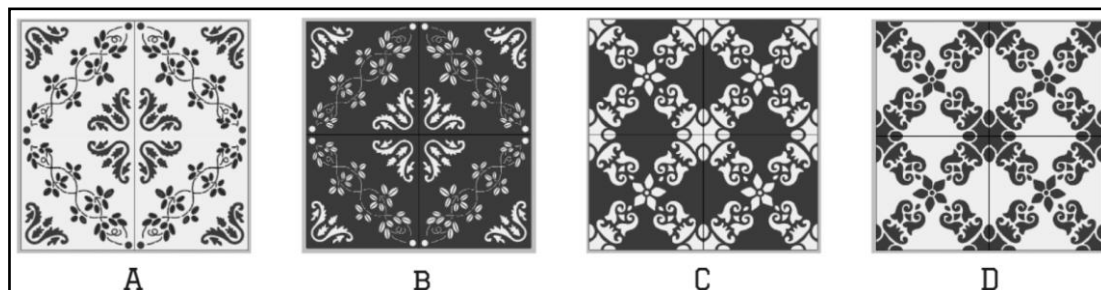
Figura 37 - Composição das texturas com base no módulo PE 37



Fonte: O autor (2025)

Através dessa variabilidade foram organizadas 04 (amostras), conforme a Figura 38, consistindo na inversão de contraste entre figura e fundo. Essa alternância permite ampliar a investigação sobre a percepção e a leitura formal das superfícies-objeto, reforçando a importância do contraste visual no design ergonômico aplicado à experimentação tátil e simbólica.

Figura 38 - Amostras



Fonte: O autor (2025)

3.3.4 Fabricação digital das amostras

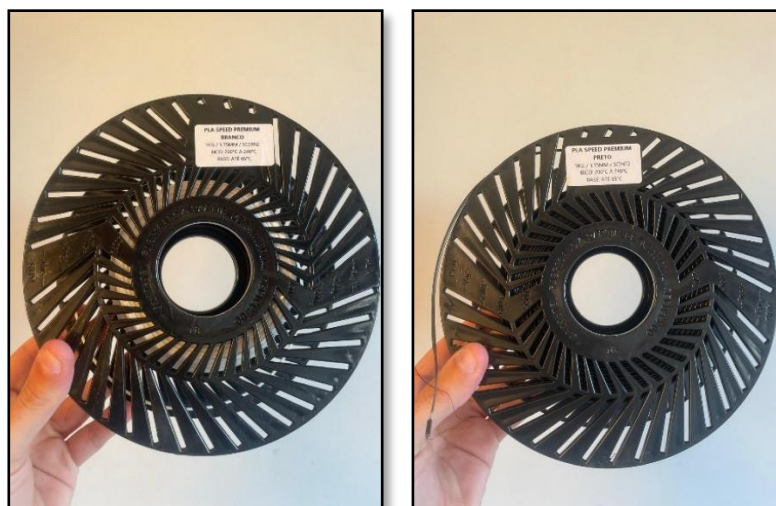
A presente seção descreve o processo de fabricação digital das amostras. Esta etapa representa a transição do modelo digital para o artefato físico, concretizando o design de superfície em superfícies-objeto. Para isso, foram utilizados recursos de manufatura aditiva, com destaque para a impressão 3D, por seu potencial de experimentação formal, personalização e viabilidades de prototipagem rápida (Volpato, 2016).

A escolha pela manufatura aditiva se justifica tanto pelas possibilidades tecnológicas que ela oferece quanto pelo acesso direto do pesquisador aos equipamentos e *softwares* necessários. Como destaca Menezes e Silva (2023), a fabricação digital aliada ao design de superfície permite a materialização de formas complexas e texturas multissensoriais, contribuindo para a criação de superfícies interativas com alto valor expressivo e ergonômico.

Os arquivos das modelagens digitais foram ajustados e exportados no formato .STL para o *software Ultimaker Cura*, cuja função foi realizar o *slicing* do modelo, ou seja, “fatiá-lo” para aplicar corretamente os parâmetros de impressão de acordo com o projeto. É importante ressaltar que foram utilizados dois tipos de filamento PLA (ácido polilático), um polímero termoplástico biodegradável derivado de fontes renováveis.

Desta forma, conforme demonstrado na Figura 39, utilizou-se o PLA *Speed Premium* branco e o PLA *Speed Premium* preto, ambos com diâmetro de 1,75 mm. As configurações de impressão seguiram as recomendações do fabricante, utilizando temperatura do bico entre 200 °C e 240 °C e mesa de impressão aquecida até 65 °C.

Figura 39 - Filamentos PLA Speed Premium



(a) PLA *Speed Premium* branco (b) PLA *Speed Premium* preto

Fonte: O autor (2025)

Dentro do *software Ultimaker Cura* optou-se por configurar o arquivo “g.code” com recomendações oriundas do fabricante bem como utilizar o *plugin pause at height* para pausar a impressão e trocar o filamento para obtenção das peças com as duas cores. Entretanto durante as primeiras impressões as peças não alcançaram resultados satisfatórios, e em algumas situações o plugin não funcionou corretamente, fazendo com que as trocas de filamentos fossem realizadas de modo manual.

Sendo assim, cerca de 39 tentativas foram necessárias para que as configurações satisfatórias de impressão fossem alcançadas. O quadro 8 demonstra as principais configurações de impressão utilizadas no *software Ultimaker Cura*. Houve também a necessidade de realizar configurações no modo avançado como habilitar o modo de *combing*, “retração” e “passar ferro” para que as peças saíssem com melhor acabamento.

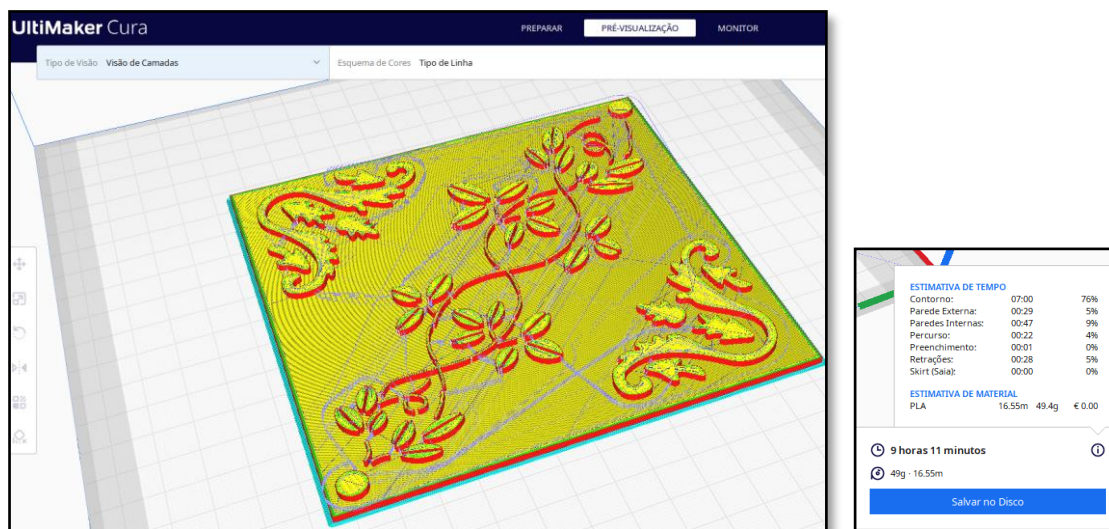
Quadro 8 - Configurações do fatiador Ultimaker Cura

Parâmetros	Dados
Temperatura do bico	210°C
Temperatura da mesa	64°C
Altura da camada	0,2mm
Largura de extrusão	0,3mm
Espessura da parede	0,9mm
Número de filetes da parede	3
Espessura superior/inferior	1,4mm
Camadas superiores	6
Camadas inferiores	6
Preenchimento	10%
Padrão de preenchimento	cúbico
Velocidade de impressão	50mm/s
Velocidade de preenchimento	30mm/s
Velocidade da parede exterior	20mm/s
Velocidade da parede interior	20mm/s
Velocidade das camadas superiores/inferiores	25mm/s

Fonte: O autor (2025).

A Figura 40 demonstra uma peça “fatiada” pelo software *Ultimaker Cura* com destaque para a estimativa de tempo de fabricação alcançando 9 horas e 11 minutos de impressão para cada módulo.

Figura 40 - Processo de fatiamento no software Ultimaker Cura



Fonte: O autor (2025)

Para a impressão 3D das amostras, foi utilizada a impressora modelo *Ender3 CREALITY 42-34(Z)*. A Figura 41 demonstra a troca de filamento manual para a formação das camadas que originam a figura da peça. Esse processo ratifica o método FDM de impressão, onde as camadas de matérias de filamento PLA são fundidas umas as outras para a criação do objeto (Volpato, 2016).

Figura 41 - Processo de fatiamento no software Ultimaker Cura



Fonte: O autor (2025)

Convém ressaltar algumas dificuldades oriundas do longo tempo de duração da impressão. Uma delas é a fixação da peça na mesa de impressão. Para que a peça não descole na mesa de impressão foram utilizadas algumas estratégias, como o uso da cola bastão da marca “bic”, e configuração específica para aderência a mesa de impressão, o *Brim*. Com isso, reduziu-se o *warping*, ou seja, empenamento das peças, um problema bem comum nas impressões cujos projetos possuem cantos em 90°.

Os resultados demonstram que a amostra A possui repetição do módulo por reflexão com agrupamentos de elementos fitomórficos na cor preta em alto relevo e o fundo na cor branca. Enquanto a amostra B, segue a mesma disposição em relação ao design de superfície, porém o contraste é invertido, os elementos fitomórficos em alto relevo na cor branca e o fundo na cor preta, conforme Figura 42.

Figura 42 - Amostras A e B.



Fonte: O autor (2025)

Já a amostra C apresenta uma camada na cor preta vazada cujos os elementos fitomórficos estão recortados sobre um fundo branco, configurando uma composição com contraste visual. A organização do padrão segue o princípio da repetição por reflexão, evidenciando simetria e continuidade na formação da padronagem. Já a amostra D mantém a mesma estrutura compositiva e formal da amostra C, porém com o esquema de cores invertido: a camada com elementos fitomórficos vazados são destacados na cor branca sobre um fundo preto. A Figura 43 demonstra a organização formal das amostras C e D.

Figura 43 - Amostras C e D.

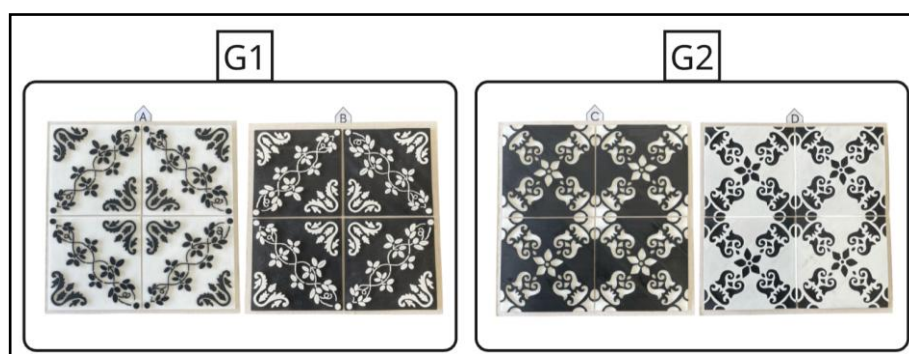


Fonte: O autor (2025)

Convém ressaltar que, para a condução da análise das tarefas cognitivas desta pesquisa, adotou-se um arranjo experimental com o objetivo de otimizar o tempo de pesquisa com base na quantidade de amostras, protocolos de pesquisa e menor risco de fadiga entre os participantes. Dessa forma, as quatro amostras foram organizadas em dois grupos independentes, conforme a Figura 44:

- Grupo G1: amostras A e B.
- Grupo G2: amostras C e D.

Figura 44 - Separação das amostras em grupos



Fonte: O autor (2025)

Após impressão 3D, todas as quatro amostras passaram por um processo de pós-processamento, com o objetivo de aprimorar o acabamento superficial, a legibilidade das texturas e a qualidade da experiência sensorial proporcionada aos usuários. A primeira etapa consistiu na lixagem manual com lixas d'água, aplicada cuidadosamente no sentido das camadas da impressão. Essa ação teve como finalidade eliminar rebarbas, ondulações e marcas residuais da extrusão do filamento, contribuindo para uma superfície mais homogênea ao toque. Do ponto de vista ergonômico, essa suavização minimiza desconfortos durante a exploração tátil e permite que os relevos sejam percebidos com maior nitidez e precisão.

Posteriormente, foi aplicada uma camada uniforme de verniz acrílico fosco em *spray*, tanto para proteção da peça quanto para garantir uniformidade visual e redução de brilho excessivo, que poderia interferir na leitura formal das texturas. O acabamento fosco também evita reflexos que possam gerar distrações visuais ou dificultar a percepção dos contrastes cromáticos e dos contornos volumétricos, aspectos diretamente relacionados à ergonomia cognitiva das superfícies-objeto.

Em áreas mais complexas ou com pequenos excessos de material, utilizou-se estilete de precisão para o desbaste localizado, assegurando que os contornos fitomórficos mantivessem sua integridade e legibilidade. Essa operação foi realizada especialmente para retirar os excessos configurados no *Ultimaker Cura* em relação ao parâmetro *Brim*. Do ponto de vista perceptivo, tais ajustes finos favorecem uma leitura visual fluida do padrão, evitando ruídos formais que poderiam comprometer a estética e a interpretação simbólica da textura.

Com essas ações integradas, o pós-processamento buscou não apenas o refinamento técnico das amostras, mas também a valorização da experiência do usuário, preparando os protótipos para uma etapa de experimentação mais precisa e sensível às respostas táteis, afetivas e cognitivas que compõem o escopo desta pesquisa.

3.4 Etapa 04: Avaliação e triangulação de dados

3.4.1 Amostragem e caracterização dos participantes

A amostra da pesquisa foi composta por 30 participantes, distribuídos em diferentes faixas etárias, gêneros e níveis de escolaridade. A distribuição etária revelou que o grupo predominante foi o de 30 a 59 anos, com 16 participantes, representando 53,3% da amostra. Os demais participantes se dividiram igualmente entre os grupos de 18 a 29 anos e 60 anos ou mais, com 7 participantes cada, o que corresponde a 23,3% por grupo. Essa distribuição indica uma predominância de adultos acima dos 30 anos, embora também tenha havido representação significativa de jovens adultos e idosos.

Em relação ao gênero, a amostra foi relativamente equilibrada, com uma leve predominância do gênero feminino. Das 30 pessoas participantes, 16 se identificaram como do gênero feminino (53,3%) e 14 como do gênero masculino (46,7%), mostrando uma boa distribuição entre os gêneros, o que contribui para a diversidade da percepção na análise qualitativa dos dados.

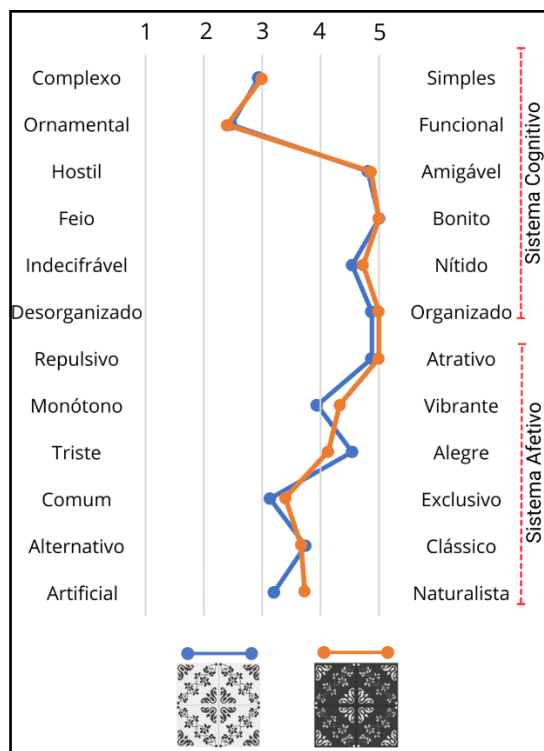
Quanto à escolaridade, observou-se uma ampla variação no nível de formação dos participantes. O grupo com Ensino Médio completo foi o mais representativo, com 10 participantes (33,3%). Os níveis de Ensino Superior completo e Pós-graduação apresentaram 9 participantes cada, equivalendo a 30% para cada um desses grupos. Já o nível de escolaridade Ensino Fundamental, foi identificado em apenas 2 participantes, o que corresponde a 6,7% da amostra. Esses dados indicam uma amostra com predominância de indivíduos com ensino médio ou superior, favorecendo análises cognitivas com base em diferentes graus de escolarização.

3.4.2 Resultado e discussão dos Protocolos de Diferencial Semântico (DS)

Os dados obtidos via Protocolos de Diferencial Semântico (DS) foram analisados com estatística descritiva básica, gerando-se os valores médios, por meio de um único valor, a fim de melhor visualizar a percepção dos participantes para cada amostra e poder compará-los (Lanutti *et al.*, 2013). Posteriormente discute-se para cada grupo resultados baseados nas análises extraídas do *software* Rstudio com valores para o Alpha de Cronbach (medida usada para analisar a consistência interna de dados).

Para o grupo G1, tem-se os seguintes resultados comparativos intra-grupo, mostrados na Figura 45.

Figura 45 - Escala de Diferencial semântico das amostras A e B



Fonte: O autor (2025)

Os resultados das amostras A (marcador azul) e B (marcador laranja) indicam que houve sutis diferenças nas dimensões cognitivas e afetivas, porém, no geral, com pontuações médias acima de 3, para os pares de adjetivos.

Em relação ao aspecto cognitivo, nota-se que embora as amostras A e B se comportam de maneira parecida ao longo do gráfico, diferenças sutis caracterizam a amostra B como mais amigável, bonita, nítida e organizada. Destaca-se ainda que ambas amostras revelam tendências a percepções do tipo ornamental e complexa.

No campo afetivo, as amostras seguem padrões de comportamento similares, sendo que a amostra B é percebida como mais atrativa, vibrante, exclusiva e naturalista, sugerindo uma abordagem afetiva mais estimulante. Por outro lado, a amostra A evocou sentimentos de alegria, indicando uma experiência afetiva positiva.

A partir desses dados, discute-se que a produção de respostas cognitivas e afetivas apresentam equilíbrio nas percepções dos participantes, conforme argumentam Norman, Ortony, Russell (2002) e Holdschip (2015), corroborando a coexistência e interdependência dos sistemas afetivo e cognitivo quanto a tomada de decisão.

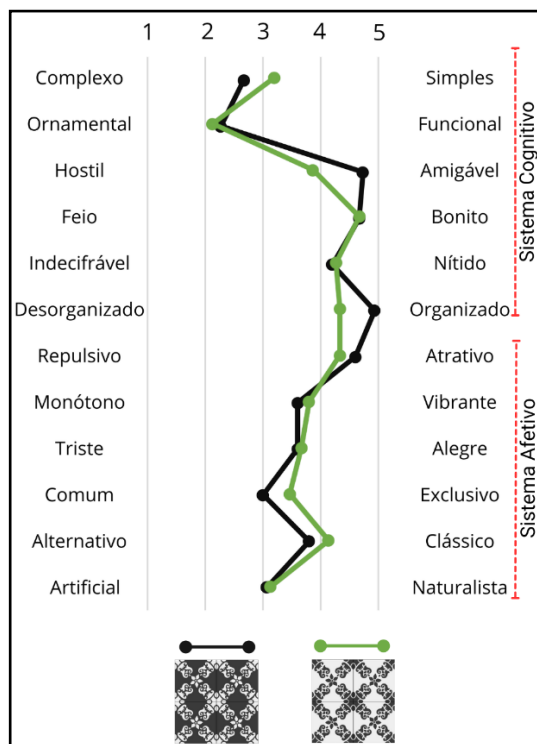
A análise de confiabilidade da escala de adjetivos, aplicada ao Grupo G1, revelou uma consistência interna questionável. O coeficiente Alfa de

Cronbach para este grupo foi de 0.46 (apêndice F), um valor que se enquadra na categoria de confiabilidade "questionável" ou "inaceitável" de acordo com os critérios comumente aceitos na literatura. Este resultado sugere que os itens da escala não estão medindo de forma coesa e consistente o mesmo construto subjacente de percepção para os participantes deste grupo.

Embora um baixo Alfa de Cronbach possa ser visto como uma limitação da escala, no contexto desta pesquisa, este resultado é uma descoberta significativa e valiosa. A falta de consistência interna indica uma característica fundamental na forma como o Grupo G1 interpretou o instrumento. Diferentemente de uma escala coesa, a percepção dos participantes do G1 parece ter sido influenciada por uma variedade de fatores, fazendo com que suas respostas fossem mais dispersas entre os diferentes adjetivos.

Em seguida, foi criado o gráfico DS intra-grupo para o grupo G2 contendo as amostras C e D, conforme Figura 46.

Figura 46 - Escala de Diferencial semântico das amostras C e D



Fonte: O autor (2025)

A comparação entre as amostras C (marcador preto) e D (marcador verde) revela nuances importantes entre os sistemas cognitivo e afetivo na percepção das superfícies-objeto. No geral, com pontuações médias acima de 3.

Na dimensão cognitiva, a amostra C foi percebida como mais amigável e organizada. Isso sugere que os participantes identificaram nessa amostra uma estrutura formal mais clara, embora as médias indiquem relativa complexidade. Já a amostra D apresenta uma média de pontuações menor que 3 para o adjetivo ornamental. No entanto, ambas apresentaram pontuações

médias similares para o par de adjetivos “Bonito–Feio”, sendo consideradas visualmente agradáveis.

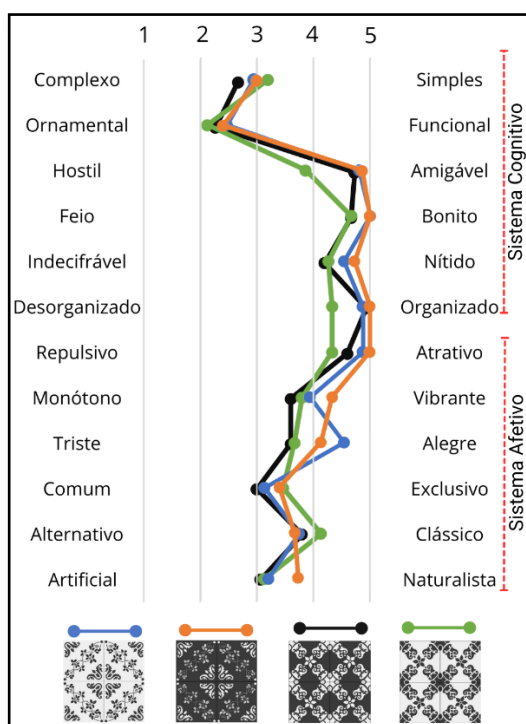
Na dimensão afetiva, a amostra D se destacou com leve tendência para estado vibrante, alegre e exclusivo, apontando para uma resposta emocional mais positiva e envolvente. Por outro lado, a amostra C teve pontuação média tendenciosa para os adjetivos comum e monótono. Ambas alcançaram médias similares nos pares “Naturalista–Artificial” e “Atrativo–Repulsivo”.

A análise de confiabilidade da escala de adjetivos, aplicada ao Grupo G2, revelou uma consistência interna aceitável. O coeficiente Alfa de Cronbach para este grupo foi de 0.78 (apêndice F), um valor que se alinha com os padrões aceitos na pesquisa em ciências sociais. Este resultado sugere que os itens da escala estão medindo de forma coesa e consistente o mesmo construto subjacente de percepção para os participantes deste grupo. Este resultado indica que os itens da escala estão medindo de forma consistente e coesa o mesmo construto subjacente de percepção para os participantes deste grupo. A uniformidade nas respostas sugere que a escala é uma ferramenta de medição confiável para o Grupo G2.

Em geral, nota-se médias convergentes para valores positivos nos sistemas cognitivo e afetivo. Desta forma, corrobora-se com Seva *et al.* (2011), Crilly, Moultrie e Clarkson (2004) que a impressão estética, a interpretação semântica e a associação simbólica fornecem uma gama de experiências cognitivas e afetivas que condicionam melhor as análises de tomada de decisão.

Quanto às análises gerais inter-grupo, a Figura 47 demonstra as quatro amostras aglutinadas para uma melhor comparação das respostas.

Figura 47 - Escala de Diferencial semântico com junção das quatro amostras



Fonte: O autor (2025)

A partir do gráfico de diferencial semântico, observou-se uma distribuição semelhante nas percepções entre os grupos G1 (amostras A e B) e G2 (amostras C e D), especialmente em relação às pontuações positivas nos pares de adjetivos que compõem os sistemas cognitivo e afetivo.

Quanto à análise das ressonâncias cognitivas, as amostras do Grupo 1 revelaram médias significativas para os adjetivos amigável, bonito, nítido e organizado. Enquanto as amostras do grupo 2 se aproximaram levemente para adjetivos opostos, como hostil, feio, indecifrável e desorganizado, mesmo assim, geraram expectativas positivas nos participantes. É importante destacar que as médias apontam tendências para a interpretação ornamental das amostras.

Percebe-se que a fabricação digital das amostras nas dimensões baseadas em Lima (2012) proporcionou experiências afetivas positivas. Dessa forma, a aparência das amostras influenciou o juízo estético das superfícies-objetos para o padrão ornamental.

Ressalta-se que as diferenças entre o alpha de Cronbach sugere que os dois grupos podem ter diferentes estruturas cognitivas. Enquanto o Grupo G2 utilizou a escala de adjetivos de forma consistente para avaliar um construto unificado, o Grupo G1 pode ter avaliado as amostras de forma mais multifacetada, com os adjetivos sendo percebidos de maneiras distintas e menos correlacionadas. Esta evidência sugere que a percepção do Grupo G1 não pode ser simplesmente reduzida à mesma medida do Grupo G2.

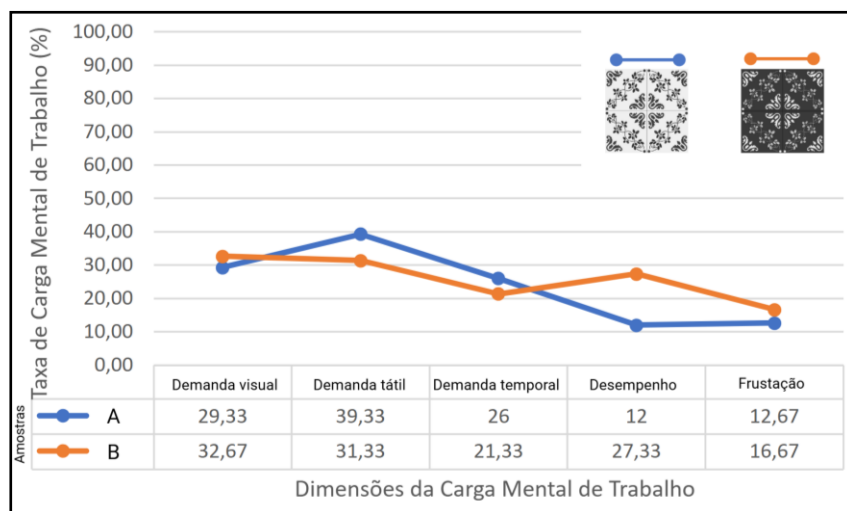
Pode-se inferir que, em relação a condição inter-grupos, o par de adjetivos “alegre x triste” é estatisticamente significativo (valor *p.value* de 0.0245, menor que o nível de significância que é 0.05). Desta forma, o Grupo G1 obteve uma pontuação significativamente mais próxima de "Alegre" do que o Grupo G2. O Grupo G2, por sua vez, obteve uma pontuação mais próxima de "Triste" (ou menos "Alegre") em comparação com o G1. Em relação aos outros pares de adjetivos não houve diferenças significativas (apêndice F).

3.4.3 Resultado e discussão do Protocolo NASA-TLX Adaptado

Os dados dos Protocolos NASA-TLX Adaptado foram analisados a fim de mensurar percentualmente a carga mental de trabalho percebida pelos participantes em cinco dimensões: demanda visual, demanda tátil, demanda temporal, desempenho e frustração. Após a coleta, as respostas foram organizadas em planilha e tratadas por meio de estatísticas descritivas simples (médias, comparações diretas e *t-test*). Visualiza-se os resultados por meio de gráfico de linha, possibilitando uma leitura clara das diferenças entre os padrões analisados.

A Figura 48 demonstra os resultados para o grupo G1. Observa-se que a amostra B apresentou maior demanda visual (32,67%) em comparação à amostra A (29,33%), o que sugere que seus elementos gráficos exigiram maior atenção visual ou esforço de leitura da composição. No entanto, a amostra A destacou-se pela maior demanda tátil, indicando maior intensidade sensorial no contato físico com essa amostra.

Figura 48 - Taxa de Carga Mental do Grupo 1



Fonte: O autor (2025)

Em relação à demanda temporal, a amostra A também obteve um valor mais elevado (26%) frente à amostra B (21,33%), o que pode refletir a necessidade de maior tempo para exploração ou compreensão do padrão apresentado. No que tange à dimensão desempenho, os dados revelam uma diferença mais significativa, a amostra A obteve uma pontuação de apenas 12%, enquanto a amostra B chegou a 27,33%. Como menores valores nessa dimensão indicam melhor desempenho percebido, entende-se que os participantes se sentiram mais eficazes ao interagir com a amostra A.

Por fim, a frustração também foi mais elevada na Amostra B (16,67%) do que na amostra A (12,67%), sugerindo que o padrão da amostra B pode ter causado maior desconforto emocional, sensação de dificuldade ou cansaço durante a tarefa proposta.

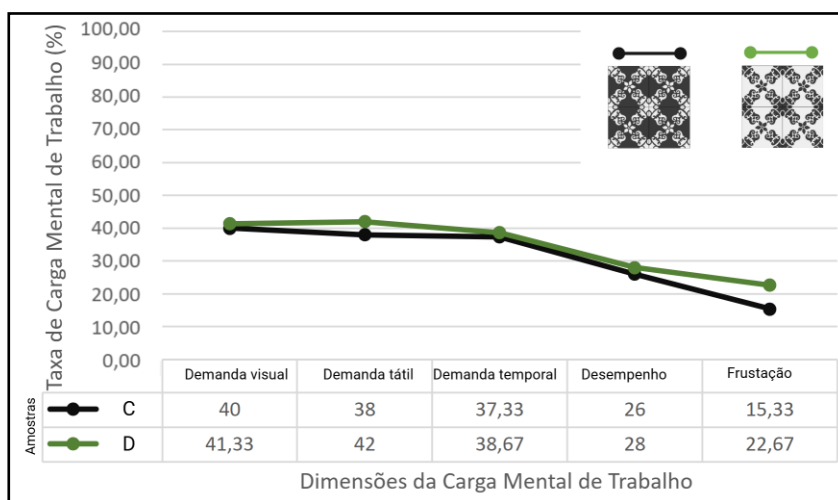
Em termos gerais, a amostra A provocou maiores exigências de percepção háptica e temporais, mas foi associada a melhor desempenho percebido e menor frustração. Já a Amostra B, apesar de menos exigente fisicamente, gerou maior pressão visual, maior sensação de esforço quanto ao desempenho e mais frustração.

De acordo com os dados, percebe-se na amostra A, que a maior exigência de contato com a textura em alto relevo proporcionou melhores satisfações, interpretações e compreensões da amostra. Enquanto na amostra B, a menor interação tátil proporcionou maior insatisfação quanto ao desempenho e maior frustração. Desta forma, o uso do tato por meio da exploração ativa ou passiva pode contribuir significativamente como instrumento de compreensão e de tomada de decisões.

Em seguida, a Figura 49 demonstra visualmente os resultados para o grupo G2. Em relação à demanda visual, a amostra D obteve uma média ligeiramente superior (41,33%) em comparação à amostra C (40%), indicando maior exigência de atenção visual por parte dos participantes. A diferença se acentua na dimensão tátil, em que a amostra D alcançou 42%, superando a

amostra C (38%), o que sugere maior compreensão sensorial atribuída ao seu padrão. Também na demanda temporal a amostra D foi mais exigente (38,67% contra 37,33%), indicando que os participantes sentiram necessidade de mais tempo para interpretar seus elementos visuais.

Figura 49 - Taxa de Carga Mental do Grupo 2



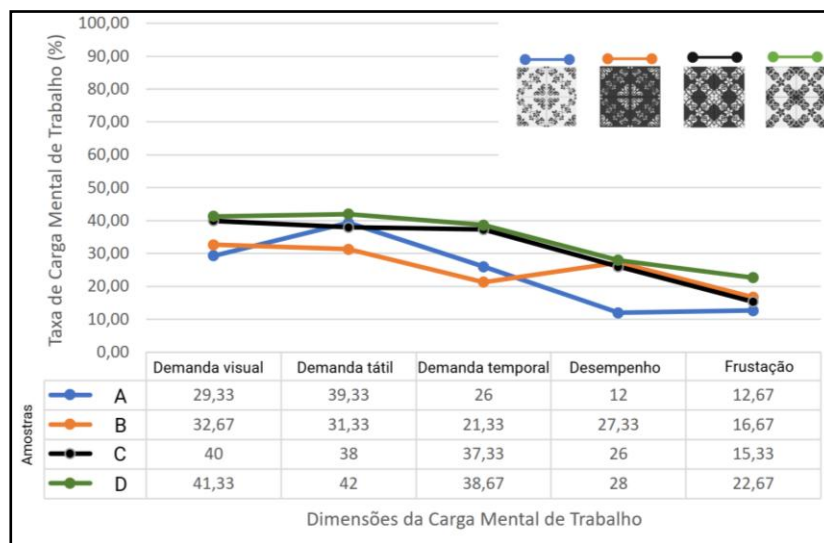
Fonte: O autor (2025)

No que se refere ao desempenho percebido, a amostra C foi ligeiramente mais bem avaliada, com média de 26% frente aos 28% da amostra D. Como nesta escala valores mais baixos indicam melhor desempenho percebido, entende-se que a interação com a amostra C foi considerada mais eficaz pelos respondentes. Por fim, observa-se uma diferença significativa na dimensão frustração, na qual a amostra D alcançou 22,67%, enquanto a amostra C permaneceu em 15,33%, revelando maior incômodo ou desconforto gerado pela amostra D.

Desta forma, os dados indicam que a amostra D apresentou uma carga mental mais elevada em praticamente todas as dimensões, o que pode ser interpretado como um padrão mais estimulante, porém também mais exaustivo. Em contraste, a amostra C proporcionou uma experiência com menor nível de frustração, sendo percebida como mais eficiente em termos cognitivos.

Quanto às análises gerais inter-grupo, a Figura 50 evidencia diferenças perceptivas significativas em relação à carga mental de trabalho atribuída aos padrões visuais analisados. O grupo G1 apresentou, de modo geral, médias mais baixas nas cinco dimensões avaliadas, enquanto o grupo G2 demonstrou médias mais elevadas, indicando uma experiência perceptiva mais exigente e potencialmente mais complexa.

Figura 50 - Comparação Inter-Grupo de Carga Mental de Trabalho



Fonte: O autor (2025)

Na dimensão demanda visual, as amostras do G2 apresentaram valores consideravelmente superiores (40% em C e 41,33% em D) em comparação às do G1 (29,33% em A e 32,67% em B), sugerindo que os padrões do G2 exigiram maior atenção e processamento visual por parte dos participantes. Esse padrão se repete na demanda tátil, onde a amostra D alcançou o maior índice (42%), seguida pela amostra C (38%), superando as amostras do G1.

No que se refere à demanda temporal, o G2 também obteve médias mais altas, em contraste com os valores mais baixos do G1. Esses dados indicam que as amostras do grupo G2 demandaram mais tempo de atenção e análise, reforçando a ideia de maior esforço cognitivo. A dimensão de desempenho percebido, percebe-se um destaque para a amostra A, com o menor índice de carga (12%), enquanto as demais amostras variam entre 26% e 28%, sem grande variação entre si, embora o G2 mantenha índices ligeiramente mais altos.

Por fim, a frustração foi mais acentuada nas amostras do G2, especialmente em comparação com a amostra A (12,67%), que novamente obteve o melhor resultado nesta dimensão. Embora a amostra B pertencente ao grupo G1, teve um valor intermediário (16,67%), ainda assim, inferior às amostras do G2.

De forma geral, os dados indicam que o grupo G2 foi percebido como mais exigente em praticamente todas as dimensões avaliadas, refletindo padrões mais intensos de carga de trabalho mental. Já o grupo G1 apresentou uma experiência com menor carga mental global e menor frustração percebida, destacando-se especialmente a amostra A, que obteve os menores índices de frustração e maior percepção de eficácia.

Percebe-se que o contraste das variações figura-fundo no grupo G1 associadas ao alto relevo proporcionaram uma menor demanda visual para a compreensão dos seus elementos resultando em menores taxa de desempenho e frustração de forma geral. Já em relação ao grupo G2, pode-se inferir que taxas equilibradas de contraste na variação figura-fundo, associadas ao baixo relevo, exigiram maior compreensão, interpretação e tempo das amostras. Contudo, nenhum dos grupos apresentaram taxas acima dos 50% para carga de trabalho mental.

Pode inferir estatisticamente por meio de resultados de Teste T (apêndice F) que, embora as médias das pontuações do G2 sejam consistentemente mais altas do que as do G1 em todas as dimensões, todos os valores para *p.value* são maiores que o nível de significância que é 0.05. Portanto, apesar das diferenças por média, não houve diferenças estatisticamente significativas entre as dimensões para os grupos G1 e G2.

3.4.4 Resultado e discussão do Protocolo de Comparação e Avaliação Geral

As respostas obtidas no Protocolo de Comparação e Avaliação Geral foram analisadas por meio de abordagem qualitativa interpretativa. As justificativas textuais foram agrupadas e examinadas com base em categorias emergentes, como percepção floral, contraste, cor e organização visual. Para complementar a análise, foi gerada uma nuvem de palavras que evidenciou a frequência e a relevância dos termos mais mencionados, contribuindo para uma leitura visual e sintética das opiniões expressas.

A primeira questão do protocolo buscou investigar qual dos dois padrões apresentados no grupo G1 mais remetia a elementos de natureza floral, a partir da percepção dos participantes. Os resultados apontam para um equilíbrio estatístico nas respostas. No entanto, algumas justificativas revelam tendências perceptivas pontuais, com destaque para elementos visuais associados à pregnância da forma e à influência do contraste de cores.

Participantes que escolheram a amostra A relataram reconhecer formas que remetem diretamente a componentes botânicos, como “*grãos*” ou “*sementes*”, evidenciando uma associação visual simbólica. Um exemplo claro disso foi a menção: “*Na amostra A, pois consegui ver café, grãos...*”.

Por outro lado, os que preferiram a amostra B enfatizaram aspectos como o fundo escuro, que contribuiu para ressaltar as formas florais em branco, gerando maior contraste e definição. Um dos participantes destacou: “*A amostra B. O fundo preto ressalta os padrões florais*”, enquanto outro complementou que “[...]as cores atrás dão mais naturalidade e realismo”. Isso sugere que, mesmo sem predomínio quantitativo, a cromaticidade do fundo teve papel fundamental na percepção do padrão floral da amostra B, atuando como reforço visual para os elementos ornamentais.

Já a segunda questão propôs uma reflexão crítica sobre o design das texturas: “O que você mudaria no design das texturas? Cite pontos fortes e/ou pontos fracos”. As respostas foram sintetizadas por meio de uma nuvem de palavras demonstradas na Figura 51, cuja análise revelou a predominância de termos como “nada”, “fundo”, “texturas”, “superfícies”, “relevo”, “cores” e “brilho”.

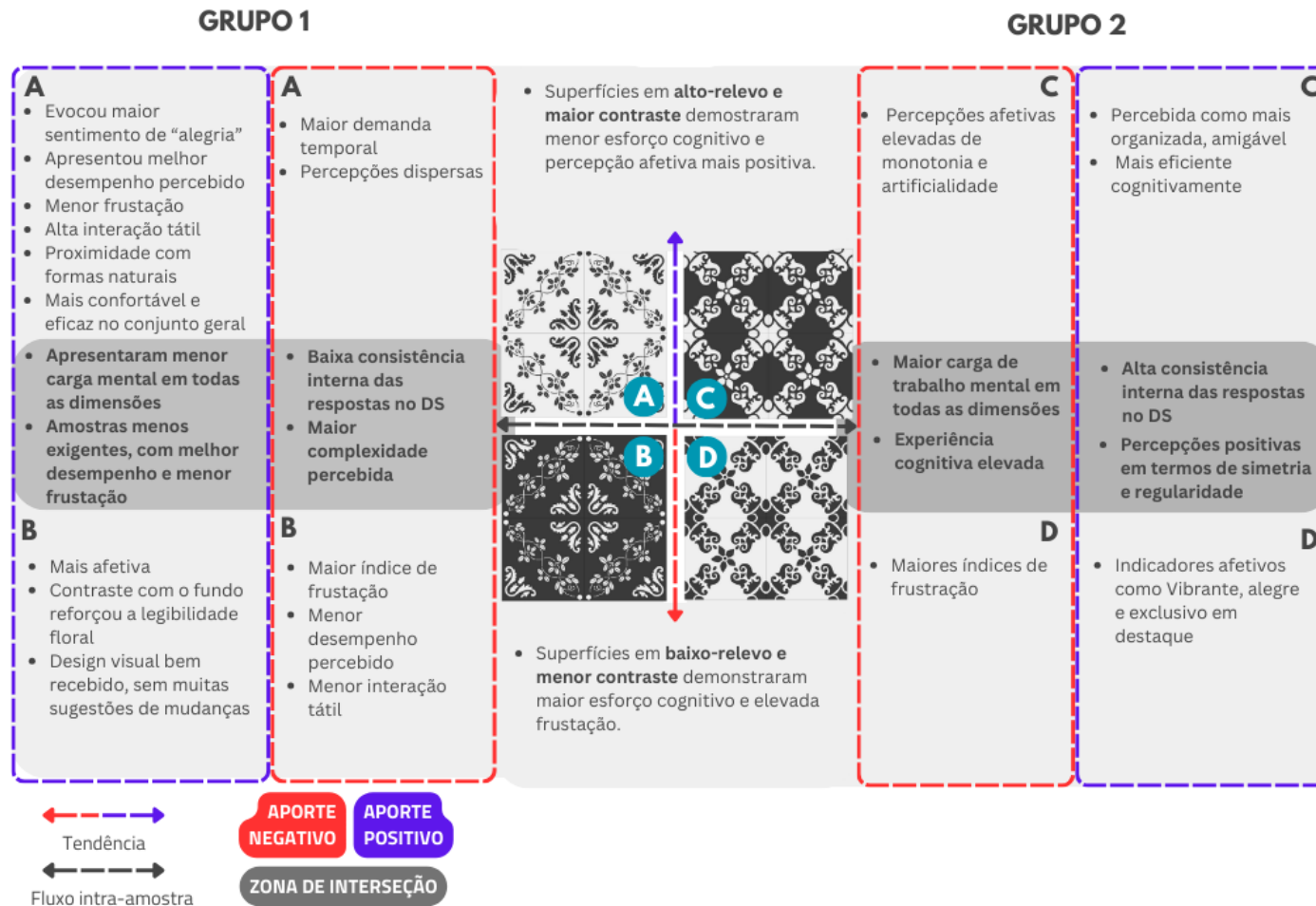
esforço cognitivo e geraram menos frustração. Essa relação entre clareza visual e baixo índice de frustração é reforçada pelas respostas qualitativas, nas quais participantes atribuíram qualidades como “organizado”, “bonito” e “atraente” às texturas com maior legibilidade e simetria.

Em contrapartida, no Grupo 2 (amostras C e D), os dados indicam um padrão perceptivo mais complexo e exigente. Embora as amostras tenham sido consideradas visualmente interessantes e simétricas em alguns relatos qualitativos, os dados do NASA-TLX, apontaram, para maiores níveis de carga mental em todas as dimensões, especialmente na demanda visual e tátil. Isso sugere que as amostras do Grupo 2 exigiram maior tempo e esforço interpretativo, o que pode ter intensificado sensações de frustração. Tal aspecto também corrobora análises do DS, em que as amostras C e D foram associadas a traços como complexidade, hostilidade e monotonia, mesmo que ainda mantivessem médias positivas em diversos pares de adjetivos.

A triangulação também revela que os elementos de contraste cromático e a interação tátil tiveram papel determinante nas experiências dos usuários. Padrões com maior variação de contraste figura-fundo, especialmente em alto relevo (amostras do G1), facilitaram a compreensão visual e tátil, reduzindo a carga de trabalho mental e aumentando o desempenho percebido. Por outro lado, padrões com baixo relevo e menor taxa de contraste (amostras do G2) demandaram maior esforço perceptivo, o que influenciou diretamente nas avaliações emocionais e cognitivas.

Do ponto de vista qualitativo, aspectos como fundo, cor, relevo e organização foram os mais frequentemente mencionados como elementos de destaque ou passíveis de melhoria. A predominância da palavra “nada” entre as sugestões reforça uma percepção estética positiva da maioria das amostras, embora observações específicas sobre brilho, tonalidade e textura indiquem áreas sensíveis de ajuste para aprimoramento do design.

Figura 53 – Quadro-síntese da experiência Perceptiva e afetiva do usuário.



Fonte: O autor (2025)

CAPÍTULO 4

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo geral deste trabalho foi compreender como os princípios da ergonomia cognitiva podem ser aplicados na manufatura de texturas bioinspiradas para promover uma interação mais eficiente entre superfícies-objetos e usuários considerando processos cognitivos e afetivos.

Primeiramente realizada a contextualização da pesquisa ressaltando a importância da perspectiva bioinspirada na construção de superfícies com abordagem ergonômica. Em seguida, delimitou-se o curso de trabalho para superfícies-objetos produzidos por manufatura aditiva (Impressão 3D). A abordagem teórica iniciou com um aparato geral sobre ergonomia cognitiva, seus elementos de influência análise no design como percepção, atenção afeto e carga mental. Posteriormente, foram realizadas fundamentações sobre design de superfície, bioinspiração e fabricação digital.

Após organizado toda parte teórica fundamentada nos autores correspondentes a cada tema, iniciou-se a construção metodológica da pesquisa, detalhando o método e etapas de trabalho que configuraram uma abordagem quali-quantitativa e exploratória nas fases metodológicas do *Design Science Research*.

Com a compreensão do problema estruturada em parâmetros bioinspirados e ergonômicos, conduziu-se análises do acervo do Inventário do Patrimônio Azulejar do Maranhão (Lima, 2012) e, posteriormente, construção de amostras baseadas no estudo de Menezes *et al.* (2021).

Contribuições teóricas sobre métodos de análise da experiência cognitiva e afetiva de produto baseados em *frameworks* e técnicas psicométricas possibilitaram a construção de protocolos de Diferencial Semântico (DS), NASA-TLX Adaptado e de Comparação e avaliação Geral. Desta forma, representou-se as respostas obtidas por meio de gráficos diversos.

A presente pesquisa buscou compreender como a aplicação de princípios da ergonomia cognitiva pode influenciar a experiência perceptiva e emocional de indivíduos diante de superfícies-objeto bioinspiradas. Nesse sentido, a partir da triangulação dos protocolos de Diferencial Semântico (DS), NASA-TLX Adaptado e Comparação Geral, constatou-se que as amostras apresentaram diferentes graus de legibilidade, atratividade e exigência cognitiva. As texturas com maior diferença de contraste figura-fundo e relevo positivo, especialmente as pertencentes ao grupo G1, favoreceram a compreensão visual e tátil, exigindo menor carga de trabalho mental e sendo associadas a sentimentos mais positivos. Já as amostras do grupo G2, com menor taxa de diferença de contraste e baixo relevo, geraram maior exigência interpretativa, resultando em níveis mais elevados de frustração e carga de trabalho mental.

Portanto, esses dados reforçam a relevância de um design orientado por parâmetros ergonômicos, capaz de otimizar não apenas a funcionalidade de objetos e artefatos, mas também o equilíbrio entre os sistemas cognitivo e afetivo envolvidos na experiência do usuário.

4.1 Limitações da pesquisa

Apesar dos achados relevantes, a pesquisa apresentou algumas limitações que devem ser consideradas. O número restrito de participantes ($n=30$), embora diversificado em termos de faixa etária, escolaridade e gênero, não permite generalizações amplas.

Outra limitação refere-se ao tratamento estatístico do protocolo NASA-TLX Adaptado, no qual o fator decisivo de análise dentre as cinco dimensões analisadas não foi integrado no estudo. Pelo tempo de pesquisa e complexidade de integração desse dado nas fórmulas, análises mais detalhadas não foram possíveis com a aplicação deste protocolo.

Ainda sobre o tratamento estatístico, a aplicação de testes de normalidade das amostras, bem como análises com desvio padrão, mediana e criação de gráficos com cruzamento de dados ampliariam as discussões sobre os resultados.

Outro ponto a ser considerado é o uso de escalas subjetivas e autoexplicativas, que, embora ricas em termos qualitativos e quantitativos, dependem da interpretação individual dos participantes, podendo gerar ruídos na análise. Por fim, a ausência de medições fisiológicas ou biométricas restringe a análise a aspectos autorreferidos, sem validação objetiva do esforço cognitivo ou emocional.

4.2 Trabalhos Futuros

Com base nos resultados alcançados e nas limitações identificadas, sugere-se que para pesquisas futuras:

- 1) Ampliação do número de participantes e exploração de diferentes contextos de aplicação das texturas bioinspiradas, incluindo ambientes reais ou simulações imersivas;
- 2) A utilização de tecnologias como rastreamento ocular (*eye tracking*), eletroencefalograma (EEG) ou sensores táteis poderá enriquecer a análise da carga cognitiva e afetiva, oferecendo dados objetivos sobre o comportamento dos usuários;
- 3) Análise de superfícies-objeto em contextos de uso contínuo, especialmente em áreas como arquitetura, mobiliário e design urbano.

REFERÊNCIAS

ABERGO. Associação Brasileira de Ergonomia. **Norma ERG BR 1002 - Código de Deontologia do Ergonomista Certificado**. Disponível em: https://www.abergo.org.br/files/ugd/18ffee_3fd812b0c5a5441abcc468dbd9cd7170.pdf. Acessado em: 31 jul. 2025.

ABRAHÃO, Júlia Issy; SILVINO, Alexandre Magno Dias; SARMET, Maurício Miranda. Ergonomia, Cognição e Trabalho Informatizado. **Psicologia: teoria e Pesquisa**. Brasília, v.21, n.2, p. 163-171, ago. 2005. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-37722005000200006>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ptp/a/trQbt5kcM54n7PmJ8rYpHPq/>. Acesso em: 13 jun. 2025.

ANTIPOFF, Renata Bastos Ferreira; SOARES Raquel Guimarães. Cognição e Trabalho. In: BRAATZ, Daniel; ROCHA, Raoni; GEMMA, Sandra. **Engenharia do trabalho: saúde, segurança, ergonomia e projeto**. Santana de Parnaíba, SP: Ex Libris Comunicação, 2021. cap.15, p. 363-383. Disponível em: <https://www.repositorio.ufop.br/items/4215aefb-3e6f-4f44-9663-f89fcce34eda>. Acesso em: 13 jun. 2025.

ARRUDA, Amilton José Vieira; SOARES, Theska Laila de Freitas. Fundamentos da Biônica e da Biomimética e Exemplos Aplicados no laboratório de Biodesign na UFPE. In: ARRUDA, Amilton José Vieira. **Métodos e processos em biônica e biomimética: a revolução tecnológica pela natureza**. São Paulo: Blucher, 2018, p. 9-34. Disponível em: https://www.blucher.com.br/metodos-e-processos-em-bionica-e-biomimetica-a-revolucao-tecnologica-pela-natureza_9788580393491. Acesso em: 24 jun. 2025.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR ISO/ASTM 52900:2018 — Manufatura aditiva: princípios gerais — terminologia**. Rio de Janeiro: ABNT, 2018.

BARACHINI, Teresinha. Design de superfície: uma experiência tridimensional. **Vitruvius**, São Paulo, ano 16, n. 185.06, 2015. Disponível em: <https://vitruvius.com.br/index.php/revistas/read/arquitextos/16.185/5790>. Acesso em: 17 jun. 2025.

BELIM, Cecília; ADAMS, Caroline. **Production Ergonomics: design work systems to support human performance**. London: Ubiquity Press, 2017. DOI: <https://doi.org/10.5334/bbe>. Disponível em: <https://www.ubiquitypress.com/site/books/m/10.5334/bbe/>. Acesso em: 13 jun. 2025.

BENYUS, Janine M. **Biomimética, inovação inspirada pela natureza**. São Paulo, Cultrix, 2006.

BRASIL. **Resolução nº 510/2016, de 07 de abril de 2016**. Ministério da Saúde. Conselho Nacional de Saúde. Comissão Nacional de Ética em Pesquisa. 2016. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/cns/2016/res0510_07_04_2016.html. Acesso em: 22 jul. 2025.

BROECK, Fabrício Vanden. Padrões na natureza. In: ARRUDA, Amilton José Vieira. **Métodos e processos em biônica e biomimética: a revolução tecnológica pela natureza**. São Paulo: Blucher, 2018, p. 9-34. Disponível em: https://www.blucher.com.br/metodos-e-processos-em-bionica-e-biomimetica-a-revolucao-tecnologica-pela-natureza_9788580393491. Acesso em: 24 jun. 2025.

CORREIA, Marcos Balster Fiore. **A comunicação de dados estatísticos por intermédio de infográficos: uma abordagem ergonômica**. 2009. Dissertação (Mestrado em Design) – Programa de pós-graduação em Artes, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/biblioteca-catalogo.html?id=280737&view=detalhes>. Acesso em: 13 jun. 2025.

COUCHOT, Edmond. **A natureza da arte: o que as ciências cognitivas revelam sobre o prazer estético**. 1. ed. São Paulo: Editora UNESP, 2018.

CRILLY, Nathan; MOULTRIE, James; CLARKSON, P. John. Seeing things: consumer response to the visual domain in product design. **Design Studies**, Oxford, v. 25, n. 6, p. 547–577, 2004. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.destud.2004.03.001>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0142694X04000225>. Acesso em: 14 jun. 2025.

CRILLY, Nathan; MOULTRIE, James; CLARKSON, P. John. Seeing things: consumer response to the visual domain in product design. **Design Studies**, v. 25, n. 6, p. 547–577, nov. 2004. DOI: 10.1016/j.destud.2004.03.001. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0142694X04000225?via%3Dihub>. Acesso em: 17 jun. 2025.

DENZIN, N. K; LINCOLN, I. O planejamento da pesquisa qualitativa: teorias e abordagens. Porto Alegre: Artmed, 2006.

DONDIS, Dondis A. **Sintaxe da linguagem visual**. 2. Ed. São Paulo: Martins Fontes, 1997.

DOMINICI, Susana dos Santos. **Reconhecimento e memória: um estudo sobre cegueira botânica e os azulejos do Centro Histórico de São Luís – MA**. 2021. Dissertação (Mestrado em Design). Universidade Federal do

Maranhão, São Luís, 2021. Disponível em:

<https://tedebc.ufma.br/jspui/handle/tede/3370>. Acesso em: 13 jun. 2025.

ENAP. Fundação Escola Nacional de Administração Pública. Diretoria de Desenvolvimento Profissional. **Valores Culturais da Natureza**. Brasília: Fundação Escola Nacional de Administração Pública, 2022. Curso desenvolvido no âmbito da Diretoria de Desenvolvimento Profissional – DDPRO.

ESCOBAR, Andrés Valencia. Biomimética y métodos para el diseño. In: URDINOLA SERRA, Diana. **Biomimética y diseño**. Medellín: UPB, 2018, p.42-47. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Ever-Patino/publication/325934483_Biomimetica_y_Disenio/links/60ccb6eb458515dc17919af3/Biomimetica-y-Disenio.pdf. Acesso em: 24 jun. 2025.

FALCÃO, Franciane da Silva. **Dimensionamento Sensorial Tátil de Ferramentas Manuais: a relação entre percepção de usuários e texturas aplicadas em cabos de martelos de uso típico no DIMPE/AM**. 2015. Tese (Doutorado em Design) - Faculdade de Artes, Arquitetura e Comunicação, Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2015. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/entities/publication/4372e377-2293-4545-b138-b4108f0ea050>. Acesso em: 13 jun. 2025.

FALZON, Pierre. **Ergonomia**. 2. ed. São Paulo: Edgar Blücher, 2012.

FREITAS, Renata Oliveira Teixeira de. **As ações comunicacionais táteis no processo de criação do design de superfície**. 2009. Dissertação (Mestrado em Comunicação e semiótica). Pontifícia Universidade Católica de São Paulo PUC-SP, São Paulo, 2009. Disponível em: <https://tede2.pucsp.br/handle/handle/5261>. Acesso em: 17 jun. 2025.

FREITAS, Renata Oliveira Teixeira de. **Design de superfícies: ações comunicacionais táteis nos processos de criação**. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2018.

GOBBI, Alie Girardi; SANTOS, Flávio Anthero Nunes Vianna dos. Técnicas de análise de carga mental aplicadas no Design de Interfaces Gráficas. **Human Factors in Design**, Florianópolis, v.4, n.7, 2015. Disponível em: <https://periodicos.udesc.br/index.php/hfd/article/view/6058>. Acesso em: 14 jun. 2025.

GOMES FILHO, João. **Gestalt do objeto: sistema de leitura visual**. 8. ed. São Paulo: Escrituras Editora, 2008.

HOLDSCHIP, Rodrigo. **Design & Semântica: investigação de técnicas estatísticas para auxílio no projeto de produto**. Tese (Doutorado em Design) – Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação, Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2015. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/entities/publication/6ed5c9db-1541-4c64-ad97-6b35e10f8e34>. Acesso em: 17 jun. 2025.

IIDA, Itiro. **Ergonomia: projeto e produção**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blüncher, 2005.

IIDA, Itiro; GUIMARÃES, Lia Buarque de Macedo. **Ergonomia: projeto e produção**. 3. ed. São Paulo: Blucher, 2016.

LANUTTI, Jamille N. de L.; FERNANDES, Fabiane R.; CAMPOS, Livia F. de A.; PASCHOARELLI. Usabilidade de objetos de uso cotidiano: comparativo de técnicas de avaliação subjetiva (SUS e DS). In: **13º Congresso Internacional de Ergonomia e Usabilidade de Interfaces Humano-Tecnologia: Produto, Informações, Ambiente Construído e Transporte**. Anais [...]. São Paulo: Blucher, 2013.

LIMA, Zelinda Machado de Castro e (Org.). **O inventário do Patrimônio Azulejar do Maranhão**. São Luís: Santa Marta, 2012.

LÖBACH, B. **Design industrial: Bases para a configuração dos produtos industriais**. 1ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2001.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Fundamentos de metodologia científica**. 5ªed. São Paulo: atlas, 2003.

MAZO, Ever Patiño; OCHOA, Elsie María Arbeláez. **Generación y transformación de la forma: “morfología, geometria, naturaliza y experimentación”**. 1.ed. Medellín: UPB, 2009.

MEDEIROS, W. G.; ASHTON, P.. Meaningful interaction of users with product shapes. In: **Design and Emotion Conference**, 2006, Gotenburgo. Design and Emotion 2006, 2006.

MENEZES, Leandro R.; EWERTON, Alícia B.; GARCIA, Amanda L.; DOMINICI, Susana S.; FERNANDES, Fabiane R.; CAMPOS, Livia Flávia A.; MARINHO, Lucas C. The Flora of Azulejos in Maranhão, Brazil. **Ethnobiology Letters**, v. 12, n. 1, p. 94–102, 8 Oct. 2021. Disponível em: <https://ojs.ethnobiology.org/index.php/ebi/article/view/1764>. Acesso em: 17 jul. 2025.

MENEZES, Marizilda dos Santos; SILVA, Márcia Luiza França da. **Design de superfícies: da teoria à práxis**. 1.ed. Bauru: Canal 6, 2023.

NEUFELD, Carmem Beatriz; STEIN, Lilian Milnitsky. As bases da psicologia cognitiva. **Revista da Saúde – URCAMP**, Bagé, RS, v.3, n.2, p. 76-87, jul./dez., 1999. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/299437058_AS_BASES_DA_PSILOGIA_COGNITIVA. Acesso em: 13 jun. 2025.

NORMAN, Donald A.; ORTONY, Andrew; RUSSELL, Daniel M. Affect and machine design: lessons for the development of autonomous machines. **IBM Systems Journal**, v. 42, n. 1, p. 38–44, jul. 2002. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/5386841>. Acesso em: 17 jun. 2025.

OLIVEIRA, Diego Jucá de Lima. **O uso da Prototipagem e Fabricação Digital no ambiente Fab Lab**. 2016. Dissertação (mestrado em Design). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/142793>. Acesso em: 25 jun. 2025.

ORCIUOLI, Affonso. O impacto das tecnologias de fabricação digital nos processos de design. **AU – Arquitetura e Urbanismo: digital**, v. 183, jun. 2009. Disponível em: <http://www.revistaau.com.br/arquitetura-urbanismo/183/o-impacto-das-tecnologias-de-fabricacao-digital-nos-processos-de-141180-1.asp>. Acesso em: 20 jul. 2024.

PARSLEY, Kathryn M. Plant awareness disparity: A case for renaming plant blindness. **Plants, People, Planet**, Lancaster, v.2, n.6, p. 598-601, 2020. DOI:<https://doi.org/10.1002/ppp3.10153>. Disponível em: <https://nph.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/ppp3.10153>. Acesso em: 13 jun. 2025.

PASCHOARELLI, Luis Carlos; CAMPOS, Livia Flávia de Albuquerque. Usabilidade e seus diferentes enfoques no design ergonômico. In: SILVA, José Carlos Plácido da et al. **Ensaio em design: pesquisa e projetos**. Bauru: Canal 6, 2013. Disponível em: <https://ensaioemdesign.com.br/livros/ensaio-em-design-pesquisa-e-projetos/>. Acesso em: 17 jun. 2025.

PASCHOARELLI, Luis Carlos; MEDOLA, Fausto Orsi; LANUTTI, Jamille. Design, Ergonomia e Semântica. In: ANDRADE, Ana Beatriz Pereira de. et al. **Ensaio em Design: ações inovadoras**. Bauru: Canal 6, 2016. p. 158-185. Disponível em: https://ensaioemdesign.com.br/wpcontent/uploads/2021/01/Ensaio_em_design_6.pdf. Acesso em: 17 jun. 2025.

PREFEITURA DE BELO HORIZONTE. Fundação Municipal de Cultura – Centros Culturais – Centro Cultural Padre Eustáquio. Disponível em: <https://prefeitura.pbh.gov.br/fundacao-municipal-de-cultura/centros-culturais/padreeustaquio>. Acesso em: 22 jul. 2025.

ROMANI, Elizabeth. **Design do livro tátil ilustrado: processo de criação centrado no leitor com deficiência visual e nas técnicas de produção gráfica da imagem e do texto**. Tese (Doutorado em Design) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/16/16134/tde-01092016-164009/pt-br.php>. Acesso em: 13 jun. 2025.

RUBIM, Renata. **Desenhando a superfície**. São Paulo: Edições Rosari, 2005.

RÜTHSCHILLING, Evelise Anicet. **Design de superfície**. 1. Ed. Porto Alegre: Ed. da UFRGS. 2008.

RÜTHSCHILLING, Evelise Anicet. **Design de Superfície**. 1.ed. Porto Alegre: Ed. da UFRGS, 2008.

SÁ, Alice Araujo Marques de. **Ferramentas da biomimética no Design: aportes da natureza para a prática projetual**. 2021. Dissertação (mestrado em design), Universidade de Brasília, Brasília, 2021. Disponível em: <https://educapes.capes.gov.br/handle/capes/881181>. Acesso em: 19 jun. 2025.

SAMPAIO, Cláudio P. de; SANTOS, Aguinaldo dos; LOPES, Camila S. D.; TREIN, Fabiano A; CHAVES, Liliane I.; LIBRELOTTO, Lisiane I.; FERROLI, Paulo Cesar M.; LEPRE, Priscilla R.; ENGLER, Rita C.; MARTINS, Suzana B.; NUNES, Viviane G. A. **Design para sustentabilidade: dimensão ambiental**. 1.ed. Curitiba, PR: Insight, 2018. Disponível em: <https://editorainsight.com.br/produto/design-para-a-sustentabilidade-dimensao-ambiental-pdf/>. Acesso em: 13 jun. 2025.

SANTOS, Jorge Roberto Lopes dos. A manufatura aditiva no design de produtos. In: VOLPATO, Neri. **Manufatura aditiva: tecnologias e aplicações da impressão 3D**. São Paulo: Blucher, 2016, 5. ed., cap.2, p.31-44. Disponível em: https://storage.blucher.com.br/book/pdf_preview/PDF_tecnologiasaditiva.pdf. Acesso em: 25 jun. 2025.

SCHREPP, Martin; HINDERKS, Andreas; THOMASCHEWSKI, Jörg. Applying the User Experience Questionnaire (UEQ) in Different Evaluation Scenarios. In: VAN DEN BERG, Egon B.-C.; KALGRAM, Véronique (eds.), **Design, User Experience, and Usability. Theories, Methods, and Tools for Designing the User Experience**. Lecture Notes in Computer Science, v. 8517, p. 383–392, Cham: Springer, 2014. DOI: 10.1007/978-3-319-07668-3_37. Disponível em: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-07668-3_37#citeas. Acesso: 17 jun. 2025.

SCHWARTZ, Ada Raquel Doederlein. **Design de Superfície: por uma visão projetual geométrica e tridimensional**. 2008. Dissertação (mestrado) – Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação, Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2008. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/entities/publication/14f101c9-4dc3-4753-97be-162a1dc8eada>. Acesso em: 17 jun. 2025.

SCHWARTZ, Ada Raquel Doederlein; NEVES, Aniceh Farah; RÜTHSCHILLING, Evelise. Design de Superfície: por uma abordagem projetual geométrica e tridimensional. **Educação Gráfica**, v.12, n. 01, p. 146-163, Ed especial, 2008. Disponível em: <http://www.educacaografica.inf.br/revistas/vol-12-num-1-2008>. Acesso em: 17 jun. 2025.

SEVA, Rosemary R.; GOSIACO, Katherine Grace T.; SANTOS, Crea Eurice D.; PANGILINAN, Denise Mae L. Product design enhancement using apparent usability and affective quality. **Applied Ergonomics**, v. 42, n. 3, p. 511–517, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2010.09.009>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0003687010001596?via%3Dihub>. Acesso em: 14 jun. 2025.

SILVA, Keity Lílian Barbosa Martins; CAMPOS, Livia Flávia de Albuquerque; FERNANDES, Fabiane Rodrigues. A Ergonomia Cognitiva e a interação com os objetos: uma compreensão conceitual de como as pessoas percebem e se relacionam com os artefatos. **Human Factors in Design**, Florianópolis, v. 10, n. 19, 2021. DOI:10.5965/2316796310192021029. Disponível em: <https://periodicos.udesc.br/index.php/hfd/article/view/18714>. Acesso em: 13 jun. 2025.

SILVA, Keity Lílian Barbosa Martins. **O patrimônio azulejar de São Luís - MA e a relação das pessoas com os produtos inspirados nos objetos culturais**. 2021. Dissertação (Mestrado em Design). Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2021. Disponível em: <https://tedeabc.ufma.br/jspui/handle/tede/3369>. Acesso em: 13 jun. 2025.

SILVA, Tiago Machado e. **Carga de Trabalho Mental: análise crítica dos métodos de avaliação**. 2018. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2018. Disponível em: https://bdtd.ibict.br/vufind/Record/UTFPR-12_b6ed788c00471c0e04bb95f9f3eba922. Acesso em: 14 jun. 2025.

TAVARES, David Ribeiro; JR, Osiris Canciglieri; GUIMARÃES, Lia Buarque de Macedo; RUDEK, Marcelo. Modelo de avaliação e tradução da experiência cognitiva e afetiva de produto. **Human Factors in Design**, Florianópolis, v.9, n.18, 2020. DOI – <https://doi.org/10.5965/2316796309182020126>. Disponível em: <https://periodicos.udesc.br/index.php/hfd/article/view/18261>. Acesso em: 17 jun. 2025.

TONETTO, Leandro Miletto; COSTA, Filipe Campelo Xavier da. Design emocional: conceitos, abordagens e perspectivas de pesquisa. **Strategic Design Research Journal**, v. 4, n. 3, p. 132–140, set./dez. 2011. DOI: 10.4013/sdrj.2011.43.04. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/273862410_Design_Emocional_conceitos_abordagens_e_perspectivas_de_pesquisa. Acesso em: 17 jun. 2025.

TORREBLANCA-DÍAZ, David A.; MAZO, Ever Patiño. **Texturas bioinspiradas y fabricación digital**. 1.ed. Medellín: Editorial UPB, 2021. Disponível em: <https://repository.upb.edu.co/handle/20.500.11912/9086>. Acesso em: 13 jun. 2025.

TULLIS, T.; B. ALBERT. **Measuring the user experience: collecting, analyzing and presenting usability metrics**. Burlington: Morgan Kaufmann, 2008.

VIARO, Felipe Schneider; PINHEIRO, Rogélio; SILVA, Régio Pierre da; TEIXEIRA, Fábio Gonçalves; BRUSCATTO, Underléa Miotto. Projeto de produto utilizando processos de modelagem paramétrica, prototipagem e fabricação digital. **Blucher Design Proceedings**, São Paulo, v. 1, n. 4, p.2375-2386, nov. 2014. Disponível em:

<https://www.proceedings.blucher.com.br/evento/11ped>. Acesso em: 25 jun. 2025.

VOLPATO, Neri. Processos de AM por extrusão de material. In: VOLPATO, Neri. **Manufatura aditiva: tecnologias e aplicações da impressão 3D**. São Paulo: Blucher, 2016, 5. ed., cap.7, p.145-179. Disponível em: https://storage.blucher.com.br/book/pdf_preview/PDF_tecnologiasaditiva.pdf. Acesso em: 25 jun. 2025.

ANEXO – Parecer do Comitê de Ética

UNIVERSIDADE FEDERAL DO
MARANHÃO - UFMA



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: A aplicação da Ergonomia Cognitiva na criação de texturas bioinspiradas: análises afetivas e influência nos processos de cognição.

Pesquisador: MARCELO CASSIO LIMA SANTOS

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 88852423.2.0000.5087

Instituição Proponente: Centro de Ciências Sociais, Saúde e Tecnologia

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 7.713.602

Apresentação do Projeto:

O projeto intitulado "A aplicação da Ergonomia Cognitiva na criação de texturas bioinspiradas: análises afetivas e influência nos processos de cognição" será desenvolvido no âmbito de um programa de pós-graduação em Design, com previsão de execução entre os anos de 2023 e 2025. A pesquisa será realizada em espaço público, no Centro Cultural Padre Eustáquio, localizado em Belo Horizonte (MG), e a coleta de dados com usuários está condicionada à aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa (CEP/CONEP). A proposta está vinculada à linha de pesquisa Design e Ergonomia e utiliza a abordagem metodológica Design Science Research (DSR), com cinco etapas: levantamento bibliográfico, geração de texturas bioinspiradas em 2D e 3D, desenvolvimento de um framework cognitivo, aplicação de entrevistas e questionários com usuários, e triangulação dos dados.

Objetivo da Pesquisa:

Objetivo geral:

Investigar como os princípios da ergonomia cognitiva podem ser aplicados no desenvolvimento de texturas bioinspiradas para promover uma interação mais eficiente entre superfícies e usuários, considerando os processos cognitivos e afetivos a partir de estímulos sensoriais.

Objetivos específicos:

1. Mapear os fundamentos teóricos da ergonomia cognitiva com foco em texturas

Endereço: Avenida dos Portugueses, 1966 CEB Velho Cidade Universitária Dom Delgado
Bairro: Bacanga **CEP:** 65.080-805
UF: MA **Município:** SAO LUIS
Telefone: (66)3272-8708 **E-mail:** cepufma@ufma.br

UNIVERSIDADE FEDERAL DO
MARANHÃO - UFMA



Continuação do Parecer: 7.713.602

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

De forma geral, o projeto apresenta boa adequação ética e metodológica, e as recomendações propostas visam fortalecer a proteção aos participantes e o alinhamento às normativas éticas em vigor. Portanto, sou de parecer favorável à sua aprovação.

Considerações Finais a critério do CEP:

O projeto preencheu todos os requisitos obrigatórios indicados pelas legislações éticas vigentes.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB INFORMACOES_BASICAS_DO_PROJETO_2217260.pdf	17/05/2025 21:57:13	MARCELO CASSIO LIMA SANTOS	Aceito
Orçamento	ORCAMENTO.pdf	17/05/2025 21:56:49	MARCELO CASSIO LIMA SANTOS	Aceito
Orçamento	CRONOGRAMA.pdf	17/05/2025 21:56:31	MARCELO CASSIO LIMA SANTOS	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	oficio_completo_merged.pdf	17/05/2025 21:54:50	MARCELO CASSIO LIMA SANTOS	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projetodet.pdf	17/05/2025 21:54:12	MARCELO CASSIO LIMA SANTOS	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE.docx	17/05/2025 21:48:37	MARCELO CASSIO LIMA SANTOS	Aceito
Folha de Rosto	folhaDeRostoPB.pdf	24/04/2025 15:19:26	MARCELO CASSIO LIMA SANTOS	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

Endereço: Avenida dos Portugueses, 1966 CEB Velho Cidade Universitária Dom Delgado
Bairro: Bacanga **CEP:** 65.080-805
UF: MA **Município:** SAO LUIS
Telefone: (66)3272-8708 **E-mail:** cepufma@ufma.br

UNIVERSIDADE FEDERAL DO
MARANHÃO - UFMA



Continuação do Parecer: 7.713.602

bioinspiradas;

2. Identificar, selecionar e materializar texturas bioinspiradas por meio de manufatura aditiva;
3. Analisar aspectos cognitivos e afetivos das texturas bioinspiradas com usuários;
4. Relacionar os resultados experimentais com dados teóricos e ergonômicos a partir da triangulação.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Segundo o proponente, os riscos são mínimos, associados principalmente a desconfortos emocionais durante o preenchimento de questionários ou à eventual exposição de informações pessoais não solicitadas. Como medidas de mitigação, o projeto prevê esclarecimentos prévios, sigilo e anonimato, ausência de testes de personalidade ou inteligência, e acompanhamento por Comitê de Ética. Não há benefícios diretos aos participantes, mas os benefícios indiretos são significativos: contribuição científica para o campo do design, incentivo à sustentabilidade, valorização da biodiversidade e promoção da consciência ambiental por meio da bioinspiração.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

A pesquisa se enquadra nos termos das Resoluções CNS nº 466/2012 e nº 510/2016 por envolver seres humanos e por tratar de aspectos subjetivos e sociais ligados à percepção sensorial. A coleta de dados somente ocorrerá após aprovação ética, e a metodologia empregada (entrevistas e questionários) é adequada à natureza qualitativa e quantitativa do estudo. A realização em espaço público exige atenção redobrada à autonomia dos participantes, sendo essencial que o investigador esteja preparado para garantir abordagens éticas, voluntárias e sem constrangimento.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

O Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) contempla os elementos exigidos pelas normativas, incluindo justificativa, objetivos, riscos, benefícios, direito de recusa e retirada, sigilo, privacidade, contatos institucionais e previsão de devolutiva dos resultados. O termo prevê também ressarcimento de despesas e assistência em caso de danos. Recomenda-se, no entanto, explicitar os meios pelos quais os participantes terão acesso aos resultados da pesquisa, como folheto impresso, e-mail ou outro formato acessível.

Recomendações:

Recomenda-se ainda a padronização da faixa etária do público-alvo, que aparece como 18 a 60 anos em alguns trechos e 20 a 60 anos em outros.

Endereço: Avenida dos Portugueses, 1966 CEB Velho Cidade Universitária Dom Delgado
Bairro: Bacanga **CEP:** 65.080-805
UF: MA **Município:** SAO LUIS
Telefone: (66)3272-8708 **E-mail:** cepufma@ufma.br

UNIVERSIDADE FEDERAL DO
MARANHÃO - UFMA



Continuação do Parecer: 7.713.602

SAO LUIS, 17 de Julho de 2025

Assinado por:
Marcelo Souza de Andrade
(Coordenador(a))

Endereço: Avenida dos Portugueses, 1966 CEB Velho Cidade Universitária Dom Delgado
Bairro: Bacanga **CEP:** 65.080-805
UF: MA **Município:** SAO LUIS
Telefone: (66)3272-8708 **E-mail:** cepufma@ufma.br

APÊNDICES

APÊNDICE A – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE)



TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

O (a) Sr (a) está sendo convidado (a) a participar da pesquisa **"A aplicação da ergonomia cognitiva na criação de texturas bioinspiradas: análises afetivas e influências nos processos de cognição"**, cujo o pesquisador responsável é Marcelo Cássio Lima Santos, sob orientação da prof^a Dr. Ivana Marcia Oliveira Maia.

O **objetivo** da pesquisa é investigar como os princípios da ergonomia cognitiva podem ser aplicados no desenvolvimento de texturas bioinspiradas para promover uma interação mais eficiente entre superfícies e usuários, considerando os processos cognitivos e afetivos a partir de estímulos sensoriais. O (a) Sr (a) está sendo convidado porque o seu perfil se encaixa dentro dos critérios de inclusão da pesquisa, haja vista o seu interesse em frequentar este espaço público.

A sua participação é **voluntária** e a recusa em participar não acarretará em qualquer penalidade ou modificação na forma em que é atendido (a) pelo (a) pesquisador que irá tratar a sua identidade com sigilo. Você não será identificado (a) em nenhuma publicação.

Você tem plena liberdade de recusar-se a participar ou retirar seu consentimento, em qualquer fase da pesquisa, sem penalização alguma. **Caso aceite, sua participação consiste em preencher os dados solicitados referentes as perguntas.**

Asseguramos a **confidencialidade** e a **privacidade**, a **proteção da imagem** e a não estigmatização dos participantes da pesquisa, garantindo a não utilização das informações em prejuízo das pessoas e/ou das comunidades, inclusive em termos de autoestima, de prestígio e/ou de aspectos econômico-financeiros.

Não existe benefício ou vantagem direta em participar do estudo. Porém os benefícios e vantagens indiretos consistem em contribuir para pesquisas na área do design. **Você não terá despesas**, bem como nada a ser pago e terá direito a indenização diante de eventuais danos decorrentes da pesquisa.

O(A) Sr(a). pode entrar em contato com o (a) pesquisador (a) responsável a qualquer tempo para informação adicional no e-mail marcelo.cassio@discente.ufma.br ou pelo telefone **98982078513** ou ainda no endereço campus universitário, 1966, Centro de Ciências Exatas e tecnologia (CCET), bloco 06, sala 216, São Luís-MA. O(A) Sr(a). também pode entrar em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa da UFMA, Endereço O CEP/UFMA está localizado no Prédio CEB Velho, em frente ao Auditório Sérgio Ferretti. E-mail: cepufma@ufma.br. Telefone: 3272-8708. E com a Comissão Nacional de Ética em Pesquisa (CONEP), quando pertinente.

Você concorda em participar da pesquisa?

- (☐) SIM
(☐) NÃO

Belo Horizonte, _____ de _____ de _____

Marcelo Cássio Lima Santos

APÊNDICE B - Protocolo de Caracterização dos Participantes



PPGDg UFMA
Programa de
Pós-graduação
em Design

UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
Fundação Federal do Estado do Maranhão - São Luís - Pesquisa
Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas
Programa de Pós-graduação em Design



Pesquisa: A aplicação da Ergonomia Cognitiva na criação de texturas bioinspiradas: análises afetivas e influência nos processos de cognição.

Entrevista – Identificação pessoal

Dados pessoais

1 – Idade: _____

2 – Gênero:

() Masculino () Feminino () Prefiro não dizer () Outro: _____

3 - Formação

Possui qual escolaridade

() Ensino fundamental – Incompleto

() Ensino fundamental - Completo

() Ensino Médio - incompleto

() Ensino Médio - completo

() Graduação - incompleto

() Graduação - completo

() Pós-Graduação - incompleto

() Pós-Graduação - completo

APÊNDICE C - Protocolo de Diferencial Semântico (DS)



PPGDg UFMA
Programa de
Pós-Graduação
em Design

UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
Fundação Instituto Nacional de 10.11.1962 de 2010/1000 - São Luís - Maranhão
Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas
Programa de Pós-Graduação em Design



Pesquisa: A aplicação da Ergonomia Cognitiva na criação de texturas bioinspiradas: análises afetivas e influência nos processos de cognição.

Avaliação da percepção afetiva e cognitiva de produto

OBSERVE E INTERAJA COM A AMOSTRA: _____

Para cada par de palavras abaixo, assinale com um X somente um ponto da escala que se aproxima de sua opinião sobre o padrão de textura do produto apresentado.

Considere que quanto mais próximo de um dos adjetivos, maior concordância haverá com o significado dele. Quanto mais distante, menor concordância.

	2	1	0	1	2	
☐	☐	☐	☐	☐	☐	
SIMPLES						COMPLEXO
HOSTIL						AMIGÁVEL
ORNAMENTAL						FUNCIONAL
INDECIFRÁVEL						NÍTIDO
BONITO						FEIO
DESORGANIZADO						ORGANIZADO
ATRATIVO						REPULSIVO
MONÓTONO						VIBRANTE
ALEGRE						TRISTE
COMUM						EXCLUSIVO
ALTERNATIVO						CLÁSSICO
ARTIFICIAL						NATURALISTA
	2	1	0	1	2	☐

APÊNDICE D – Protocolo NASA-TLX Adaptado



PPGDg UFMA
Programa de Pós-graduação
em Design

UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
Fundação Instituto Tecnológico da UFMA - São Luís - Maranhão
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS
Programa de Pós-graduação em Design



Pesquisa: A aplicação da Ergonomia Cognitiva na criação de texturas bioinspiradas: análises afetivas e influência nos processos de cognição.

Avaliação da Carga de Trabalho Mental

OBSERVE E INTERAJA COM A AMOSTRA: _____

A avaliação que você está prestes a realizar é uma técnica desenvolvida pela NASA adaptada para esta pesquisa.

Marque um X na escala que representa a magnitude da sua percepção a cada pergunta.

1 - DEMANDA VISUAL: Quanto de atividade visual foi exigida para compreender e interpretar as informações dispostas na textura? (A tarefa de observação foi fácil, difícil, simples, complexa, de alta ou baixa exigência?)

MUITO BAIXA	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	MUITO ALTA
----------------	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----	---------------

2 - DEMANDA TÁTIL: Quanto de atividade tátil foi exigida? (A tarefa de observação possibilitou a minha aproximação ou distanciamento da sensação de toque na textura?)

MUITO BAIXA	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	MUITO ALTA
----------------	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----	---------------

3 - DEMANDA TEMPORAL: Quanto de tempo foi necessário para compreender e interpretar as informações dispostas na textura?

MUITO BAIXA	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	MUITO ALTA
----------------	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----	---------------

4 - DESEMPENHO: Quanto você ficou satisfeito (a) com a sua compreensão e interpretação da textura? (fique atento aos extremos da escala)

ÓTIMO	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	RUIM
-------	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----	------

5 - FRUSTRAÇÃO: Quanto de desânimo, irritação, estresse ou aborrecimento você teve ao observar a textura?

MUITO BAIXA	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	MUITO ALTA
----------------	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----	---------------

6 – Circule qual fator foi decisivo para a sua análise.

Demanda
Visual

Demanda
Tátil

Demanda
Temporal

Desempenho

Frustração

APÊNDICE E – Protocolo de Comparação e Avaliação Geral



PPGDg UFMA
Programa de
Pós-Graduação
em Design

UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
Fundada no dia 10 de maio de 1958 - São Luís - Maranhão
Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas
Programa de Pós-Graduação em Design



Pesquisa: A aplicação da Ergonomia Cognitiva na criação de texturas bioinspiradas: análises afetivas e influência nos processos de cognição.

Protocolo de comparação e avaliação geral

OBSERVE E INTERAJA COM AS AMOSTRAS SOB A MESA

Qual destes dois padrões você mais percebe elementos de natureza floral? Explique o porquê, por gentileza.

O que você mudaria no design das texturas? Cite pontos fortes e/ou pontos fracos, por exemplo.

Obrigado(a) por sua colaboração! Sua participação é essencial para o avanço da pesquisa.

APÊNDICE F – Análises estatísticas via Rstudio

A) Estatística descritiva dos respondentes

```
> summary(p1$Respondente)
  Min. 1st Qu.  Median    Mean 3rd Qu.    Max.
   1.0    8.0   15.5   15.5   23.0   30.0
```

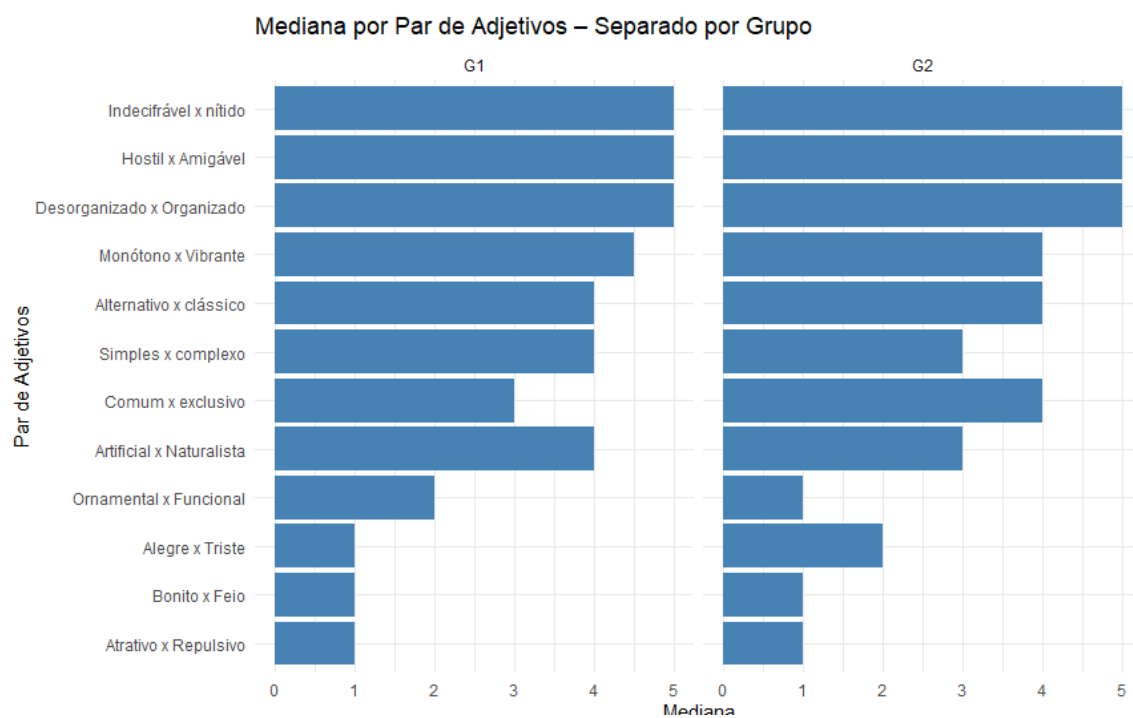
B) Agrupamento das variáveis

```
> summary(p1$escore)
  Min. 1st Qu.  Median    Mean 3rd Qu.    Max.
 1.000  1.000  3.000  3.142  5.000  5.000
> aggregate(escore ~ gupo + amostra, data = p1, FUN = mean)
  gupo amostra  escore
1  G1      A 3.094444
2  G1      B 3.222222
3  G2      C 3.133333
4  G2      D 3.116667
```

C) Mediana do par de adjetivos

	gupo	par_adjetivo	mediana_escore
1	G1	Alegre x Triste	1.0
2	G1	Alternativo x clássico	4.0
3	G1	Artificial x Naturalista	4.0
4	G1	Atrativo x Repulsivo	1.0
5	G1	Bonito x Feio	1.0
6	G1	Comum x exclusivo	3.0
7	G1	Desorganizado x Organizado	5.0
8	G1	Hostil x Amigável	5.0
9	G1	Indecifrável x nítido	5.0
10	G1	Monótono x Vibrante	4.5
11	G1	Ornamental x Funcional	2.0
12	G1	Simples x complexo	4.0
13	G2	Alegre x Triste	2.0
14	G2	Alternativo x clássico	4.0
15	G2	Artificial x Naturalista	3.0
16	G2	Atrativo x Repulsivo	1.0
17	G2	Bonito x Feio	1.0
18	G2	Comum x exclusivo	4.0
19	G2	Desorganizado x Organizado	5.0
20	G2	Hostil x Amigável	5.0
21	G2	Indecifrável x nítido	5.0
22	G2	Monótono x Vibrante	4.0
23	G2	Ornamental x Funcional	1.0
24	G2	Simples x complexo	3.0

D) Gráfico das medianas do Diferencia Semântico



E) Alpha de Cronbach para G1

```
> print(alpha_cronbach_g1)
```

reliability analysis
Call: psych::alpha(x = g1_adjetivos_escores, check.keys = TRUE)

	raw_alpha	std.alpha	G6(smc)	average_r	S/N	ase	mean	sd	median_r
	0.46	0.58	0.85	0.12	1.4	0.2	3.4	0.45	0.14

95% confidence boundaries
lower alpha upper
Feldt -0.07 0.46 0.79
Duhachek 0.06 0.46 0.85

Reliability if an item is dropped:

	raw_alpha	std.alpha	G6(smc)	average_r	S/N	alpha	se	var.r	med.r
G1_Simples x complexo-	0.32	0.48	0.83	0.094	0.93	0.26	0.079	0.096	
G1_Hostil x Amigável	0.38	0.46	0.76	0.086	0.85	0.23	0.068	0.137	
G1_Ornamental x Funcional-	0.55	0.64	0.86	0.162	1.75	0.16	0.078	0.217	
G1_Indecifrável x nítido	0.40	0.57	0.86	0.126	1.30	0.23	0.089	0.168	
G1_Desorganizado x Organizado	0.42	0.49	0.77	0.098	0.98	0.21	0.071	0.115	
G1_Monótono x vibrante	0.51	0.61	0.82	0.148	1.57	0.18	0.077	0.178	
G1_Alegre x Triste-	0.45	0.60	0.82	0.145	1.52	0.20	0.077	0.178	
G1_Comum x exclusivo-	0.55	0.63	0.86	0.160	1.71	0.16	0.079	0.193	
G1_Alternativo x clássico	0.34	0.52	0.81	0.108	1.09	0.25	0.075	0.111	
G1_Artificial x Naturalista	0.26	0.46	0.83	0.088	0.87	0.28	0.081	0.096	

Item statistics

	n	raw.r	std.r	r.cor	r.drop	mean	sd
G1_Simples x complexo-	15	0.65	0.68	0.616	0.452	2.5	1.46
G1_Hostil x Amigável	15	0.62	0.74	0.785	0.549	4.7	0.59
G1_Ornamental x Funcional-	15	0.22	0.14	0.048	-0.095	3.8	1.70
G1_Indecifrável x nítido	15	0.48	0.42	0.314	0.295	4.5	1.13
G1_Desorganizado x Organizado	15	0.51	0.64	0.686	0.456	4.9	0.35
G1_Monótono x vibrante	15	0.15	0.25	0.231	-0.086	4.0	1.25
G1_Alegre x Triste-	15	0.27	0.27	0.254	0.119	4.4	0.83
G1_Comum x exclusivo-	15	0.18	0.16	0.071	-0.123	2.8	1.61
G1_Alternativo x clássico	15	0.64	0.56	0.556	0.384	3.6	1.68
G1_Artificial x Naturalista	15	0.74	0.72	0.667	0.553	3.1	1.58

Non missing response frequency for each item

	1	2	3	4	5	miss
G1_Simples x complexo	0.13	0.13	0.13	0.27	0.33	0
G1_Hostil x Amigável	0.00	0.00	0.07	0.13	0.80	0
G1_Ornamental x Funcional	0.60	0.07	0.07	0.07	0.20	0
G1_Indecifrável x nítido	0.07	0.00	0.07	0.13	0.73	0
G1_Desorganizado x Organizado	0.00	0.00	0.00	0.13	0.87	0
G1_Monótono x vibrante	0.07	0.07	0.13	0.27	0.47	0
G1_Alegre x Triste	0.60	0.20	0.20	0.00	0.00	0
G1_Comum x exclusivo	0.20	0.20	0.13	0.13	0.33	0
G1_Alternativo x clássico	0.27	0.00	0.00	0.33	0.40	0
G1_Artificial x Naturalista	0.20	0.27	0.07	0.20	0.27	0

```
> |
```

F) Alpha de Cronbach para G2

```
>
> print(alpha_cronbach_g2)
```

Reliability analysis

Call: psych::alpha(x = g2_adjetivos_escores, check.keys = TRUE)

raw_alpha	std.alpha	G6(smc)	average_r	S/N	ase	mean	sd	median_r
0.78	0.81	0.98	0.27	4.4	0.084	3.6	0.63	0.27

95% confidence boundaries

lower alpha upper

Feldt 0.57 0.78 0.91

Duhachek 0.61 0.78 0.94

Reliability if an item is dropped:

	raw_alpha	std.alpha	G6(smc)	average_r	S/N	alpha	se	var.r	med.r
G2_Simples x complexo	0.74	0.79	0.96	0.26	3.8	0.098	0.064	0.27	
G2_Hostil x Amigável	0.76	0.80	0.96	0.27	4.0	0.089	0.059	0.26	
G2_Ornamental x Funcional	0.79	0.83	0.98	0.30	4.7	0.080	0.059	0.29	
G2_Indecifrável x nítido	0.75	0.79	0.96	0.25	3.8	0.097	0.063	0.24	
G2_Bonito x Feio-	0.75	0.78	0.96	0.25	3.6	0.093	0.052	0.24	
G2_Desorganizado x Organizado	0.77	0.79	0.96	0.26	3.8	0.087	0.058	0.27	
G2_Atrativo x Repulsivo-	0.76	0.78	0.98	0.25	3.6	0.092	0.054	0.24	
G2_Monótono x Vibrante	0.77	0.82	0.98	0.29	4.5	0.087	0.059	0.28	
G2_Alegre x Triste-	0.75	0.80	0.96	0.26	4.0	0.092	0.060	0.27	
G2_Comum x exclusivo	0.76	0.80	0.97	0.26	4.0	0.089	0.059	0.27	
G2_Alternativo x clássico-	0.78	0.82	0.98	0.30	4.6	0.081	0.060	0.28	
G2_Artificial x Naturalista	0.75	0.80	0.98	0.26	3.9	0.093	0.061	0.26	

Item statistics

	n	raw.r	std.r	r.cor	r.drop	mean	sd
G2_Simples x complexo	15	0.70	0.67	0.67	0.59	3.1	1.33
G2_Hostil x Amigável	15	0.55	0.57	0.56	0.43	4.3	1.10
G2_Ornamental x Funcional	15	0.34	0.30	0.28	0.18	1.8	1.26
G2_Indecifrável x nítido	15	0.67	0.67	0.67	0.57	4.0	1.13
G2_Bonito x Feio-	15	0.63	0.72	0.73	0.55	4.5	0.92
G2_Desorganizado x Organizado	15	0.56	0.67	0.67	0.53	4.9	0.26
G2_Atrativo x Repulsivo-	15	0.66	0.74	0.74	0.61	4.6	0.63
G2_Monótono x Vibrante	15	0.47	0.40	0.39	0.34	3.9	1.19
G2_Alegre x Triste-	15	0.61	0.59	0.59	0.49	3.5	1.30
G2_Comum x exclusivo	15	0.59	0.59	0.59	0.44	3.1	1.51
G2_Alternativo x clássico-	15	0.35	0.35	0.33	0.21	2.2	1.15
G2_Artificial x Naturalista	15	0.65	0.61	0.59	0.50	3.2	1.52

Non missing response frequency for each item

	1	2	3	4	5	miss
G2_Simples x complexo	0.13	0.27	0.13	0.33	0.13	0
G2_Hostil x Amigável	0.07	0.00	0.07	0.33	0.53	0
G2_Ornamental x Funcional	0.60	0.20	0.07	0.07	0.07	0
G2_Indecifrável x nítido	0.00	0.13	0.20	0.20	0.47	0
G2_Bonito x Feio	0.73	0.13	0.07	0.07	0.00	0
G2_Desorganizado x Organizado	0.00	0.00	0.00	0.07	0.93	0
G2_Atrativo x Repulsivo	0.67	0.27	0.07	0.00	0.00	0
G2_Monótono x Vibrante	0.07	0.07	0.13	0.40	0.33	0
G2_Alegre x Triste	0.33	0.13	0.33	0.13	0.07	0
G2_Comum x exclusivo	0.20	0.20	0.07	0.33	0.20	0
G2_Alternativo x clássico	0.07	0.07	0.13	0.47	0.27	0
G2_Artificial x Naturalista	0.20	0.13	0.20	0.20	0.27	0

```
>
```

G) Média e desvio padrão -Protocolo DS

	par_adjetivo	gupo	media_escore	sd_escore	n_observacoes
1	Alegre x Triste	G1	1.666667	0.9942363	30
2	Alegre x Triste	G2	2.366667	1.3256965	30
3	Alternativo x clássico	G1	3.566667	1.6543221	30
4	Alternativo x clássico	G2	3.966667	0.9994251	30
5	Artificial x Naturalista	G1	3.333333	1.6883645	30
6	Artificial x Naturalista	G2	3.133333	1.5024884	30
7	Atrativo x Repulsivo	G1	1.200000	0.8051558	30
8	Atrativo x Repulsivo	G2	1.533333	0.7302967	30
9	Bonito x Feio	G1	1.133333	0.7302967	30
10	Bonito x Feio	G2	1.400000	0.7239737	30
11	Comum x exclusivo	G1	3.133333	1.5477087	30
12	Comum x exclusivo	G2	3.166667	1.4162440	30
13	Desorganizado x Organizado	G1	4.800000	0.7611244	30
14	Desorganizado x Organizado	G2	4.566667	1.0400044	30
15	Hostil x Amigável	G1	4.700000	0.8366600	30
16	Hostil x Amigável	G2	4.300000	1.1188048	30
17	Indecifrável x nítido	G1	4.333333	1.3978637	30
18	Indecifrável x nítido	G2	4.166667	1.1167482	30
19	Monótono x Vibrante	G1	4.133333	1.1058881	30
20	Monótono x Vibrante	G2	3.700000	1.3683617	30
21	Ornamental x Funcional	G1	2.666667	1.8257419	30
22	Ornamental x Funcional	G2	2.133333	1.5252661	30
23	Simplex x complexo	G1	3.233333	1.6543221	30
24	Simplex x complexo	G2	3.066667	1.3879614	30

H) T-test para DS

	estimate	estimate1	estimate2	statistic	p.value	parameter	conf.low	conf.high	method	alternative	par_adjetivo	G1	G2
1	-0.7	1.666667	2.366667	-2.313717	0.02453411	53.78245	-1.306619	-0.09338061	Welch Two Sample t-test	two.sided	Alegre x Triste	1.666667	2.366667

I) Análises t-test inter-grupo para o protocolo DS

	estimate	estimate1	estimate2	statistic	p.value	parameter	conf.low	conf.high	method	alternative	par_adjetivo
1	0.1666667	3.233333	3.066667	0.42273334	0.67410011	56.29989	-0.6230373	0.95637067	Welch Two Sample t-test	two.sided	Simplex x complexo
2	0.40000000	4.700000	4.300000	1.56823594	0.12269955	53.70812	-0.1114355	0.91143551	Welch Two Sample t-test	two.sided	Hostil x Amigável
3	0.53333333	2.666667	2.133333	1.22789141	0.22460387	56.22062	-0.3366968	1.40336348	Welch Two Sample t-test	two.sided	Ornamental x Funcional
4	0.1666667	4.333333	4.166667	0.51021874	0.61192866	55.30319	-0.4878885	0.82122183	Welch Two Sample t-test	two.sided	Indecifrável x nítido
5	-0.26666667	1.133333	1.400000	-1.42034901	0.16086002	57.99561	-0.6424843	0.10915096	Welch Two Sample t-test	two.sided	Bonito x Feio
6	0.23333333	4.800000	4.566667	0.99166073	0.32585720	53.13987	-0.2385807	0.70524740	Welch Two Sample t-test	two.sided	Desorganizado x Organizado
7	-0.33333333	1.200000	1.533333	-1.67958676	0.09846819	57.45631	-0.7306773	0.06401061	Welch Two Sample t-test	two.sided	Atrativo x Repulsivo
8	0.43333333	4.133333	3.700000	1.34903797	0.18279784	55.55463	-0.2102546	1.07692128	Welch Two Sample t-test	two.sided	Monótono x Vibrante
9	-0.70000000	1.666667	2.366667	-2.31371690	0.02453411	53.78245	-1.3066194	-0.09338061	Welch Two Sample t-test	two.sided	Alegre x Triste
10	-0.03333333	3.133333	3.166667	-0.08702746	0.93095179	57.54891	-0.8001609	0.73349420	Welch Two Sample t-test	two.sided	Comum x exclusivo
11	-0.40000000	3.566667	3.966667	-1.13354448	0.26265323	47.68013	-1.1096266	0.30962660	Welch Two Sample t-test	two.sided	Alternativo x clássico
12	0.20000000	3.333333	3.133333	0.48468907	0.62974697	57.22845	-0.6262172	1.02621720	Welch Two Sample t-test	two.sided	Artificial x Naturalista

J) Estatística descritiva para NASA-TLX Adaptado

	gupo	visual	tatil	desempenho	temporal	frustacao
1	G1	0	0	0	20	0
2	G1	20	10	10	10	100
3	G1	80	70	60	60	0
4	G1	20	10	10	10	0
5	G1	50	100	0	0	0
6	G1	70	80	60	30	10
7	G1	0	20	0	10	0
8	G1	10	10	0	0	0
9	G1	50	80	0	20	0
10	G1	10	10	50	40	0
11	G1	0	20	0	10	0
12	G1	30	20	0	10	0
13	G1	20	30	10	30	10
14	G1	40	30	30	20	0
15	G1	50	80	0	90	70
16	G2	40	60	10	20	0
17	G2	60	20	10	40	100
18	G2	100	90	10	30	10
19	G2	10	0	10	0	0
20	G2	80	30	20	60	50
21	G2	30	60	40	20	0
22	G2	0	0	0	0	0
23	G2	70	80	40	90	70
24	G2	70	80	70	100	0
25	G2	10	0	30	20	0
26	G2	10	50	10	0	0
27	G2	100	50	90	100	0
28	G2	0	20	0	10	0
29	G2	80	80	30	80	30
30	G2	0	0	0	10	0

H) Análises estatísticas descritivas e inferências para NASA-TLX

Adaptado

```
> print(resumo_descritivo_numerico)
# A tibble: 10 × 8
  dimensao_tlx gupo      n media mediana desvio_padrao valor_minimo valor_maximo
  <chr>        <chr> <int> <dbl>   <dbl>         <dbl>         <dbl>         <dbl>
1 desempenho G1      15 15.3     0          22.9           0           60
2 desempenho G2      15 24.7    10          26.4           0           90
3 frustracao G1      15 12.7     0          30.1           0          100
4 frustracao G2      15 17.3     0          31.5           0          100
5 tatil      G1      15 38       20          33.6           0          100
6 tatil      G2      15 41.3    50          33.4           0           90
7 temporal   G1      15 24       20          24.1           0           90
8 temporal   G2      15 38.7    20          37.4           0          100
9 visual     G1      15 30       20          25.6           0           80
10 visual     G2      15 44       40          37.8           0          100

> print(resumo_descritivo_numerico)
# A tibble: 10 × 8
  dimensao_tlx gupo      n media mediana desvio_padrao valor_minimo valor_maximo
  <chr>        <chr> <int> <dbl>   <dbl>         <dbl>         <dbl>         <dbl>
1 desempenho G1      15 15.3     0          22.9           0           60
2 desempenho G2      15 24.7    10          26.4           0           90
3 frustracao G1      15 12.7     0          30.1           0          100
4 frustracao G2      15 17.3     0          31.5           0          100
5 tatil      G1      15 38       20          33.6           0          100
6 tatil      G2      15 41.3    50          33.4           0           90
7 temporal   G1      15 24       20          24.1           0           90
8 temporal   G2      15 38.7    20          37.4           0          100
9 visual     G1      15 30       20          25.6           0           80
10 visual     G2      15 44       40          37.8           0          100

> cat("\n")
```

Filter			
	dimensao_tlx	G1	G2
1	desempenho	15.33333	24.66667
2	frustracao	12.66667	17.33333
3	tatil	38.00000	41.33333
4	temporal	24.00000	38.66667
5	visual	30.00000	44.00000

	dimensao_tlx	statistic	p.value	estimate	media_G1	media_G2
1	temporal	-1.2762626	0.2141034	-14.666667	24.00000	38.66667
2	visual	-1.1880752	0.2461279	-14.000000	30.00000	44.00000
3	desempenho	-1.0328959	0.3106636	-9.333333	15.33333	24.66667
4	frustracao	-0.4147482	0.6814933	-4.666667	12.66667	17.33333
5	tatil	-0.2725407	0.7872063	-3.333333	38.00000	41.33333