

INFERÊNCIAS SOBRE A INSERÇÃO  
INCREMENTAL DE MODELAGEM PARAMÉTRICA  
NO PROCESSO DE PROJETO EM ARQUITETURA  
COM ABORDAGEM BIOMIMÉTICA:  
Cognição e Forma

ÁGABO CARVALHO SILVA  
Uberlândia, 2020





UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo – Mestrado Acadêmico FAUeD – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo e Design

**INFERÊNCIAS SOBRE A INSERÇÃO INCREMENTAL DE MODELAGEM PARAMÉTRICA NO PROCESSO DE PROJETO EM ARQUITETURA COM ABORDAGEM BIOMIMÉTICA: Cognição e Forma**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Uberlândia, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Arquitetura e Urbanismo.

Área de Concentração: Produção do espaço: processos urbanos, projeto e tecnologia

**Ágabo Carvalho Silva**

Orientador: Dr. André Luís de Araujo

Ficha Catalográfica Online do Sistema de Bibliotecas da UFU  
com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

S586 2020	<p>Silva, Ágabo Carvalho, 1994- INFERÊNCIAS SOBRE A INSERÇÃO INCREMENTAL DE MODELAGEM PARAMÉTRICA NO PROCESSO DE PROJETO EM ARQUITETURA COM ABORDAGEM BIOMIMÉTICA [recurso eletrônico] : Cognição e Forma / Ágabo Carvalho Silva. - 2020.</p> <p>Orientador: André Luís de Araujo. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia, Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo. Modo de acesso: Internet. Disponível em: <a href="http://doi.org/10.14393/ufu.di.2020.824">http://doi.org/10.14393/ufu.di.2020.824</a> Inclui bibliografia.</p> <p>1. Arquitetura. I. Araujo, André Luís de, 1981-, (Orient.). II. Universidade Federal de Uberlândia. Pós- graduação em Arquitetura e Urbanismo. III. Título.</p> <p style="text-align: right;">CDU: 72</p>
--------------	--

Bibliotecários responsáveis pela estrutura de acordo com o AACR2:

Gizele Cristine Nunes do Couto - CRB6/2091

10/12/2020

SEI - Documento para Assinatura

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA**  
 Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo  
 Av. João Naves de Ávila, 2121, Bloco 11, Sala 234 - Bairro Santa Mônica, Uberlândia-MG, CEP 38400-902  
 Telefone: (34) 3239-4433 - www.ppgau.faued.ufu.br - coord.ppgau@faued.ufu.br



### ATA DE DEFESA - PÓS-GRADUAÇÃO

Programa de Pós-Graduação em:	Arquitetura e Urbanismo				
Defesa de:	Dissertação de Mestrado Acadêmico PPGAU				
Data:	doze de novembro de 2020	Hora de início:	16:00	Hora de encerramento:	18:30
Matrícula do Discente:	11822ARQ002				
Nome do Discente:	Ágabo Carvalho Silva				
Título do Trabalho:	INFERÊNCIAS DA INSERÇÃO INCREMENTAL DE MODELAGEM PARAMÉTRICA NO PROCESSO DE PROJETO EM ARQUITETURA COM ABORDAGENS DA BIOMINÉTICA: Cognição e Forma.				
Área de concentração:	Projeto, Espaço e Cultura				
Linha de pesquisa:	Produção do espaço: processos urbanos, projeto e tecnologia.				
Projeto de Pesquisa de vinculação:	Automatização De Processos Projetuais Em Arquitetura E Urbanismo: Prática E Reflexão				

Reuniu-se em web conferência pela plataforma Mconf-RNP, em conformidade com a PORTARIA nº 36, de 19 de março de 2020 da COORDENAÇÃO DE APERFEIÇOAMENTO DE PESSOAL DE NÍVEL SUPERIOR - CAPES, pela Universidade Federal de Uberlândia, a Banca Examinadora, designada pelo Colegiado do Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo, assim composta: Professores Doutores: Fábio Ferreira de Lima - UFG; Viviane dos Guimarães Alvim Nunes - PPGAU/UFU e André Luis de Araujo - PPGAU/UFU orientador(a) do(a) candidato(a).

Iniciando os trabalhos o(a) presidente da mesa, Dr(a). André Luis de Araujo, apresentou a Comissão Examinadora e o candidato(a), agradeceu a presença do público, e concedeu ao Discente a palavra para a exposição do seu trabalho. A duração da apresentação da Discente e o tempo de arguição e resposta foram conforme as normas do Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo.

A seguir o senhor(a) presidente concedeu a palavra, pela ordem sucessivamente, aos(às) examinadores(as), que passaram a arguir o(a) candidato(a). Ultimada a arguição, que se desenvolveu dentro dos termos regimentais, a Banca, em sessão secreta, atribuiu o resultado final, considerando o(a) candidato(a):

Aprovado(a).

Esta defesa faz parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre.

O competente diploma será expedido após cumprimento dos demais requisitos, conforme as normas do Programa, a legislação pertinente e a regulamentação interna da UFU.

10/12/2020

SEI - Documento para Assinatura

Nada mais havendo a tratar foram encerrados os trabalhos. Foi lavrada a presente ata que após lida e achada conforme foi assinada pela Banca Examinadora.



Documento assinado eletronicamente por **Andre Luis de Araujo, Professor(a) do Magistério Superior**, em 18/11/2020, às 11:07, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Viviane dos Guimarães Alvim Nunes, Professor(a) do Magistério Superior**, em 18/11/2020, às 11:25, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Fábio Ferreira de Lima, Usuário Externo**, em 18/11/2020, às 13:47, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Ágabo Carvalho Silva, Usuário Externo**, em 18/11/2020, às 19:09, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://www.sei.ufu.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://www.sei.ufu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador 2386856 e o código CRC 93AC5B87.

## DEDICATÓRIA

*Dedico esse trabalho à Deus, pois em suas infinitas formas, foi graças ao seu apoio, vivenciado em diferentes etapas da pesquisa, que fui capaz de sempre seguir adiante e nunca desistir dos meus sonhos.*

*Dedico também a meus pais, Ronaldo Sousa da Silva e Ávila Maria Carvalho Silva, que desde sempre me incentivaram a estudar e me forneceram os auxílios necessários para que eu pudesse concretizá-los.*

*Por fim, dedico à Flávia Ballerini (In memoriam), que participou como coorientadora no início do trabalho, trazendo reflexões e inquietações que foram de fundamental importância para a pesquisa desenvolvida*

## AGRADECIMENTOS

A presente dissertação não poderia ser concluída sem o imenso apoio de grandes pessoas que caminharam comigo em toda a minha trajetória.

Agradeço ao meu orientador, Professor e Dr. André Luís de Araujo, que com todo seu conhecimento e entusiasmo pela tecnologia e pesquisa científica, forneceu e incentivou a execução deste trabalho de forma que pudesse ter seus resultados extraídos da melhor forma possível.

De forma igual, também agradeço a Universidade Federal de Uberlândia, que constituiu para nós do programa de pós graduação, recursos e perspectivas que visassem a realização dos trabalhos, da forma mais flexível possível, especialmente se considerarmos o período pandêmico vivenciado neste período.

Muito obrigado, Thiago Silva, aluno do curso de Arquitetura e Urbanismo da FAUeD na Universidade

Federal de Uberlândia, que graças a seu suporte, tanto dentro quanto fora do núcleo de pesquisa (Informa3D), possibilitou a realização do experimento através de sua participação e conhecimentos compartilhados no workshop realizado.

Também agradeço a todos os participantes, que de diferentes faculdades e lugares se disponibilizaram para participar do experimento e contribuir com a pesquisa. A Turma do PPGAU, que em diversos momentos se fez presente compartilhando experiências e auxiliando de forma colaborativa nas demandas que se fizeram necessárias.

Por fim, quero agradecer a todos da minha família, em especial meus pais e minha avó Arlete, e aos meus amigos (Adalberto, Juliana, Jhonatas Felliipe, Marcelle, Haroldo, Isabel e Matheus Pires). Sem o apoio de vocês eu não teria conseguido. Muito obrigado!

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Diagrama Estrutural.....	22
<b>Figura 2:</b> Diagrama sobre o Processo do Pensamento .....	31
<b>Figura 3:</b> Padrões de pensamento segundo Guilford .....	32
<b>Figura 4:</b> Traços característicos definidos por estudos de Guilford (1968) dentro do pensamento criativo .....	33
<b>Figura 5:</b> Exemplo de métodos de estímulo à criatividade em processos para a criação. ....	34
<b>Figura 6:</b> Diagrama sobre o ciclo de avaliação e reflexão dos processos cognitivos e métodos em processo de projeto .....	35
<b>Figura 7:</b> Diagrama esquemático das habilidades intelectuais segundo os principais autores que estudam a ciência cognitiva no processo de projeto.....	38
<b>Figura 8:</b> Técnicas de auxílio às habilidades do processo de projeto. ....	39
<b>Figura 9:</b> Museu de Guggenheim de Bilbao por Frank Gehry em 1997.....	43
<b>Figura 10:</b> Embryological House de 1998-99 por Greg Lynn .....	47
<b>Figura 11:</b> Sistematização do Processo de Modelagem Paramétrica utilizando-se Rhinoceros3D e Grasshopper .....	52
<b>Figura 12:</b> Principais algoritmos utilizados na arquitetura digital .....	54
<b>Figura 13:</b> Sínteses e Análises Diversas de estudo da casca de um fruto .....	56
<b>Figura 14:</b> Análise de forma e elementos estruturantes da Libélula. Resultado de análise biônica do experimento desta pesquisa. ....	57
<b>Figura 15:</b> Museu de Arte de Milwaukee, do Arquiteto Santiago Calatrava, com inspiração no abrir e fechar das asas de um pássaro. ....	60
<b>Figura 16:</b> Algoritmo descrito em programação textual (Design Script) e programação visual (DynamoBIM) .....	62
<b>Figura 17:</b> Modelos de estações e abrigos de VLT produzidos na disciplina de Projeto 3 no IAUSP – SP sob orientações dos professores Marcelo Tramontano e Renato Anelli no ano de 2014.....	67
<b>Figura 18:</b> Diagrama dos procedimentos metodológicos da pesquisa .....	73
<b>Figura 19:</b> Diagrama da estruturação dos procedimentos metodológicos com a descrição dos eixos temáticos abordados no questionário .....	74
<b>Figura 20:</b> Folder de Divulgação do Workshop .....	75
<b>Figura 21:</b> Colagem Experiencial com base na Obra Contemporânea de seis Arquitetos com destaque na arquitetura .....	79
<b>Figura 22:</b> Avaliação de afinidade conceitual e estética das obras apresentadas na colagem experiencial do primeiro dia de Workshop .....	80
<b>Figura 23:</b> Avaliação de afinidade conceitual e estética das obras apresentadas na colagem experiencial do primeiro dia de Workshop .....	82
<b>Figura 24:</b> Avaliação de afinidade conceitual e estética das obras apresentadas na colagem experiencial do primeiro dia de Workshop .....	83



<b>Figura 25:</b> Avaliação de Conhecimento e Habilidade de Ferramentas de representação e criação em processos de projeto .....	86
<b>Figura 26:</b> Parte de Exposição teórico/prática das duas fases do experimento. ....	88
<b>Figura 27:</b> Resultado de exercício de projeto de aluno X na primeira etapa do experimento .....	90
<b>Figura 28:</b> Avaliação de Afinidade das Ferramentas de representação e criação em processos de projeto .....	91
<b>Figura 29:</b> Avaliação de Afinidade das Ferramentas de representação e criação em processos de projeto.....	92
<b>Figura 30:</b> Avaliação da satisfação com o processo social cognitivo de projeto em relação as ferramentas de criação e representação .....	93
<b>Figura 31:</b> Processo Formal com análise biônica da Babosa – 1ª etapa.....	95
<b>Figura 32:</b> Processo Formal com análise biônica da Babosa – 1ª etapa.....	96
<b>Figura 33:</b> Processo Formal com análise biônica da Babosa – 2ª etapa.....	97
<b>Figura 34:</b> Avaliação quanto as possibilidades do uso do design computacional .....	97
<b>Figura 35:</b> Avaliação das possibilidades da biomimética com o método tradicional e o método com design computacional .....	98
<b>Figura 36:</b> Autoavaliação de capacidade criativa.....	100
<b>Figura 37:</b> Autoavaliação da capacidade de formular diferentes respostas em fases criativas do processo de projeto .....	101
<b>Figura 38:</b> Avaliação de flexibilidade de mudanças de ideias em fases criativas do processo de projeto .....	101
<b>Figura 39:</b> Avaliação da influência da faculdade/professor no processo criativo/projeto .....	102
<b>Figura 40:</b> Avaliação da influência de experiências pessoais externas à faculdade no processo de projeto .....	104
<b>Figura 41:</b> Avaliação da relevância de aspectos de impacto e representação nas fases criativas de projeto .....	105
<b>Figura 42:</b> Análise biônica da Mexerica na primeira etapa do experimento .....	107
<b>Figura 43:</b> Protótipo de Pavilhão com base na análise biônica da Mexerica na primeira etapa do experimento .....	108
<b>Figura 44:</b> Protótipo de Pavilhão com base na análise biônica da Mexerica na primeira etapa do experimento utilizando o grasshopper e o plugin Lunchbox .....	109
<b>Figura 45:</b> Protótipo de Pavilhão com base na análise biônica da Mexerica na primeira etapa do experimento – vistas e perspectivas .....	110
<b>Figura 46:</b> Avaliação da relação de criatividade nas fases do processo de projeto no que se refere à capacidade de respostas criativas mediante os métodos.....	111
<b>Figura 47:</b> Avaliação ferramentas indispensáveis para o processo de criação. ....	113
<b>Figura 48:</b> Avaliação de relação de compreensibilidade pelas ferramentas de representação e criação no processo de decisão projetual .....	114
<b>Figura 49:</b> Avaliação da complexidade de aprendizado das ferramentas de representação e criação para o processo de decisão projetual, realizado antes da experiência nas duas etapas. ....	115
<b>Figura 50:</b> Avaliação da relação de complexidade de aprendizado da modelagem paramétrica com rhinoceros 3D e grasshopper/lunchbox .....	116
<b>Figura 51:</b> Proposta de Abrigo para passageiros de Ônibus de aluno do Grupo 1. Proposta com inspiração na Análise Biônica do Tomate .....	117

**Figura 52:** Proposta de Abrigo para passageiros de Ônibus de aluno do Grupo 2. Proposta com inspiração na Análise Biônica da flor de hibi sco ..... 120

**Figura 53:** Volumetria proposta na primeira etapa por aluno do grupo 2, com proposta em análise biônica da Flor de Hibisco. .... 121

**Figura 54:** Proposta de Abrigo para passageiros de Ônibus de aluno do Grupo 2. Proposta com inspiração na Análise Biônica da Flor de Hi bisco na 2ª etapa. .... 122

**Figura 55:** Avaliação da capacidade de respostas projetuais em relação às ferramentas e métodos utilizados considerando tempo e produção. .... 124

**Figura 56:** Avaliação de adequação de escala e do tempo de atividade em relação aos métodos e ferramentas. .... 125

**LISTA DE TABELA**

**Tabela 1:** Teorias sobre criatividades apresentadas por Kneller em 1978 .....29

**Tabela 2:** Abordagens para o estudo da criatividade .....30

# SUMÁRIO

DEDICATÓRIA .....	6
AGRADECIMENTOS .....	7
LISTA DE FIGURAS .....	8
LISTA DE TABELA .....	10
RESUMO .....	14
ABSTRACT .....	15
.....	16
1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA.....	16
1.2 OBJETIVOS.....	21
1.2.1 Objetivo Geral.....	21
1.2.2 Objetivos Específicos .....	21
1.3 ESTRUTURAÇÃO DA DISSERTAÇÃO .....	22
2. PROCESSO DE PROJETO EM ARQUITETURA: Construção social e cognitiva frente às diferentes abordagens .....	23
2.1 O PROCESSO DE PROJETO E A CRIATIVIDADE .....	24
2.2 O PROCESSO SOCIAL E COGNITIVO DE PROJETO E AS TRANSFORMAÇÕES TECNOLÓGICAS CONTEXTUALIZADA ÀS NOVAS ABORDAGENS FORMAIS.....	36

2.2.1 Arquitetura Digital: Introdução ao pensamento relacional contemporâneo .....	40
2.2.2 O Parametricismo na discussão do estilo em processos contemporâneos de projeto .....	44
<b>3. MODELAGEM PARAMÉTRICA, ABORDAGENS CONTEXTUALIZADAS E APROXIMAÇÕES COM A PRÁTICA PROJETUAL .....</b>	<b>50</b>
3.1 MODELAGEM PARAMÉTRICA NA ARQUITETURA: FORMAÇÃO E FUNDAMENTOS .....	51
3.2 BIOMIMÉTICA COMO ABORDAGEM TECTÔNICA PARA O PROCESSO DE PROJETO: práticas híbridas e aproximações com métodos digitais .....	55
3.3.1 Biomimética e Arquitetura .....	58
3.3 COGNIÇÃO EM PROGRAMAÇÃO DE PROJETO .....	61
3.4 EXPERIÊNCIAS COM DESIGN COMPUTACIONAL NO ENSINO DE ARQUITETURA NO BRASIL .....	65
<b>4. MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>69</b>
4.1 O WORKSHOP – ARQUITETURA BIOMIMÉTICA: INFERÊNCIAS SOBRE A INSERÇÃO INCREMENTAL DA MODELAGEM PARAMÉTRICA .....	75
<b>5. EXPERIMENTO PEDAGÓGICO, DADOS COLETADOS E ANÁLISE DOS RESULTADOS .....</b>	<b>77</b>
5.1 COLAGEM EXPERIENCIAL .....	78
5.2 RESULTADOS DA APLICAÇÃO DOS QUESTIONÁRIOS ESTRUTURADOS POR EIXOS TEMÁTICOS .....	85
5.2.1 Relação de Usabilidade das Ferramentas de Representação e Criação no Processo de Projeto .....	86
5.2.2 Relação de Criatividade e Fases do Processo de Projeto .....	99
5.2.3 Relação de Cognição e Decisão .....	112
5.2.4 Relação de Produção e Tempo .....	124

6. CONCLUSÃO .....	127
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	132
ANEXOS.....	138
Termo de Consentimento Livre e Esclarecido da Pesquisa .....	138
APÊNDICES.....	139
QUESTIONÁRIO 1ª ETAPA DO EXPERIMENTO.....	139
QUESTIONÁRIO 2ª ETAPA DO EXPERIMENTO.....	144

## RESUMO

O processo de projeto em arquitetura é considerado por muitos autores (FABRICIO e MOREIRA, 2011; KOWALTOWSKI et al. 2011) como algo complexo de ser compreendido e com variáveis difíceis de serem medidas do ponto de vista das decisões, tendo em vista as relações subjetivas frente a padrões e normas instituídas por procedimentos adotados no decorrer do tempo. Com o desenvolvimento de tecnologias digitais e as possibilidades de exploração projetual com abordagens mais integradas ao meio natural, especialmente no campo da arquitetura, desenvolveram-se novas formas de se projetar e conceber objetos, que até então, pela ausência de ferramentas adequadas, eram limitadas ou impensáveis. Neste contexto, destacam-se a utilização da modelagem paramétrica e a biomimética, como instrumentos capazes de dirigir uma inovação, sejam na proposição de novos processos criativos, sejam no controle de estruturas e informação documental de projeto. Entretanto, sua difusão de maneira mais ampla com a incorporação de processos híbridos, tem encontrado algumas dificuldades, haja vista a ausência de instrução computacional entre profissionais, além de uma ausência de epistemologia sobre o real potencial dos computadores enquanto ferramenta criativa (TERZIDIS, 2006). Esta ausência de um tratado sobre as capacidades e os viesamentos produzidos pelo uso da computação pode ser entendida como uma lacuna ainda não completamente preenchida no Design Computacional, uma vez que não se tem clareza sobre os reais impactos para a prática de projeto. A presente pesquisa propõe uma abordagem qualitativa e experimental, a fim de elucidar questões específicas do processo de aprendizagem de projeto com uma experiência desenvolvida em duas etapas e com dois grupos diferentes. Combinou-se uma revisão de literatura dirigida e um experimento didático, que discute e compara aspectos correlacionados sobre o uso de estratégias tradicionais e digitais para projeto, sendo este último com ênfase em métodos que integrem arquitetura paramétrica e biomimética. Verificou-se que há uma propensão para a utilização híbrida (ferramentas manuais e digitais) das ferramentas de suporte ao projeto, e que a modelagem paramétrica se mostrou um importante recurso de apoio na proposição de alternativas ou soluções diferentes se considerado o aspecto formal. As barreiras cognitivas em relação à limitação de expressão e representação para o processo de projeto, foi uma variante que se mostrou desafiante do ponto de vista de implementação, seja pelo contexto de formação, seja pelo contexto de prática profissional. Todavia, com perspectivas promissoras para na melhoria e na inovação em processos criativos, se evidenciando como uma área com necessidade de mais investigações.

**Palavras - Chave:** Processo de Projeto, Modelagem Paramétrica, Biomimética, Ensino de Arquitetura.

## ABSTRACT

The design process in architecture is considered by many authors (FABRICIO and MOREIRA, 2011; KOWALTOWSKI et al. 2011) as something complex to be understood and with variables that are difficult to measure from the point of view of decisions, in view of subjective relations against standards and norms instituted by procedures adopted over time. With the development of digital technologies and the possibilities of design exploration with more integrated approaches to the natural environment, especially in the field of architecture, new ways of designing and conceiving objects were developed, which until then, due to the lack of adequate tools, were limited or unthinkable. In this context, we highlight the use of parametric modeling and biomimetics, as instruments capable of driving an innovation, whether in proposing new creative processes, or in the control of structures and documentary design information. However, its wider dissemination with the incorporation of hybrid processes, has encountered some difficulties, given the lack of computational instruction among professionals, in addition to an absence of epistemology about the real potential of computers as a creative tool (TERZIDIS, 2006) . This absence of a treaty on the capacities and biases produced by the use of computing can be understood as a gap not yet completely filled in Computational Design, since there is no clarity about the real impacts for the design practice. This research proposes a qualitative and experimental approach, in order to elucidate specific questions of the project learning process with an experience developed in two stages and with two different groups. A directed literature review and a didactic experiment were combined, which discusses and compares correlated aspects about the use of traditional and digital design strategies, the latter with an emphasis on methods that integrate parametric and biomimetic architecture. It was found that there is a propensity for the hybrid use (manual and digital tools) of the tools to support the project, and that parametric modeling proved to be an important support resource in proposing different alternatives or solutions if considering the formal aspect. The cognitive barriers in relation to the limitation of expression and representation for the design process, was a variant that proved challenging from the point of view of implementation, either by the context of training, or by the context of professional practice. However, with promising prospects for improvement and innovation in creative processes, showing itself as an area in need of further investigation.

**Keywords:** Design Process, Parametric Modeling, Biomimetics, Architecture Teaching.

# 1 ■ INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA





A discussão que norteia o objeto deste estudo surge a partir da reflexão sobre o cenário atual de formação em arquitetura e urbanismo e seus desafios no que se refere aos processos de projeto frente a tecnologia. O trabalho é fruto de estudo desenvolvido para o programa de pós graduação em arquitetura e urbanismo e se insere na linha de pesquisa 2, que tem como foco a Produção do espaço: processos urbanos, projeto e tecnologia. Dentro disso, busca-se compreender as mudanças que as mesmas têm produzido no diálogo entre possibilidades mais sustentáveis na composição e produção arquitetônica, com estratégias combinadas em experimentações que considerem uma conexão esses dois elementos e a era digital.

Do ponto de vista histórico, a tecnologia tem sido base de catalisação de novas ideias na arquitetura (KLINGER, 2007), modificando e transformando os processos de concepção das construções em diversas escalas sob os diferentes e cenários cada vez mais complexos. Um exemplo disso, são os desenhos bidimensionais, outrora meios de representação e comunicação em arquitetura, e que, atualmente, não se

constituem como opções exclusivas de compreensão espacial, tanto para estágios criativos quanto na documentação de projeto. Com o suporte tecnológico, a representação tridimensional e a prototipagem física e/ou digital, aprimoraram de modo significativo essa comunicação, além de ampliar as noções de dimensão, escala e articulação dos componentes materiais. Componentes estes inerentes às concepções que visam a construtibilidade e cuja representação bidimensional, se mostrando insuficiente para à devida compreensão.

Na última década, o uso crescente de modelagem paramétrica e prototipagem digital tem contribuído significativamente às transformações dos processos criativos de projeto e engendrado novas formas e possibilidades de se materializar e construir um objeto (PUPO, e CELANI, 2008). Para muitos projetistas, alguns métodos de geração da forma a partir de algoritmos podem ser vistos como incompatíveis com a prática do arquiteto, principalmente no que se refere a termos, conceitos e processos, o que não exclui as limitações e dificuldades em métodos atuais. Por outro lado, grande parte deles admitem que estes processos carecem ser mais

explorados, testados e desenvolvidos em ambientes de coexistência de fundamentos tradicionais e ambientes digitais. Na contramão disso, o que ocorre segundo Terzidis (2006, p. 39-40), é a utilização do computador como ferramenta de promoção para formas estranhas, de modo que suas referências, seus processos e suas funções, enquanto concepção têm, na maioria das vezes, um julgamento limitado à sua aparência.

Experiências e estudos relacionados ao uso destas ferramentas em processos contemporâneos de projeto tem encontrado espaço de desenvolvimento, principalmente por meio dos laboratórios de fabricação digital. Em 2015, um mapeamento feito na América do Sul por Sperling et al. (2015), com o objetivo de delinear o estado da arte sobre a fabricação digital nestes países, apontou que os mesmos se organizam segundo duas linhas distintas: 1) atuação focada em desenvolvimento tecnológico; 2) atuação direcionada ao desenvolvimento social e ambiental. De um total de 240 laboratórios cadastrados em uma plataforma integrada, o Brasil

possuía 22, cujas ações voltadas para a área de Arquitetura estão concentradas em Instituições de ensino superior.

O crescimento exponencial dessas estruturas nos centros de ensino, principalmente na região sudeste do país (SPERLING et al. 2015), possuem linhas de pesquisa incorporadas ao desenvolvimento tecnológico e sustentável da Arquitetura. Além disso, também desenvolvem atividades transdisciplinares de pequena e grande escala, além de projetos voltados à extensão universitária utilizando-se de cursos, workshops, eventos e exposições para sua implementação.

Dentro desta abordagem sustentável pela qual se insere a implantação dos laboratórios e da própria da tecnologia em práticas novas de projeto, destaca-se a utilização cada vez mais frequente de estratégias experimentais que integrem tais recursos à imitação de comportamentos naturais (HSUAN-NA, 2018). A biomimética como um conceito relativamente novo, embora praticada já há muitos anos, tem representado um grande potencial de contextualização as formas e complexidades da arquitetura digital que se emerge.

Todavia, é importante evidenciar que embora essas transformações estejam diretamente ligadas aos processos de inovação, sua difusão mais ampla tem encontrado dificuldades, uma vez que a ausência de instrução de arquitetos e professores ainda é insuficiente e demandam um tempo de transição. Além do mais, a produção literária ainda necessita explicitar, com maior clareza, como a utilização dos computadores pode ser de fato benéfica enquanto ferramenta criativa de projeto. (TERZIDIS, 2006).

Atualmente, mesmo em universidades cuja modelagem paramétrica e a prototipagem digital são mais amplamente difundidas, existem inúmeras discussões sobre os impactos da mesma na proposição de respostas aos problemas do ensino de projeto. Portanto, algumas questões passíveis de investigação foram elencadas como norteadoras para a presente pesquisa. O uso dessas ferramentas (modelagem paramétrica e prototipagem digital):

a) Altera a percepção individual do estudante sobre o raciocínio espacial de um objeto?

b) É capaz de ampliar ou alterar o repertório já estabelecido em um processo tradicional?

c) Encontra dificuldades de implantação no ensino enquanto abordagem cognitiva (aprendizado do software, interfaces e ferramentas específicas)?

Partindo-se disso, esta pesquisa procura investigar os impactos que o uso de algumas estratégias do Design Computacional proporciona no processo de projeto, associados a biomimética.

Como metodologia, utilizou-se de redução qualitativa e experimental, organizada em duas fases, combinando uma revisão de literatura especializada (GIL, 2008) e um experimento pedagógico (GROAT e WANG, 2013), cujo qual foi realizado por meio de um workshop com dois grupos de estudantes de arquitetura e urbanismo (grupo 1 – alunos do 1º ao 5º período e; grupo 2 – alunos do 6º ao 10º período). Em ambas as fases, o trabalho utiliza abordagem da análise biônica incorporada tanto pelo uso de ferramentas tradicionais quanto de ferramentas digitais.

Desta forma, foi possível conjecturar relações e compreendê-las, ainda que numa amostra reduzida, os impactos frente a aspectos como decisão e cognição sobre o partido arquitetônico e a estruturação da criatividade contextualizada ao seu ensino. A dissertação, além de introdução (capítulo 1), se estrutura em outros cinco capítulos.

O capítulo dois, subsidia as outras etapas da pesquisa com conceitos gerais sobre o tema no contexto do processo de projeto e os aspectos que o compõe, com ênfase especial nas discussões sobre a criatividade e a cognição. Além disso, apresentam-se autores que abordam o assunto sob uma perspectiva histórica na teoria e crítica da Arquitetura, e seus desdobramentos até a difusão da modelagem paramétrica e da

prototipagem digital como métodos de exploração e investigação formal.

No capítulo três, também de natureza teórica, apresenta-se uma revisão de literatura sobre a tecnologia aplicada à produção de projetos arquitetônicos e o conceito de biomimética. É dada ênfase nos tópicos que estruturam o eixo temático do experimento proposto.

O capítulo quatro explica os materiais e os métodos que serão utilizados, seguido do capítulo cinco, que apresenta o experimento utilizado como parte da metodologia adotada para a verificação e análise dos resultados. E por fim, a conclusão da pesquisa com o referencial bibliográfico utilizado.

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo Geral

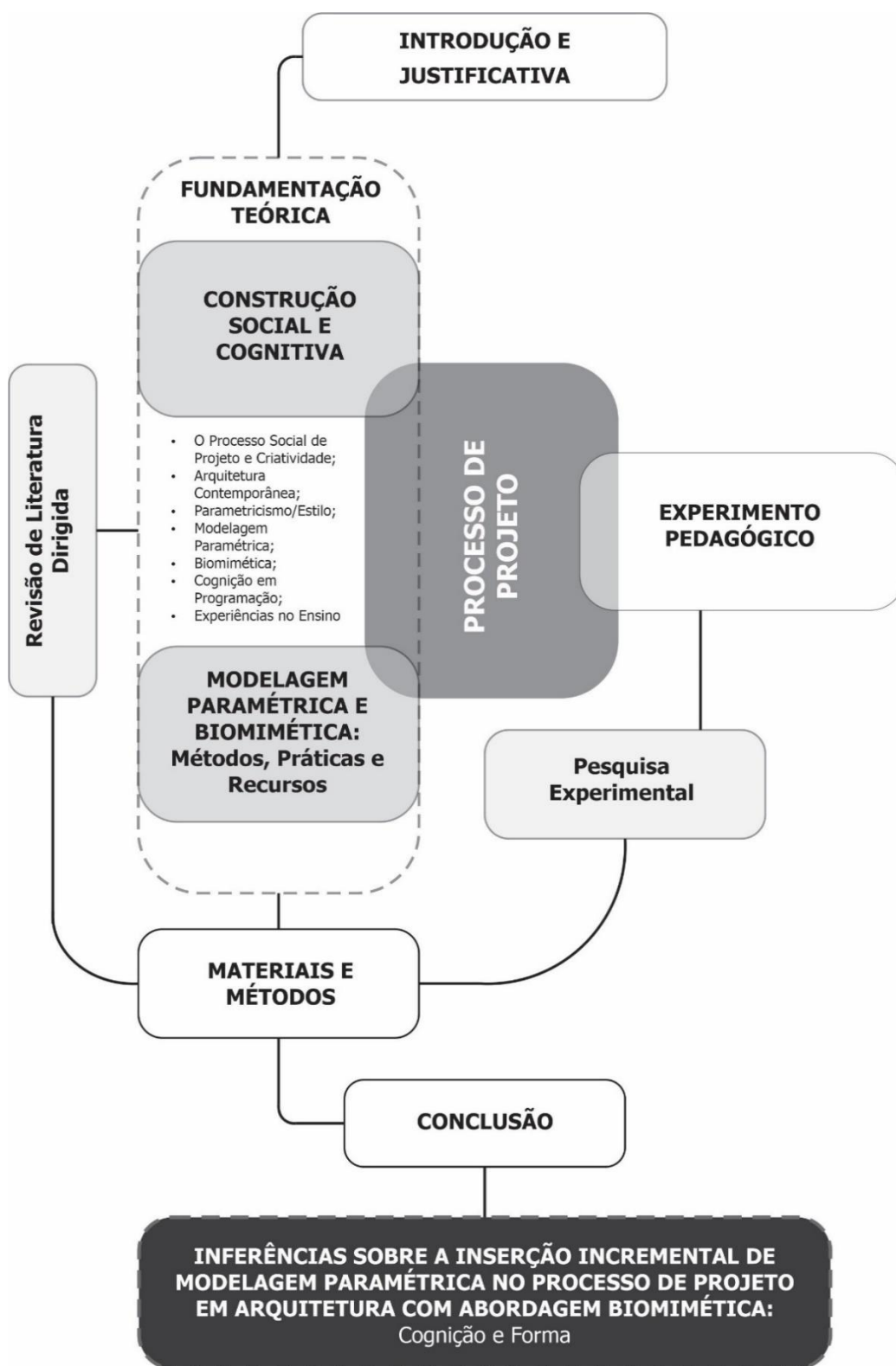
Construir hipóteses sobre a influência do uso da modelagem paramétrica nos estágios criativos de projeto a partir de experimentos pedagógicos orientados a forma e a linguagem com abordagens na biomimética.

### 1.2.2 Objetivos Específicos

- Observar, comparar e avaliar os impactos sobre o exercício de projeto quanto às decisões, aspectos cognitivos, geometria da forma e produção, em detrimento da utilização de métodos tradicionais e a inserção incremental da modelagem paramétrica com abordagens na biomimética;
- Compreender os desafios de implementação da modelagem paramétrica e da prototipagem digital no contexto da formação profissional dos arquitetos e urbanistas;
- Analisar as relações entre a modelagem paramétrica e métodos de exploração formal que utilizem a biônica em processos criativos.

### 1.3 ESTRUTURAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

Figura 1: Diagrama Estrutural



Fonte: O próprio autor, 2020



## 2. ■ PROCESSO DE PROJETO EM ARQUITETURA: Construção social e cognitiva frente às diferentes abordagens

Considerando-se o espectro de soluções técnicas, conceituais e artísticas presentes na construção de um projeto arquitetônico, pode-se ter a dimensão de sua complexidade e o quão profunda podem ser, as relações estabelecidas pelo mesmo com o contexto de inserção, bem como as variáveis envolvidas em sua concepção. São inúmeros os métodos, as ferramentas, as formas de representação, lidando constantemente com aspectos sociais, culturais, econômicos, políticos, ambientais, legais, dentre outros, que possibilitam a produção de muitas alternativas, não se limitando a soluções únicas. Além disso, compreende diferentes escalas: regionais, urbanas, do edifício e do objeto, possibilitando a formação de equipes e configurando participações transdisciplinares com

## 2.1 O PROCESSO DE PROJETO E A CRIATIVIDADE

Na presente pesquisa, o entendimento do processo de projeto está embasado em alguns autores que consideram pertinente a discussão sobre a natureza do projeto arquitetônico. Segundo Cosme (2008) a palavra "projeto" pode-se referir tanto a *"una idea o um deseo, como al proceso y a la*

profissionais originados de diferentes áreas ou campos de atuação.

Neste capítulo, pretende-se compreender alguns conceitos dentro deste campo de investigação, com ênfase nos estágios criativos de projeto, nas decisões de partido e na solução formal, além de experiências iniciais com o uso da tecnologia no processo de projeto. Desse modo, busca-se entender o processo cognitivo e social no contexto das tecnologias, bem como a discussão da noção de estilo e linguagem inseridas numa revisão crítica de experiências vivenciadas a partir dos anos 2000.

*serie de operaciones necesarias para definirlos y convertirlos em realidade", como ao "conjunto de documentos que permitirá transmitirlos y materializarlos".*



Cosme (2008) afirma que é uma sucessão de fases onde o juízo estético subjetivo procura se apoiar de forma sobreposta às sequências anteriores do processo de projeto. Logo, compreende as novas soluções adotadas como uma progressão ou evolução das ideias anteriores, conformando deste modo, uma estrutura ou organização sistemática da atividade; do ato de projetar.

Este processo, pelo qual se constrói uma solução a partir de uma sequência de variáveis que o tornam difícil de ser compreendido, envolve não somente a ação criativa, mas também a formulação de hipóteses, a análise de ideias, as experiências individuais e coletivas e por vezes, particularidades próprias de quem projeta. Configura desafios complexos como compreender com precisão as implicações sociais e psicológicas geradas pelas atividades dos usuários nos espaços projetados. E se torna um procedimento com etapas rigorosas que se assemelham aos princípios pelos quais a ciência, ou a filosofia da ciência, enfrenta em suas questões próprias.

Desde o Iluminismo até os dias atuais, é padrão de conduta do homem, a busca pela razão, e por conseguinte, a racionalização de processos e soluções. Por anos a ciência buscou a criação de métodos de observação e acúmulo de informações, de modo que permitissem o desenvolvimento do conhecimento e da experiência necessária, para compreender o princípio pelo qual o universo se organiza e, por conseguinte, prever acontecimentos que nele podem se desenvolver, sendo este um dos objetivos do pensamento humano (MOREIRA, 2011).

Estes princípios suscitam uma reflexão sobre a base fundamental de um projetista: o ato de decidir. A decisão entre uma variedade de possibilidades determina as propriedades do produto final e pode acontecer basicamente em dois momentos diferentes: na justificativa para uma escolha considerando um argumento verdadeiro, ou na observação de seu efeito com o intuito de avaliar as consequências. Este último, por vezes, pode-se encontrar associado à formulação de hipóteses, operando no campo das ideias e fomentando a ação de inventar. Para Moreira (2011), *o projeto final não deve ser uma*

*verdade a ser encontrada, mas uma alternativa possível ou melhor do que outra existente.* Além disso, complementa dizendo:

“(...) O desempenho que se espera desse objeto projetado, é originalmente idealizado, e não racionalizado. No entanto, o processo para criá-lo não se sustenta pela idealização, mas sim pelo rigor e pela sistematização racional de todos os aspectos envolvidos no projeto. Uma ideia original, apesar de uma idealização, desenvolve-se por meio de um processo racional, e ambos têm em comum a experiência. No entanto, a experiência que opera junto à ideia é diferente daquela que colabora com a racionalização, tanto na ciência como no projeto.” (MOREIRA, 2011 p. 12).

Para o autor, a experiência pessoal, na maior parte dos casos, prevalece no projeto, num duelo pelo controle do processo entre a razão e o ideal do projeto. Enquanto ideia original, o projeto se apropria da experiência pessoal do projetista, mas em seu desenvolvimento, deve responder às exigências de ordem prática determinadas também pela razão. Uma vez que o projeto permanece baseado apenas nas convicções pessoais de quem cria, torna-se impossível a

avaliação das hipóteses formuladas e das decisões tomadas, uma vez que a subjetividade toma conta do processo. Identificar a razão nisso tudo, é portanto compreender os momentos em que a experiência pessoal do projetista e a idealização do problema, se tornam livres para apresentar as alternativas, tanto positivas quanto negativas, além de permitir que a sistematização e o rigor, comprovem as hipóteses e justificativas para as verificações adequadas.

Na década de 1960, deu-se início às investigações e pesquisas com o objetivo de diminuir a subjetividade dos métodos de projeto, aplicando conhecimentos científicos e dados tecnológicos de modo produtivo. Validou-se, portanto, a importância da estruturação da tomada de decisão, haja vista que grande parte das disciplinas, dependem de técnicas, ferramentas e protocolos de boas práticas, e que no projeto de arquitetura, o mesmo deveria acontecer. Observou-se que na época, em processos criativos, era comum o uso de

*Brainstorming*<sup>1</sup> além de aplicações de analogias e listas de atributos com o objetivo de dar suporte e acabar com possíveis bloqueios mentais (KOWALTOWSKI et al., 2011).

Vidigal (2004) destaca que, com relação ao ensino, há uma crença no talento artístico nato do estudante, bem como outros que acreditam que a arquitetura não possa ser ensinada, somente aprendida e, enfim, um arcabouço de posicionamentos diversos que tornam problemática a relação entre o que fazer e como fazer.

No entanto, Kowaltowski et al. (2011) compreendem que embora não haja métodos rígidos e/ou universais entre profissionais, é possível observar alguns procedimentos comuns, e que na maioria das vezes, é informal, individual ou segue escolas de regras estéticas. Em linhas gerais, a intuição de forma consciente é incorporada em algumas atividades, em outras seguem apenas normas ou padrões. Tal padrão de

pensamento pode ser composto por memória, experiência, raciocínio, evolução de ideias e criatividade.

O referencial consultado, expõe que existe, o que pode ser entendido como uma replicação de um procedimento educacional tradicional, expresso tanto no processo de projeção quanto no ensino. Voordt (2013) afirma que os processos de projeto conformam o que se denomina “ciclo básico de projeto”, formado por análise, síntese, simulação, avaliação e decisão, voltando nossa percepção, para o caráter cíclico do processo projetual, com fases que se repetem ininterruptamente até a culminância em um “projeto aceitável”, ideal.

Talvez isso aconteça, porque que para a maioria dos arquitetos, um dos meios mais eficientes de alcançar um resultado é modificar soluções existentes, em vez de começar a construí-las do zero. Entretanto, num espectro de soluções com problemáticas cada vez mais complexas, a necessidade de

---

<sup>1</sup> Segundo o dicionário Aurélio (2019), *Brainstorming* pode ser compreendido como uma “tempestade de ideias”, técnica bastante utilizada com o objetivo de promover a apresentação espontânea de pensamentos e ideias, tendo

como propósito, resolver algum problema, questão ou mesmo para produzir algo criativo.

inovação se torna mais frequente, afastando a repetição de ideias sem incorporar aspectos como “talento nato” ou “acaso” como elementos indispensáveis. Além disso, validando a ação de explorar novas formas de maneira inteligente e ambientalmente responsável, resolvendo problemas inerentes a todas as suas esferas: funcionais, estéticas, sociais e urbanas (KOWALTOWSKI et al., 2011).

Debates e hipóteses relacionados às formas de se buscar por novas respostas de projeto, compreendendo as relações dentro do seu processo, instigaram pesquisadores a perceber a maneira como o fator criativo se configura nas diferentes etapas de concepção de um objeto. Para tanto, apresentam-se algumas definições, embora existam divergências e a ausência de um consenso sobre o tema, se a

mesma é uma habilidade distinta da inteligência ou apenas um aspecto dela (REGO, 2001).

Historicamente, as conjecturas sobre a criatividade possuíram diferentes vertentes que demonstraram suas teorias, atreladas a fatores sociais, culturais e tecnológicos de cada época. Seu conceito evoluiu da visão filosófica como fruto de inspiração divina, até o que recentemente ficou conhecido como cognitivismo. Dentre as teorias apresentadas por Kneller (1978, apud KOWALTOWSKI et al., 2011), destacam-se as de bases filosóficas e psicológicas sobre a criatividade, demonstradas na Tabela 1. Todavia, trata-se de definições não concludentes, haja vista que a atividade mental como base aplicada a concepção do mundo, teve duração até o surgimento de metodologias científicas.

**Tabela 1:** Teorias sobre criatividades apresentadas por Kneller em 1978

<b>Criatividade como Inspiração Divina:</b>	Crença atribuída a Platão. Ao se referir aos poetas, considerava que não eram eles que proferiam as palavras de tanto
<b>Criatividade como Loucura:</b>	Em virtude de sua aparente irracionalidade e espontaneidade. Para Platão, havia pouca diferença entre o frenesi da loucura e a visitação divina. No século XIX, Lombroso acreditava que a natureza involuntária e irracional da arte criativa deveria ser explicada patologicamente.
<b>Criatividade como Gênio Intuitivo:</b>	No Renascimento explicou a capacidade de criação de Da Vinci e Michelangelo. A criação é uma maneira saudável, desenvolvida de intuição, que transforma o criador em alguém raro e diferente, com capacidade de intuir, em contraposição à apuração resultante de longa divagação.
<b>Criatividade como Força Vital:</b>	Influenciada pela teoria da evolução de Darwin, é a manifestação de uma força inerente à vida. A matéria inanimada não é criadora, porque ela produz as mesmas entidades, como átomos e estrelas, enquanto a matéria orgânica é criadora, por gerar novas espécies.

Fonte: KOWALTOWSKI et al. (2011). Adaptado pelo autor.

Segundo Kowaltowski et al. (2011), a criatividade abarca uma série de relações, por meio de uma interação de características pessoais, como habilidade de pensamento e raciocínio, além de características do ambiente, como valores culturais, sociais, e oportunidade para expressar novas ideias.

O tema começou a ser abordado de maneira mais científica a partir do século XIX, com avanços no estudo da

No entanto, estudos pioneiros sobre o tema, compreendem que a novidade ou a produção de algo original, não é forte suficientemente para justificar a criatividade, pois indo além disso, é necessário atribuir um objetivo e contribuir para solucionar um problema.

psicologia, formando conceitos modernos sobre a criatividade a partir de aspectos como o associacionismo<sup>2</sup>, a teoria gestáltica<sup>3</sup> e a psicanálise<sup>4</sup>. No que se refere a estes aspectos, a teoria da psicanálise assume um importante papel sobre a teoria da criatividade, uma vez que a mesma pode ser estudada, sob o ponto de vista do criador, da criação e dos processos, além das influências refletidas sobre o mesmo (influências ambientais e culturais). Deste modo, traduzidas em quatro diferentes abordagens para o estudo da criatividade (década de 70), compreendendo o pensamento racional frente a resolução criativa de problemas e a sua estruturação a partir dos processos mentais, conforme a Tabela 2.

**Tabela 2:** Abordagens para o estudo da criatividade

Elementos	Características
Indivíduo criativo	É o centro do processo criativo e representa a fonte intelectual, o criador
processo criativo	Envolve a definição de um problema e a proposta de uma nova solução
produto criativo	É o resultado direto desse processo, é a solução inovadora aceita como original
ambiente criativo	É o contexto para novas ideias e influencia a criação.

Fonte: Iványi e Hoffer (1999, apud KOWALTOWSKI, et al. 2011).

Adaptado pelo Autor, 2019.

<sup>2</sup> O Associacionismo é a relação de ideias simples durante um processo criativo, que evolui para ideias mais complexas, onde para se obter algo novo, utiliza-se a informação recém adquirida em um ciclo de tentativas e erro até se obter a combinação adequada para a solução de um problema. (KOWALTOWSKI et al., 2011).

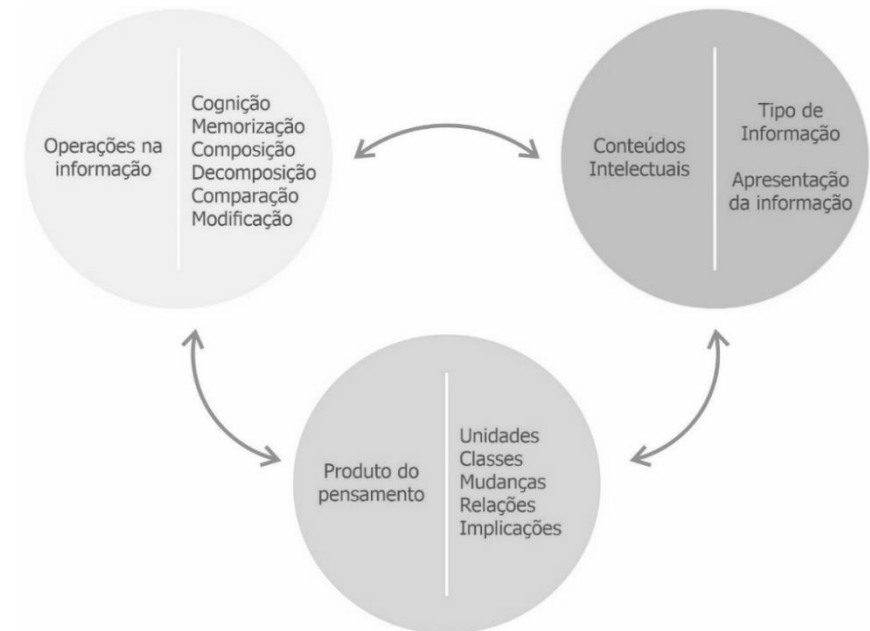
<sup>3</sup> A teoria da Gestalt (século XX na Inglaterra), relaciona-se ao estudo de forma e percepção, a partir de fenômenos psíquicos. Compreende o pensador criador como alguém que precisa decodificar um problema para

que a partir das partes, obtenha-se o conhecimento de modo que se chegue ao todo (KOWALTOWSKI et al., 2011).

<sup>4</sup> A teoria Psicanalítica, proposta por Sigmund Freud, resgata a relevância do afeto, objeto e percepções inconscientes adquiridas pelo tempo. Trata-se de uma relação de ideias que se esbarra no inconsciente e no consciente, de modo flexível e evitando o que Freud entende como neurose. (KOWALTOWSKI et al., 2011).

Tal estudo, procurou inicialmente examinar o perfil do indivíduo com todas as suas características (conhecimentos, personalidade, inteligência e motivações) a fim de verificar se as mesmas influenciavam de algum modo a expressão criativa. É fato comum à maioria dos autores, que as ideias criativas não surgem do nada e que precisam de conhecimentos anteriores do indivíduo, sejam por experiências sensoriais, seja por experiências intelectuais. Desse modo, frente a um problema, o indivíduo acessa o conhecimento a fim de buscar uma solução por meio de uma combinação criativa entre elementos que ele já conhece, para que assim, novas ideias sejam adaptadas e conseqüentemente criadas. Essa interação entre memórias e soluções processam as informações no cérebro utilizando elementos como o ambiente externo (composto pelos sensores) e o interno (composto pela memória curta e de longa duração). Tais operações cognitivas, segundo Newell e Simon (1972, apud Kowaltowski et al., 2011) geram os produtos do pensamento (Figura 2).

Figura 2: Diagrama sobre o Processo do Pensamento



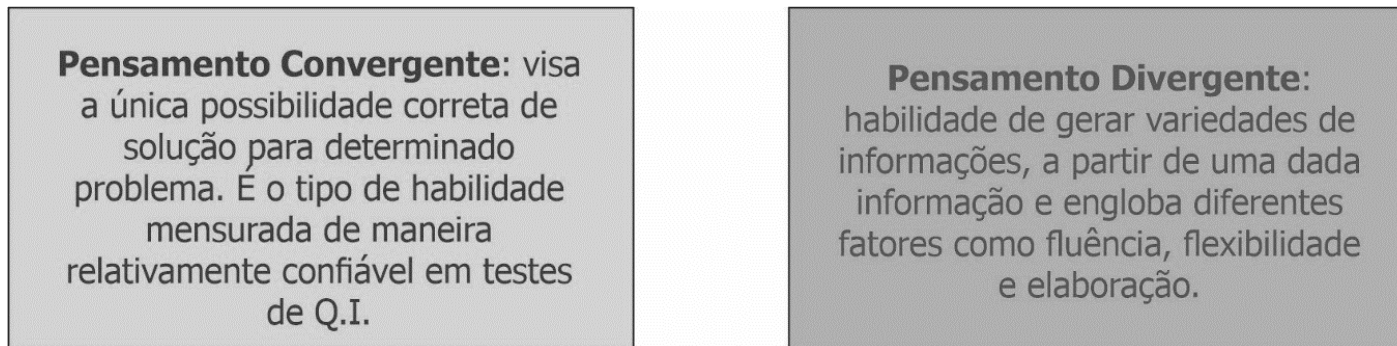
Fonte: Guilford e Hoepffner (1971, apud. Kowaltowski et al., 2011).

Adaptado pelo autor, 2019

Seguindo o processo de pensamento pela abordagem cognitiva, Guilford na década de 40, desenvolveu uma teoria da inteligência que por muitos anos, caminhou ao lado dos estudos sobre a criatividade, tendo em vista que embora constituam aspectos relacionados, possuem distinção no campo científico.

Assim sendo, a inteligência não reflete a aptidão cognitiva de uma pessoa ou suas habilidades em respostas criativas segundo Alencar (1974). A mesma pode ser distinta entre dois padrões de pensamento (Figura 3).

**Figura 3:** Padrões de pensamento segundo Guilford



Fonte: ALENCAR, 1974. Adaptado pelo autor, 2019.

Se analisarmos do ponto de vista crítico, especialmente para o que é inerente ao trabalho do arquiteto e o que envolve o processo de projeto, notaremos que o padrão de pensamento convergente não encontra aplicabilidade na atividade de arquitetura. Isso acontece tanto no contexto de formação quanto profissional, os quais se encontram inseridos em uma

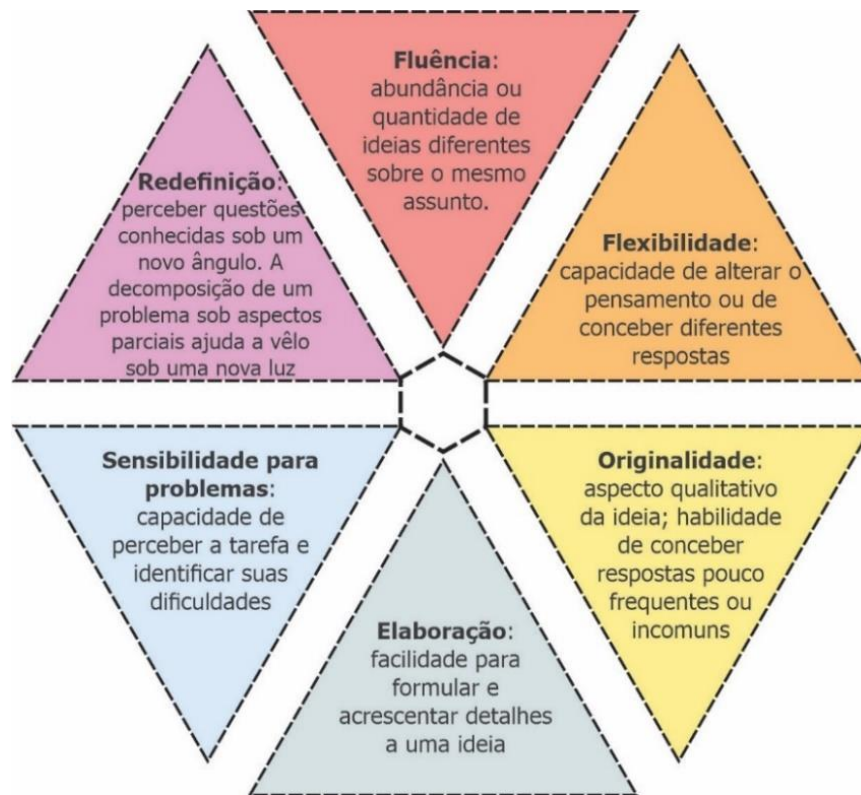
atmosfera criativa e de soluções diversas que na maior parte do tempo, compreende julgamentos subjetivos (cultura, local, história, opiniões pessoais, etc.).

Tendo isso em mente, é possível perceber a relação direta que o padrão de pensamento divergente estabelece com o processo de projeto, se analisarmos sob a perspectiva da



cognição criativa. Tal fato se dá por este modelo constituir um caminho que supera estruturas mentais arraigadas possibilitando novos caminhos e respostas inusitadas, produzidas a partir de soluções amplas que se reduzem ao

**Figura 4:** Traços característicos definidos por estudos de Guilford (1968) dentro do pensamento criativo



Fonte: KOWALTOWSKI et al., (2011). Adaptado pelo autor, 2019.

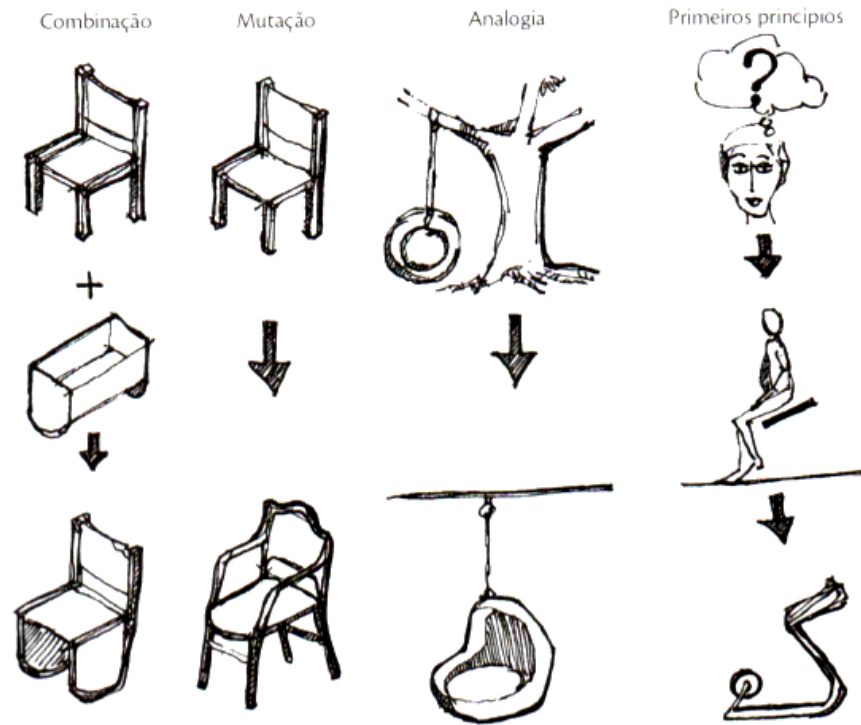
máximo de soluções possíveis (Kowaltowski et al., 2011). Dentre os traços característicos deste modelo de pensamento criativo, Guilford (1968) destaca (Figura 4):

A partir do esquema ilustrado), observamos a relação que a fluência, a flexibilidade e a originalidade estabelecem entre si sob o aspecto de maior número de respostas criativas, bem como a qualidade das mesmas e o fato de estar ou não relacionadas com uma resposta inovadora e original. Tais aspectos são relevantes ao se analisar cognição em criação, pois podem se constituir como parâmetros de verificação na associação ao surgimento de novas ferramentas de produção, haja vista as transformações sociais frequentes que estamos inseridos na busca por tecnologias melhores.

Além disso, combinadas a técnicas de apoio ao processo criativo (Figura 5), pode-se de maneira deliberada, iniciar reflexões sobre um problema e desenvolver novas alternativas eficazes e de maneira mais rápida, evitando-se soluções que surgem de modo acidental, aquelas sob a qual se enxerga o problema de um modo novo ou lógico e que por vezes toma

muito tempo até um resultado satisfatório (KOWALTOWSKI et al., 2011).

**Figura 5:** Exemplo de métodos de estímulo à criatividade em processos para a criação.



Fonte: Rosenmann e Gero (1993, apud. KOWALTOWSKI et al., 2011)

Como em arquitetura existe uma grande quantidade de variáveis (técnicas, econômicas, funcionais, estéticas, culturais

e sociais), é fundamental desenvolver métodos de projeto de modo que se estruture o problema e o decomponha em seguida, a fim de se obter partes mais manipuláveis e com maior consciência do problema. Isso permite um maior controle do processo e facilita a emergência de ideias (KOWALTOWSKI et al., 2011).

Muitas ferramentas são utilizadas na fase de geração de ideias. Em arquitetura por exemplo, é comum e tradicional utilizar diferentes ferramentas de expressão, sejam eles manuais ou digitais (desenho técnico, desenho livre e protótipos). Kowaltowski et al., (2011) entende que, todavia, existem poucas ferramentas de auxílio à criação, haja vista que a maioria dos métodos existentes tenham foco apenas no desenvolvimento posterior de uma solução gerada. Essa situação engendra uma espécie de vazio na construção de um suporte às decisões iniciais de um projeto e que por vezes, comprometem o desenvolvimento do projeto ou propõe de forma correta, soluções para os problemas errados ou

irrelevantes. Assim sendo, e considerando a deficiência literária sobre a aplicação prática dos métodos em etapas iniciais de criação, é que se faz necessário a busca por novos métodos dentro deste contexto.

Para a arquitetura e em especial para o processo de projeto, os estudos sobre a criatividade se mostram como sendo de extrema relevância, além de nos revelar que mesma não se trata de uma característica inata à um indivíduo ou grupo social, e que quando compreendido os mecanismos de base, eles podem ser treinados e estimulados em diferentes contextos do projeto. Nesse sentido, abstrair e utilizar a imaginação numa simbiose entre fases convergentes e fases divergentes, possibilitam a plenitude do pensamento criativo e colabora para a avaliação e definição de métricas no uso de novos métodos e/ou ferramentas na prática da arquitetura. Desse modo, se tornando cíclico (Figura 6) o ato de refletir sobre os fatores cognitivos em criação e decisão, em complemento a inserção de novas ferramentas que agregadas aos diferentes métodos, possuem critérios próprios de cognição e utilização.

**Figura 6:** Diagrama sobre o ciclo de avaliação e reflexão dos processos cognitivos e métodos em processo de projeto



Fonte: O próprio autor, 2019

## 2.2 O PROCESSO SOCIAL E COGNITIVO DE PROJETO E AS TRANSFORMAÇÕES TECNOLÓGICAS CONTEXTUALIZADA ÀS NOVAS ABORDAGENS FORMAIS

Sabemos que desde a Revolução Industrial e o forte processo de urbanização e mecanização dos sistemas de produção, que o surgimento de ferramentas de controle nas diversas etapas de um processo tornou-se necessários. Além disso, vivenciamos uma evolução tecnológica que, no decorrer do tempo, demandou a formação de equipes multidisciplinares com profissionais e técnicos dotados de conhecimentos especializados para a realização de tarefas diversas. No processo de projeto, os reflexos dessa realidade contextual não têm sido diferentes, e desde o fim do período moderno, é notório a descentralização das decisões de projeto no profissional de arquitetura, uma vez que as demandas técnicas e de conhecimentos diversos tem crescido de forma bastante acentuada.

Desse modo, o projeto de arquitetura enquanto uma série de relações sociais, definida não apenas pela atuação de um

projetista, compreende por vezes, um invólucro de influências mútuas numa interação entre diferentes agentes, (usuários, clientes e outros profissionais) e que tornam a noção de processo de projeto, um aspecto fundamental para a compreensão dos fatores e trocas vivenciadas e que levam à sua materialização. Não obstante, e como parte das inquietações que integram esta pesquisa, se fazendo necessário entender também, as relações do ponto de vista intelectual e técnico, integradas à uma revisão crítica que abarque elementos como o tempo, as ferramentas e tecnologias disponíveis, os aspectos culturais e sociais e demais elementos que participam dessas respostas sob diferentes abordagens. Assim sendo, pretende-se neste subitem, buscar informações e estudos de autores, que estruturam a fundamentação teórica referente aos processos cognitivos inseridos no contexto social do processo projeto. Além disso, compreender de forma introdutória, as transformações e os impactos ocasionados pela chegada de softwares na indústria criativa e de projetos arquitetônicos.

Segundo Fabricio e Melhado (p. 57, 2011), o projeto pode ser caracterizado como *informações criadas e tratadas por "diferentes estratégias mentais e metodológicas, que envolvem os sentidos, abstrações, representações, bricolagens abstratas, esquemas, algoritmos, métodos e conhecimentos"*. Em síntese, trata-se de um processo cognitivo que reúne transformação e cria informações influenciados por uma série de habilidades humanas, conhecimentos e algumas "técnicas" de projeto, de modo a conceber objetos e formular soluções antecipadas para um produto ou obra. Nesse contexto, diferentes habilidades cognitivas específicas são mobilizadas para a criação e o desenvolvimento de novas soluções projetuais.

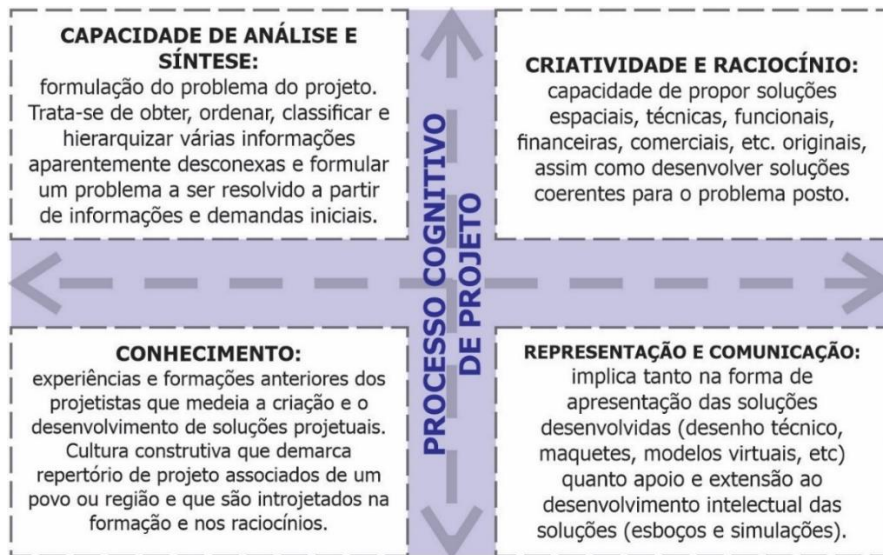
A ciência cognitiva, consolidada como um campo de investigação relativamente recente (década de 50) e com teorias e leis ainda em desenvolvimento, se propõe a explicar o funcionamento e as faculdades mentais, bem como suas problemáticas. No que se refere aos processos mentais de criação e projeto, Pinker (1997) (apud FABRICIO E MELHADO, 2011), afirma que quando somos defrontados à um problema, embora não saibamos a solução, somos capazes de criar

hipóteses e/ou se ter algum um conhecimento/ideia do que se procura. No entanto, mediante um mistério, o comportamento pode ser outro e as ideias ou explicações sobre o fenômeno podem não existir. Embora a compreensão científica sobre o funcionamento dos processos da mente ainda pareça estar mais no campo das hipóteses e teorias, as mesmas já não se encontram mais no campo do mistério, e para isso, são apontados alguns aspectos investigatórios que servem de base para a compreensão do processo de projeto.

Do ponto de vista intelectual, o projeto, em sua essência considerado um elemento complexo, compreende múltiplas habilidades cognitivas e sensoriais (com ênfase especial na visão), além de envolver o raciocínio, a memória e as habilidades manuais. Dentre as principais habilidades (sob a ótica intelectual e desconsiderando as habilidades manuais), se relaciona à *capacidade de análise e síntese de informações, a criatividade, o raciocínio lógico, o conhecimento e a capacidade de comunicação e interação entre os diferentes indivíduos* (Lawson, 1994, Purcell; Gero, 1996; Oxman, 1996; Purcell, 1998; Cross, 1999; Louridas, 1999; Oxman, 2000; Dorst; Cross, 2001;

Eckardt, 2001, apud FABRICIO E MELHADO, p. 58, 2011). De modo mais detalhado, tais elementos são representados pelas seguintes sínteses (Figura 7).

**Figura 7:** Diagrama esquemático das habilidades intelectuais segundo os principais autores que estudam a ciência cognitiva no processo de projeto.



Fonte: FABRICIO E MELHADO (2011). Adaptado pelo autor, 2019

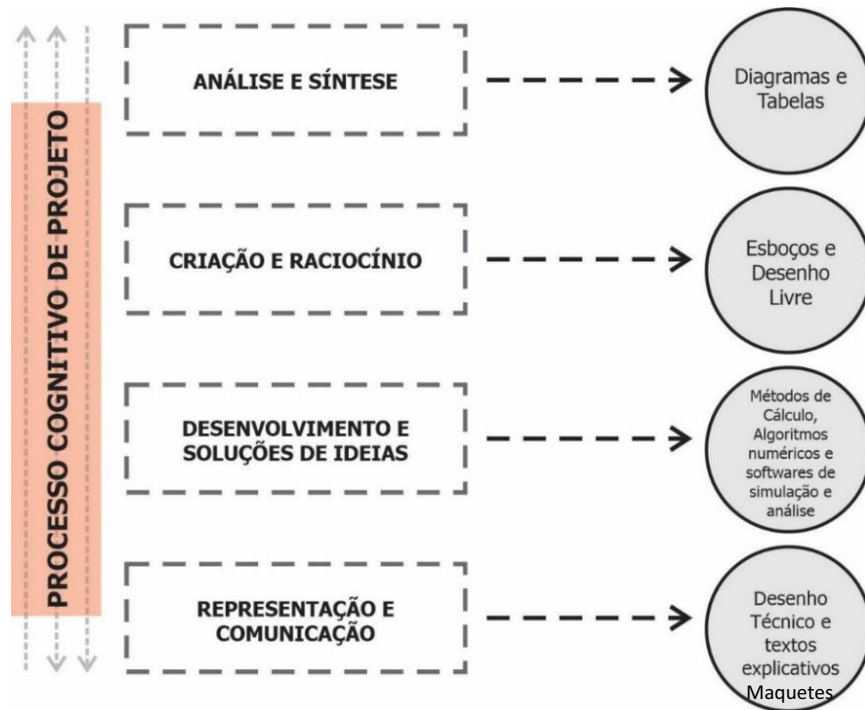
Ainda que seja possível tratar de maneira particular cada uma dessas habilidades, é importante lembrar que nos processos mentais, as mesmas acontecem de forma inter-relacionadas e são dependentes entre si. No entanto, é possível

notar que o seu fluxo acontece partindo da compreensão do problema e chegando ao final, em uma representação das soluções adotadas, mesmo que neste processo, se repita, ausente ou inverta alguma etapa. Ou seja, o processo mental vai aprimorando na medida em que o percurso e a compreensão das ideias se aprofundam, com técnicas de auxílio aos pensamentos predominantes (Figura 8) e mais:

“Assim, do ponto de vista intelectual, na passagem de uma fase para outra não ocorrem rupturas, pois se trata de um processo de amadurecimento contínuo, que gradativamente desloca o foco de desenvolvimento do projeto. No início do projeto, o maior esforço é dedicado à compreensão do problema (esforço de análise, hierarquização e síntese); num segundo momento, a ênfase migra para a formulação de soluções (esforço de concepção de soluções espaciais, formais e técnicas); em seguida, passa para o desenvolvimento das soluções (aprimoramento do projeto mediado pelos conhecimentos, procedimentos, algoritmos e métodos de projeto) e, por fim, caminha para o detalhamento e a apresentação das soluções (esforço de representação e comunicação)”. (FABRÍCIO E MELHADO, p. 59, 2011).



Figura 8: Técnicas de auxílio às habilidades do processo de projeto.



Fonte: FABRICIO E MELHADO (2011). Adaptado pelo autor, 2019

No que se refere ao processo social de projeto, não podemos deixar ainda de dar evidência ao conhecimento como elemento importante nas relações que o mesmo desenvolve sobre as outras etapas e por conseguinte, em sua materialização. Isso acontece porque o amadurecimento e a

validação das soluções adotadas, podem advir tanto saberes empíricos acumulados pela experiência passadas de outros projetistas (saber de ofício) quanto de conhecimentos acumulados em livros, textos normativos, leis, entre outros elementos, e mais recentemente, com conhecimentos em algoritmos numéricos e softwares computacionais (FABRICIO E MELHADO, 2011).

Em casos onde os projetos assumem escalas maiores de complexidade e se torna necessário a participação de vários projetistas e/ou outros técnicos da área, as habilidades intelectuais individuais se integram a processos sociais e técnicos de apoio, ampliando essas capacidades particulares e transcendendo os limites da mente. Com a informatização dos dados facilitada pelos computadores, e mais recentemente com softwares que possibilitam a manipulação de parâmetros numa estrutura sistêmica de informações, o processo tem a capacidade de se tornar cada vez mais multidisciplinar e com maiores possibilidades de simulações (integração de imagens e algoritmos numéricos). Nesse sentido, o projeto resulta-se tanto de múltiplas interações de operações mentais (individuais

e coletivas) quanto dos processos intelectuais suportados pelo ambiente técnico, e conforme aponta Fabricio e Melhado (2011):

“(...) o ambiente cognitivo do projeto, as interações sociais com os coletivos projetista e os dispositivos tecnológicos contribuem e

incrementam o processo criativo. De fato, a criatividade é uma faculdade que emana individualmente, mas pode ser exercida de forma coletiva à medida que diferentes agentes interagem sobre o mesmo objeto da criação, sendo o projeto de edifícios contemporâneos, além de um processo criativo e técnico, um processo nitidamente social.” (FABRICIO E MELHADO, p. 60, 2011).

### 2.2.1 Arquitetura Digital: Introdução ao pensamento relacional contemporâneo

Até o momento, no que se refere aos apontamentos apresentados até aqui, em especial na última citação do subitem anterior, notamos que os autores fazem uma caracterização social e cognitiva dos processos de projeto até a arquitetura contemporânea. Essa caracterização traz enfoque nas novas configurações interdisciplinares do processo criativo, e do hibridismo presente entre as operações tecnológicas, proporcionadas pela utilização dos softwares de projeto frente aos processos tradicionais. Todavia, e mediante uma literatura ainda em construção, é que inquietações e debates têm

acontecido sobre os reais impactos que esse novo contexto engendra sobre a materialização formal do processo de projeto, e que sem dúvidas, fomenta a principal discussão desta pesquisa.

Na arquitetura e na construção, a inovação tecnológica alcançada nos últimos anos, em grande parte, deve-se ao desenvolvimento meteórico da indústria da computação, que cada vez mais tem introduzido novas técnicas, desafios e procurado inserir novidades e ferramentas na rotina de profissionais.

“Na área de arquitetura e construção, hoje, o processamento tridimensional tem se



tornado processo padrão em vários procedimentos seja de projeto ou de fabricação direta. Um dos principais benefícios do desenvolvimento cada vez maior de seu uso é a opção de ter a visualização como grande colaboradora da compreensão espacial, bem como complemento e caminho para a confecção de modelos prototipados” (PUPO, 2009, p. 13).

Além disso, atualmente a tecnologia também permitiu que os arquitetos descobrissem novas formas de se fazer arquitetura, já que no passado, a transformação e a busca por formas geométricas se davam pela descoberta de novos materiais e/ou sistemas construtivos. Um fato interessante nesse contexto, é que no período da década de 50 e 70, materiais como o concreto e o plástico por exemplo, por se encontrarem classificados como materiais “formativos”, inspiraram tanto arquitetos quanto engenheiros a trabalharem de maneira mais livre e sem grandes limitações. Todavia, a ausência de ferramentas adequadas de projeto e planejamento para tal uso, impossibilitou a difusão de uma geometria mais complexa, confinando seu uso a estruturas e superfícies regulares (PUPO, 2009).

Claro que a ausência de tecnologias não foi fator único com relação a produção observada neste período, pois conforme aponta Tramontano (2016), a ortogonalidade proposta até então, também era associada a questões como racionalização das construções e o uso extensivo de materiais como concreto armado e o aço. Desse modo, implicando em muito dos processos construtivos, na adoção de uma geometria plana e de ligações a 90 graus, consolidando um cenário de produção da indústria baseado nessa lógica. E mais, favorecendo a simplificação de sistemas de construção e formas para o mercado imobiliário, inibindo de forma deliberada, outras possibilidades de investigação formal, algo que atualmente é perfeitamente possível através das ferramentas de apoio digital.

“(…) os novos processos informáticos de geração de sistemas de criação apoiados na realidade virtual e em softwares de renderização e de criação de superfícies complexas, assim como em programas de construção de objetos 3D nos introduzem a um novo ciclo de criação virtual que nos libertará, cada vez mais, **da necessidade da construção como realidade última de verificação do possível**” (RAMOS, 2007, grifo nosso).

A fim de confirmar essas afirmações, Helio Piñón (2009), aborda em seu texto "representação gráfica do edifício e construção visual da arquitetura", questões relativas ao processo de criação em arquitetura, anteriormente e posteriormente aos adventos digitais, e afirma que procedimentos de simulação tridimensional, utilizados com sensibilidade e inteligência, facilitam uma aproximação ao objeto do projeto que *permite ter consciência visual do que se propõe*. E mais:

" Não creio que interessem aos arquitetos os instrumentos gráficos de grande potência e complexidade – que encontram o seu meio mais apropriado nos efeitos especiais e nos filmes animados – mas sim ferramentas mais simples que favoreçam abordar, nas melhores condições, o momento essencial do projeto, isto é, o reconhecimento dos valores formais – visuais – em que se baseiam as decisões. Se trataria de tentar, definitivamente, que a mirada voltasse a ser o instrumento de juízo em que se apoia o projeto de arquitetura e que a habilidade para representar não interfira – nem mascare – o talento para construir" (PIÑÓN, H. 2009).

A crescente utilização dos meios digitais disponibilizados e utilizados em diferentes fases do processo de projeto e construção, impulsionou uma renovação dos métodos de projeto por grandes nomes da arquitetura, que passaram a adotar, de forma híbrida, tais recursos tecnológicos com as técnicas tradicionais. Dentre esses exemplos, podemos destacar Frank Gehry, Bernhard Franken e Peter Cook (PUPO, 2009). Sobre o trabalho desses exemplos citados, não podemos deixar de dar ênfase especial ao projeto realizado por Gehry no Museu de Guggenheim de Bilbao ainda no ano de 1997 (Figura 9). O mesmo conquistou grande repercussão em diferentes perspectivas de análise crítica, além de sua concepção e execução só ter sido possibilitada, graças aos avanços tecnológicos computacionais que marcaram o contexto da época e que puderam ser integrados aos métodos tradicionais de projeto.

Figura 9: Museu de Guggenheim de Bilbao por Frank Gehry em 1997.



Fonte: PAGNOTTA, 2016.

Na educação, em especial no Brasil, há pouco mais de 30 anos, escolas de arquitetura têm procurado inserir em suas disciplinas, algumas destas tecnologias. Os aplicativos CAD são pioneiros dentro desse contexto, e bastante introduzido em disciplinas de projeto. No entanto, é comum observar que hoje, grande parte dessas ferramentas digitais, são implementadas de forma isolada, seja por meio de cursos de extensão ou cursos extracurriculares, tornando problemática as relações de

demanda mercadológica com as de formação do indivíduo em seus múltiplos contextos sociais, em especial nesse caso, na vida profissional.

Mediante essas abordagens, percebemos que existe uma ascensão na dependência de processos digitais, em projetos de arquitetura contemporânea, no seu caráter organizacional e avaliativo incorporado ao processo de projeto. De um modo geral, o uso dos meios digitais tem se conformado como um ponto central na geração da forma e na análise estrutural, bem como para a integração entre o processo de concepção, a fabricação e a construção já a partir das fases iniciais de projeto.

De modo consequente, é notório que novos caminhos estão sendo trilhados na busca por métodos que busquem hibridizar processos tradicionais com as tecnologias que surgiram e que estão por vir, nos levando a refletir sobre a seguinte questão: Que mudanças e/ou impactos essa reestruturação tem gerado na configuração da cidade contemporânea, especialmente sob a noção de estilo que se compõe em nosso tempo e as influências e/ou transformações nos processos cognitivos e sociais de projeto?

### 2.2.2 O Parametricismo na discussão do estilo em processos contemporâneos de projeto

O referencial analisado até aqui, expõe que dentre os aspectos verificados e que configuraram elementos relevantes no processo de projeto da produção arquitetônica até o presente momento, inserem a conjuntura social e técnica como fatores de grande influência das decisões de projeto. Desse modo, podendo então estabelecer relações diretas ou indiretas, com a conformação de um "estilo" estruturado a partir de elementos predominantes de uma escola de regras formais, ou de uma linguagem estética dotada de grande valor social entre as experiências vivenciadas durante um período histórico. Isso acontece por quê, como apontam os autores que estudam a ciência cognitiva, faz parte dos processos mentais, recorrer a experiências pessoais ou do nosso meio, conscientes ou presentes em nosso subconsciente, para solucionar ou responder a um problema. Entretanto, antes de darmos sequência nesta discussão, entendamos primeiramente o conceito de estilo para, posteriormente, compreender a sua

inserção bem como suas transformações no debate da produção da arquitetura contemporânea.

A noção de estilo, teorizada por inúmeros autores, tanto de história da arte quanto de arquitetura, dentre eles, Heinrich Wölfflin (filósofo, escritor, teórico e crítico da arte) ainda no início do século XX, pode ser compreendida separando-o em três principais áreas e que podem ser observados em uma obra simultaneamente. Segundo (Wölfflin, 2000. apud. ALMEIDA E NOGUEIRA, 2018), são elas:

- a). Estilo individual;
- b). Estilo de nação, de escola ou de raça e;
- c). Estilo de época.

Para o autor, o estilo individual compreende as características das obras que em seu contexto, não abrigam apenas uma conjuntura espaço-temporal, mas que procuram falar também de seu autor. O estilo de nação, de escola ou de raça, procura expressar um invólucro de sentimentos nacionais,

valores e consciência considerados por ele espacial, onde o *"gosto formal entra em contato direto com elementos espirituais e morais, e a história da arte terá de si gratas tarefas, tão logo passe a abordar sistematicamente a questão da psicologia nacional da forma"* (WÖLFFLIN, 2000, p. 9). Por outro lado, o estilo de época trata-se da expressão dos tempos em que a obra se encontra inserida, e para o autor, se mescla também ao estilo de raça. Desse modo, ambos os estilos destacados constituem parte de uma mesma definição, uma vez que Wölfflin entende a mescla entre eles, se fazendo necessário para a compreensão da sua proposta de conceituação. Além disso, ilustrando os objetivos de uma *história da arte que concebe o estilo sobretudo como expressão, "expressão de um espírito de uma época, de uma nação, bem como expressão de um temperamento individual"* (WÖLFFLIN, 2000, p. 13).

Tais proposições iniciadas no século XX, passaram por transformações profundas nas diversas formas de produção (arquitetônica, artística, social e científica). Seguido pelas diversas experimentações do pós modernismo desde o período

de crítica e revisão do Movimento Moderno no contexto de produção arquitetônica, que o campo teórico da arquitetura vem se afastando da ideia de estilo arquitetônico. Em grande parte, com a contribuição de eventos históricos que se constituíram vetores de rupturas e mudanças pragmáticas relevantes em diferentes contextos. Observa-se uma aproximação a outras disciplinas, relacionando suas discussões e utilizando segundo Sykes (2013, p. 13, apud. ALMEIDA E NOGUEIRA, 2018) *conceitos mediadores* – derivados de campos como a filosofia, a linguística, a psicologia e a antropologia – *"que ligam a arquitetura a outros campos sociais e, ao mesmo tempo, reivindicam (ou procura reivindicar) um território próprio e exclusivo para a arquitetura"*.

A partir de então, observou-se a teoria e crítica da arquitetura se organizar por meio de diferentes correntes como aquelas da antologia teórica de Kate Nesbit (2006, apud ALMEIDA E NOGUEIRA, 2018): o Pós Modernismo, Estruturalismo, Desconstrutivismo, etc, sendo a maioria, com embasamentos na filosofia continental. No entanto, já a partir da década de 1990, é possível notar que, dissociados da teoria e

crítica, muitos arquitetos desempenharam esforços para buscar novas metodologias de projeto, inclusive no campo de representações, mas que, todavia, não se constituíram por si só como correntes estilísticas. Podemos dizer que este comportamento relaciona a teoria da arquitetura muito mais a pesquisa em *Design Thinking*<sup>5</sup> do que necessariamente de verificações de modelos – formais, plásticos e estéticos – sobre a qual uma obra precisa se submeter para ser caracterizada por um estilo.

De acordo com Sykes (2013), o movimento observado desde o final da década de 1990 e que busca colocar o foco da teoria na prática e/ou na construção, pode ser caracterizado como um tipo de movimento pró-prática. Foi a partir desse período que

propostas que substituíram as abstrações estáticas por processos dinâmicos de geração da forma começaram a surgir. Desse modo, lançando novas bases para o processo de projeto com a influência da tecnologia digital, conformando uma mudança de paradigmas no final do século XX tanto sob perspectivas metodológicas quanto formais. Como exemplo dessas propostas (ALMEIDA E NOGUEIRA, 2018), podemos citar o grupo NOX, que se apoia no conceito de Autopoiese dos biólogos Humberto Maturana e Francisco Varela; Foreign Office Architects (FOA), que utiliza o conceito de Filogênese para basear sua metodologia; Greg Lynn, por meio das formas blobs (Figura 10).

---

<sup>5</sup> O conceito de Design Thinking aborda aspectos de multidisciplinaridade, tangibilização de pensamentos e processos e a colaboração visando a inovações de um negócio ou produto. Tem como principal discussão, o bem

estar dos usuários, com pesquisas e investigações que afetam essa condição, procurando soluções sempre inovadoras para os problemas encontrados (VIANNA et al., 2012).

Figura 10: Embryological House de 1998-99 por Greg Lynn



Fonte: NOMADS.USP, 2019.

Tais propostas metodológicas se encontram associadas ao paradigma da informação e do pensamento sistêmico, cuja intenção se baseava na necessidade de aproximar arquitetura e ciência. Nesse sentido, Schumacher (2008) apresenta sua conceituação de estilo com bases na filosofia da ciência, define como parametricismo. Contudo, sem se contrapor a definições específicas de estilo e obra de arte postuladas por outros autores da teoria e crítica de arte e arquitetura na conformação de tal estilo.

fundamentado principalmente nos escritos de Imre Lakatos (1978, apud. ALMEIDA E NOGUEIRA, 2018) e compreendendo a arquitetura realizada pela parametria como um novo estilo arquitetônico, no que ele

Segundo Almeida e Nogueira (2018), podemos afirmar que a arquitetura paramétrica, categoricamente é considerada informacional e sistêmica. *O sistema paramétrico é fundamentalmente topológico, baseado na tríade entrada,*

*processamento e saída e deste modo, o arquiteto deixa de compor ou modelar a forma para desenhar sistemas e processos.* Neste caso, configurando um processo de altos níveis de abstração, uma vez que os dados precisam ser codificados numericamente para serem computados. Assim sendo, impulsionando modos de conceber e pensar, completamente distintos dos modos anteriores (a saber do pensamento estilístico) a partir de novos conhecimentos no desenho de processo, nas abstrações matemáticas e nas contraposições ao subjetivismo trazidas pelos processos computacionais.

O conceito de estilo proposto por Schumacher, não se relaciona a condicionantes como individualidade, espaço-temporalidade e expressão. Se aproxima da teoria científica proposta por Lakatos, uma vez que a definição de estilo passa a ser compreendida como sendo um programa de investigação científica (ALMEIDA E NOGUEIRA, 2018) Desta maneira, Schumacher afirma que os estilos são na verdade uma progressão uns dos outros e evidencia que em relação ao modernismo, a parametria compreende sua evolução, haja vista

que para ele, foi o último estilo anterior ao Parametricismo. Segundo o arquiteto, nesse intervalo entre os períodos o que houve foram apenas episódios de transição que se consolidaram correntes e afirma:

“O estilo arquitetônico contemporâneo, que alcançou hegemonia generalizada dentro da arquitetura contemporânea vanguardista, pode ser melhor entendido como um programa de investigação baseado no paradigma paramétrico. Propomo-nos a chamar isso de estilo: Parametricismo” (Schumacher, 2008).

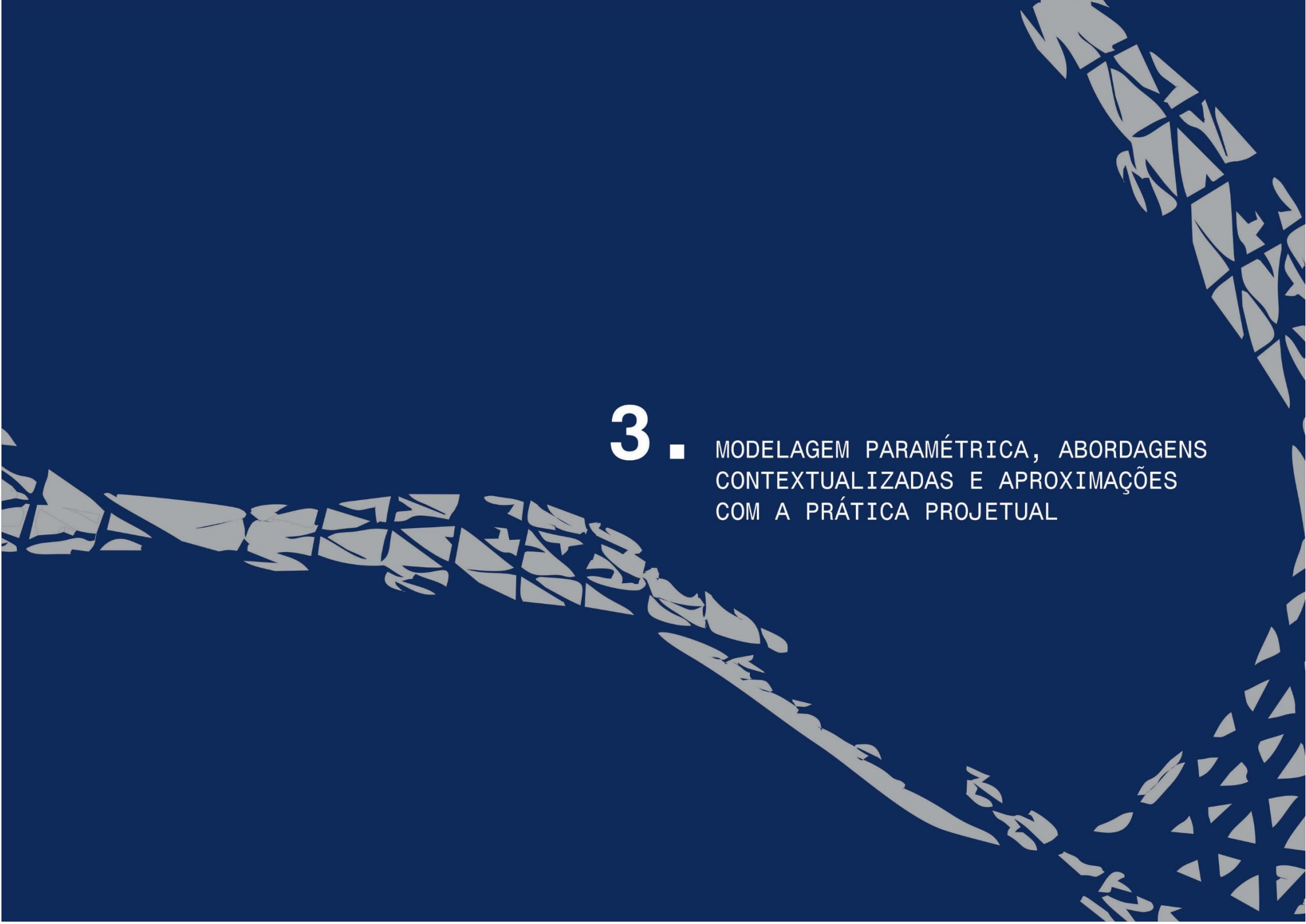
Com base nas afirmações de Schumacher, percebemos que para ele, tanto a história da arte quanto da arquitetura, podem ser analisadas a partir de uma perspectiva evolutiva que culmina a contemporaneidade no parametricismo, e que assim como os períodos se sucedem em constantes regimes de intervenções no espaço a fim de melhorar, as teorias científicas se desenvolvem no intuito de explicar o mundo de uma maneira melhor.

Com o pensamento sistêmico inaugurado e o uso da tecnologia digital, estilos que virão após o parametricismo poderão ser analisados sob uma perspectiva de melhoria linear



ao passo que se mantenham no mesmo universo projetual, e conforme aponta Schumacher (2009), seu avanço contínuo só poderá ocorrer através da apropriação das técnicas computacionais de *scripting* e modelagem paramétrica.

O debate das abordagens que compreendem o parametricismo como essência fundamentalmente presente na arquitetura contemporânea, bem como seus processos no invólucro projetual, desafia profissionais e educadores a refletir sobre o real estado de desenvolvimento tanto pelo contexto de formação quanto de prática profissional. Nesse sentido, e através das próximas abordagens, procura-se elucidar as possibilidades e configurações pelas quais inclusive, servirão de base para o progresso indicado à evolução dos estilos arquitetônicos como proposto por Schumacher. Além disso, compreendendo como essas novas estruturações se estabelecem mediante à cognição social de projeto e as atmosferas cada vez mais envoltas de agentes catalisadores de transformações do espaço e seus modos operantes.



# 3 ■ MODELAGEM PARAMÉTRICA, ABORDAGENS CONTEXTUALIZADAS E APROXIMAÇÕES COM A PRÁTICA PROJETUAL

### 3.1 MODELAGEM PARAMÉTRICA NA ARQUITETURA: FORMAÇÃO E FUNDAMENTOS

Do mesmo modo que o desenho, os modelos tridimensionais são considerados de fundamental importância para a compreensão do projeto no seu processo de elaboração. Eles se conformam como uma extensão do croqui, do desenho, e com a vantagem de estar representado por três dimensões, ou seja, simulando uma visualização com um entendimento mais aproximado com a forma que compreendemos as formas e o espaço.

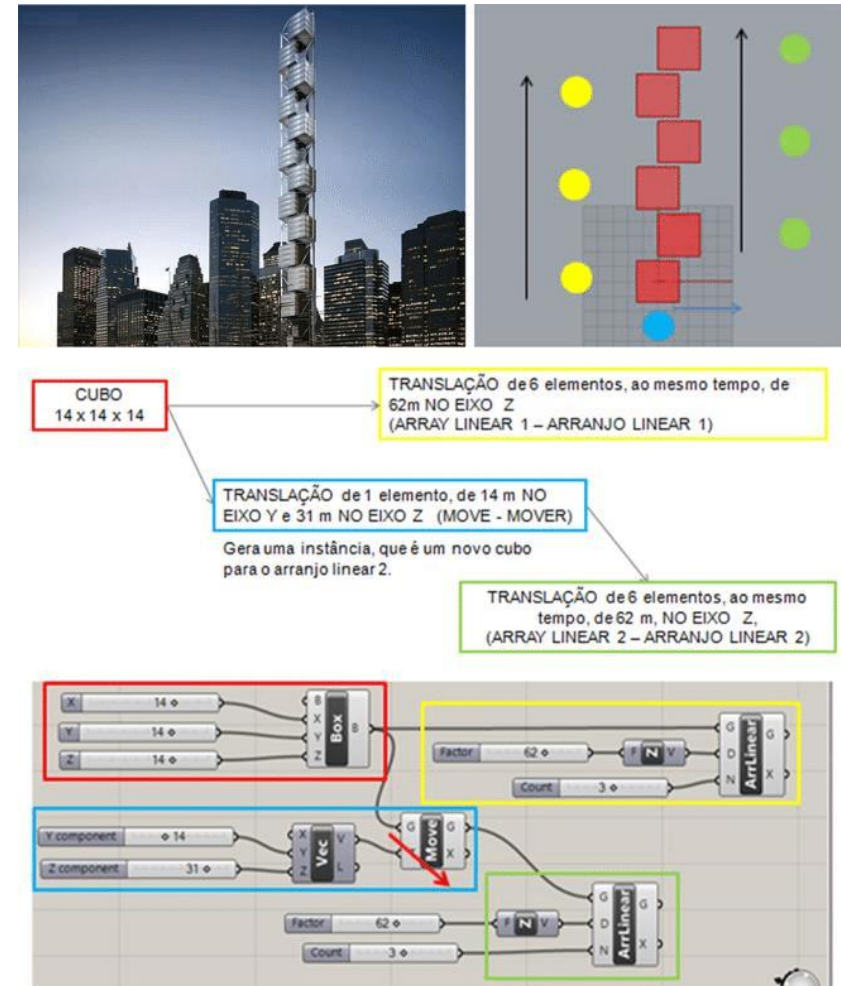
É possível encontrar em muitas circunstâncias, formas geométricas incomuns onde seja possível observar e identificar seus princípios geradores. Desde a antiguidade, há uma infinidade de modelos criados e fundamentados em relações geométricas úteis para o cotidiano onde há capacidade para compreender o raciocínio prescritivo. Muitas delas inclusive, que partem de experimentações e investigações realizadas pelos modelos naturais que encontram aplicação na arquitetura (HASUAN-NA, 2002, apud. LIMA, 2015), cujo qual na maioria das vezes, se tornam descritíveis também sob a lógica do algoritmo.

Com a evolução das tecnologias de produção digital explicitadas pelo capítulo 2 desta pesquisa, fica claro que nos últimos trinta anos, as máquinas de controle numérico têm contribuído para a para a fabricação de geometrias com padrões que até então, pela limitação técnica, não eram utilizadas ou consideradas para os projetos de arquitetura.

A modelagem Paramétrica se apresenta como uma proposta visando resolver os problemas de modelagem geométrica tridimensional, que por muito tempo caminhou com limitações para a criação de modelos complexos que combinava superfícies de diferentes tipos. Um exemplo, considerando a modelagem com maior precisão de uma peça mecânica, era a necessidade de cortar e aparar as partes externas à interseção entre duas superfícies diversas vezes (EASTMAN, 1999). Dessa forma, para que fosse possível criar programas e ferramentas práticas para o projeto, era necessário que os mesmos possuíssem a capacidade de modificar e editar facilmente formas complexas (EASTMAN et al., 2011).

É comum ao se pesquisar a definição de Modelagem Paramétrica, deparar-se com diversas abordagens e ênfases sobre o assunto. De acordo com Monedero (2000), a mesma pode ser conceituada como a utilização de parâmetros para definir e controlar a forma do objeto (Figura 11).

Figura 11: Sistematização do Processo de Modelagem Paramétrica utilizando-se Rhinoceros3D e Grasshopper



Fonte: PIRES et al. 2016

Apesar dessas diferentes abordagens sobre o tema não representarem uma contradição entre si, existe um elemento comum à todas elas: a possibilidade de geração de geometrias complexas. Segundo um levantamento de Polonini (2014):

Pode-se vê-la como: uma subárea da Computação Gráfica (HOFFMAN; JOAN-ARINYO, 2002), um recurso de modelagem para viabilizar a implementação de ferramentas BIM (EASTMAN et al., 2011), um recurso para gerar e controlar formas complexas (BURRY; MURRAY, 1997), uma ferramenta com potencial para geração semiautomática de formas (AISH; WOODBURY, 2005), uma maneira de possibilitar um novo estilo de arquitetura (SCHUMACHER, 2009), entre outros enfoques (POLONINI, 2014).

Geralmente, na criação e no desenvolvimento de um projeto arquitetônico, desenhos de aspectos e elementos específicos do processo são revisados e modificados inúmeras vezes. Dessa forma, e visando solucionar tal problemática, estruturas inseridas em programas gráficos computacionais foram desenvolvidas baseadas em parâmetros e hierarquias denominadas dentro do que se conceitua na modelagem paramétrica como variações paramétricas (FLORIO, 2012).

O uso de parâmetros para definir a geometria de elementos construtivos, no âmbito da construção civil, tem provado ser cada vez mais eficaz no processo de projeto. Edifícios são compostos literalmente de milhares de partes individuais, e de um grande número de conexões. Uma modelagem desse tipo exige que essas porções sejam agrupadas em componentes constituídos por parâmetros, de modo a facilitar a manipulação de acordo com a necessidade do usuário. Assim, a modelagem paramétrica torna-se uma poderosa ferramenta digital para explorar diferentes configurações geométricas em projetos Arquitetura, Engenharia e Construção (FLORIO, 2012).

Os parâmetros podem ser definidos e os algoritmos são facilmente calculados pelos computadores, cuja principal vantagem é a velocidade com que os mesmos são operacionalizados se comparados a outros métodos. A geração da geometria utilizando a modelagem paramétrica pode ser feita utilizando-se softwares que por vezes, possuem características e interfaces bem definidas segundo os fins específicos para o qual se deseja. É comum a utilização de uma ferramenta principal associada a plug-ins, como é o caso do Rhinoceros3D e o Grasshopper, no entanto, isso não é uma regra.

Mesmo que não seja possível listar todos os algoritmos usados na arquitetura, segundo (LIMA, 2015) existe casos mais frequentes com utilização em diversas circunstâncias. Citando os estudos de Terzidis (2006), Kotnik (2006) e El Daly (2009), levanta-se um conjunto de características principais, classificando-os em classes conforme os atributos apresentados (Figura 12):

**Figura 12:** Principais algoritmos utilizados na arquitetura digital

(classe a que pertence)	(algoritmo baseado em)
Geometria Computacional	1- Triangulação de Delaunay 2- Diagrama de Voronoi 3- A* (A-Star)
Sistemas Baseados em Regras	4- Fractais 5- Sistemas-L (L-Systems) 6- Busca Estocástica (Stochastic Search)
Sistemas de Auto-Organização	6- Autômatos Celulares (Cellular Automata) 7- Inteligência Coletiva (Swarm Intelligence)
Otimização	8- Algoritmos Genéticos

Fonte: LIMA, 2015.

Ainda segundo o autor, tais algoritmos, mesmo com suas diferenças, podem ser utilizados de forma combinada. Normalmente é o que ocorre, permitindo que complexidades

sejam ampliadas configurando-se de maneiras também muito complexas.

As associações podem ocorrer por regras modestas, nos trechos de sintaxes que devem cumprir determinados requisitos, na varredura das linhas de comando capazes de retomar a qualquer momento qualquer das etapas de modelização arquitetônica (LIMA, 2015).

Kolarevic (2003, apud. FLORIO, 2012), acredita que a aplicação dessas novas técnicas de modelagem geométrica e fabricação digital na construção de edifícios, nos alertam sobre a necessidade e a importância conhecer mais sobre geometrias não euclidianas, topologia, parametrização e NURBS<sup>6</sup> (Non Uniform Rational Beta Splines). Para ele, os exemplos do que recentemente se tem produzido na arquitetura internacional, representa de forma clara que a modelagem paramétrica e a fabricação digital têm amparado engenheiros e arquitetos na renovação dos modos de se produzir e construir.

<sup>6</sup> NURBS (Non Uniform Rational B-Spline), é um método de construção de superfícies geométricas com importantes propriedades matemáticas e computacionais construídas pela combinação de funções racionais por

partes. Constituem modelos geométricos a partir de planos com pontos de controle. (ROCHA, 2016).

### 3.2 BIOMIMÉTICA COMO ABORDAGEM TECTÔNICA PARA O PROCESSO DE PROJETO: práticas híbridas e aproximações com métodos digitais

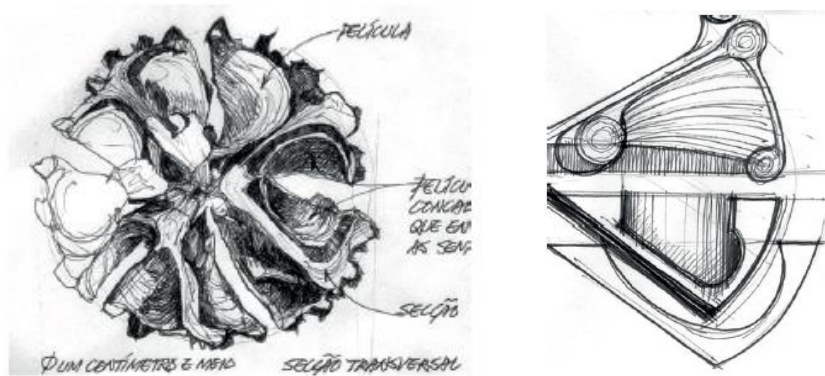
São muitos os métodos de exploração formal que participam de um processo criativo, e que conforme exposto anteriormente, foi se desenvolvendo ao longo do tempo sob diversos estudos que caracterizaram os elementos estruturantes dos processos de projeto. Nesse sentido, o desenvolvimento da ciência moderna e da tecnologia na conformação de práticas híbridas, permitiram com que as áreas de investigação científica e tecnológica se dividissem cada vez mais, possibilitando a integração de diferentes áreas do conhecimento na proposição de práticas novas em criação.

Nascida na década de 1960, a biônica tinha o objetivo de descobrir novas possibilidades e princípios que pudessem de algum modo, se associar à tecnologia, estudando de maneira sistemática os sistemas vivos ou que fossem assimiláveis pelos vivos. A biônica como uma metodologia de análise/abstração, além de uma ciência universal, compreende também uma estrita cooperação de profissionais e técnicos

especializados em diferentes áreas (biologia, fisiologia, psicologia, biofísica, cibernética, matemática, eletrônica, engenharia, entre outras), haja vista as relações de auxílio mútuo para obtenção de soluções. Além disso, constitui importante auxílio na busca de respostas projetuais (Figura 13) baseado nas informações e abstrações obtidas pelas relações que diferentes materiais biológicos estabelecem com o espaço (estudos de caráter mecânico, energético, acústico e ótico), com o objetivo de criar melhores condições materiais para a vida humana (HSUAN-NA, 2018).

“A biônica estuda primeiramente características funcionais e estruturais do modelo biológico. Em seguida, realiza a análise dos dados colhidos e constrói o modelo matemático. Nesta etapa, os fenômenos biológicos são analisados de maneira que sua essência seja extraída. A última etapa é a aplicação dos princípios biológicos descobertos” (HSUAN-NA, 2018).

Figura 13: Sínteses e Análises Diversas de estudo da casca de um fruto



FONTE: HSUAN-NA, 2018.

As relações estabelecidas com os elementos naturais permitem a construção de referências que acompanham o ser humano desde o seu nascimento. Toda a sua vida é permeada pela interação com o meio, sendo sua própria existência interrelacionada a tais fatores. As mutações e adaptações que a natureza é condicionada mediante os múltiplos contextos de nossa existência, permitem construir sentidos que de forma

consciente ou inconsciente está sempre traçando novas respostas, seja para a resolução de um problema ou criação de algo novo.

Nesse sentido, as conexões de aspectos abstratos ou concretos ligados aos elementos naturais que compreendem uma existência, constroem e transformam as percepções estéticas e segundo Vassão (2016), "*impõe que se elabore o ecossistema por meio da topologia*". O autor também acredita que da mesma forma, para o metadesign<sup>7</sup>, termo designado para explicar a capacidade de projetar o próprio processo de projeto, a topologia representa um meio eficiente para a descrição do processo criativo e seus produtos. Além disso e citando Piaget (et. al, 1969), representa também um modo basal pela forma como se compreende os espaços e as relações compositivas que acontecem na natureza e no mundo tecnológico.

<sup>7</sup> O termo "Metadesign" é compreendido segundo Andries Von Onck a partir de 1960, como sendo o "processo de projeto do próprio processo" (AGUIAR, 2015). Em 1980, o termo passou a ser atribuído à utilização de tecnologias

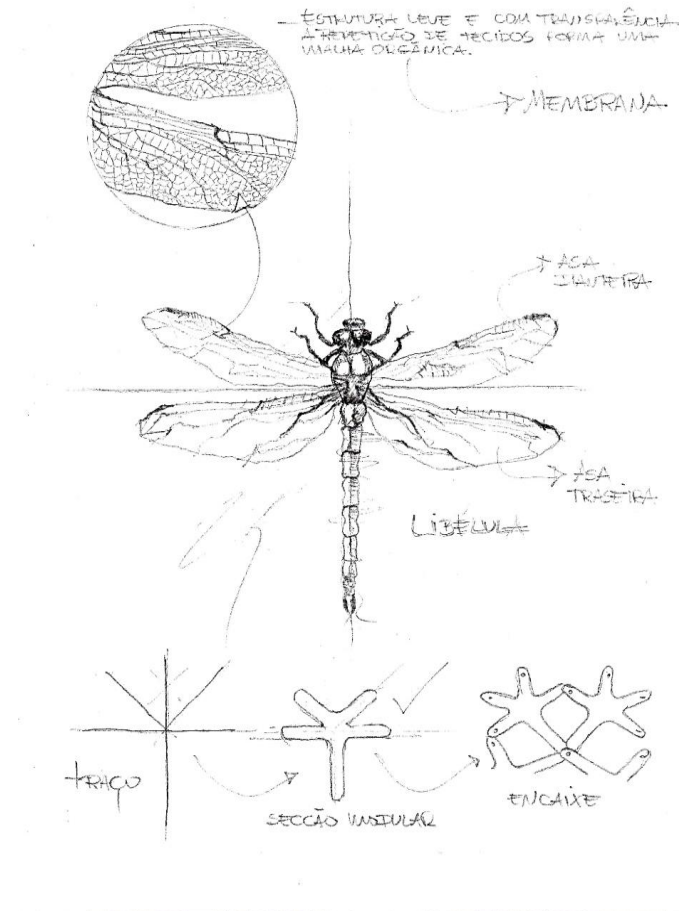
da informação e tem aparecido até os dias atuais, como uma questão tanto teórica quanto metodológica operacional.



Ademais e conforme apontado por Moholy-Nagy<sup>8</sup> (apud. HSUAN-NA, 2018) compreende elementos importantes para adaptar processos e estruturas naturais em artefatos técnicos e aplicações análogas para o design (Figura 14). Diversas formas e elementos naturais apresentam diferentes padrões estético-formais que, muito embora não sejam geométricos de modo geral, podem ser sintetizados em esquemas geométricos simples através de princípios já conhecidos pela teoria e crítica de projeto – simetria, assimetria, movimento, ritmo, harmonia, equilíbrio, concordância, proporção, etc.

A superfície curva de uma folha comprida cria certa resistência e estabilidade. Casca de ovo, carapaça de tartaruga e conchas, por exemplo, têm superfícies curvas, às vezes finas, mas sua resistência contra a força exterior é relativamente grande. Princípios estruturais e formais inspirados em tais seres já são amplamente aplicados na arquitetura e na engenharia (HSUAN-NA, 2018).

**Figura 14:** Análise de forma e elementos estruturantes da Libélula. Resultado de análise biônica do experimento desta pesquisa.



Fonte: O próprio autor, 2020.

<sup>8</sup> Diretor da New Bauhaus, fundada em 1937 em Chicago – Estados Unidos

Dessa forma, o que se observa é que discussões inovadoras com abordagens abrangentes e envolvidas em diversos segmentos da prática de projeto, são advindas da inspiração na natureza. E é por meio desse contexto, com diferentes pesquisas desenvolvidas no século XX, que surge o termo Biônica e o mesmo se consolida como uma ciência. Em debates e reflexões mais contemporâneas, especialmente do que se trata complexidade de projetos e sustentabilidade, observaremos a utilização de outros termos como Biolerning, Bioinspiração e Biodesign, sendo que hoje talvez o mais difundido seja a Biomimética (AGUIAR, 2015).

### 3.3.1 Biomimética e Arquitetura

A biomimética (em inglês, Biomimicry) surge na década de 1970, como um conceito que se insere após a aparição do termo Biônica, sendo criado pelo casal John Todd e Nancy Jack-Todd, por meio do grupo *The New Alchemy Institute*. Segundo o grupo, trata-se de encontrar soluções mais sustentáveis para as necessidades humanas a partir do estudo

da ecologia, biologia e da abordagem de sistemas biocibernéticos (WAHL, 2006, apud. AGUIAR, 2015).

O Biomimetismo ou a Biônica são abordagens tecnologicamente orientadas para aplicar as lições de design da natureza buscando solucionar os problemas do homem. Os estudos da Biomimética são embasados nas soluções naturais de projeto, decodificando geometrias e funcionamentos, na busca do melhor aproveitamento e do menor gasto de energia (DETÂNICO E SILVA, 2010).

Segundo o que aponta Wahl (2006), há uma interpretação que sugere algumas diferenças entre a Biônica e a Biomimética ao abordar design e natureza. Para ele, apesar de estarem situadas em discussões muito próximas, as mesmas são baseadas em diferentes concepções da relação entre natureza e a cultura. Por um lado, enquanto a Biônica se traduz pela manipulação e controle da natureza em diferentes aspectos para o fim que se deseja, a Biomimética constitui uma participação e contribuição mais ampla para a sustentabilidade, uma vez que além de imitar a forma biológica, inclui também o conceito de replicação do comportamento de seres biológicos.

Janine Benyus (2003) documentou suas descobertas após um número extenso de pesquisas, que relacionam o termo a partir dos seguintes elementos norteadores:

**a. A natureza como modelo:** A biomimética é uma nova ciência que estuda os modelos da natureza e depois imita-os ou inspira-se neles ou em seus processos para resolver os problemas humanos

**b. A natureza como medida:** A biomimética usa um padrão ecológico para ajuizar a “correção” das nossas inovações. Após 3,8 bilhões de anos de evolução, a natureza aprendeu: O que funciona. O que é apropriado. O que dura.

**c. A natureza como mentora:** A biomimética é uma nova forma de ver e valorizar a natureza. Ela inaugura uma era cujas bases assentam não naquilo que podemos extrair da natureza, mas no que podemos *aprender* com ela.

Para a autora, tratando-se de uma sociedade onde estamos acostumados a dominar ou “melhorar” a natureza, poder imita-la a partir de uma abordagem respeitosa e essencialmente nova, se conforma em um processo genuíno de

revolução (DETANICO E SILVA, 2010). De forma diferente do que aconteceu na Revolução Industrial, o que podemos chamar de Revolução Biomimética se apresenta como uma era pautada não no que se poderia ser extraído da natureza, mas sim sobre como é possível aprender com ela.

Na prática e no ensino de Arquitetura e Design, a biônica e a biomimética se condicionam não somente como uma efetiva aplicação para criação de objetos e obras arquitetônicas, mas uma possibilidade didática de grande potencial de invocação da curiosidade, da experimentação e das descobertas.

Na aplicação da biônica no ensino do design, o método indicado deve ser baseado no uso de princípios biológicos ou técnicos, pois seus produtos pertencem aos sistemas biônicos analógicos sintéticos, mais especificamente aos sistemas técnicos que se baseiam no uso de princípios biológicos. As asas de avião criadas no uso de princípios aerodinâmicos das asas da gaivota, por exemplo, são um dos produtos que pertencem a esses sistemas. Portanto, o método utilizado – análise biônica – para o estudo e a criação da forma deve fazer parte desses sistemas. Embora a biônica concentre-se mais na criação de comportamentos análogos, devido às

necessidades das soluções funcionais e tecnológicas para objetos utilitários ou máquinas de todos os tipos e graus de complexidade, a morfologia estrutural deve ser enfatizada, no sentido de privilegiar a analogia estético-formal, em função do desenvolvimento maior da linguagem comunicativa do design e da arquitetura. Essa preocupação poderia evitar uma orientação demais racional, analítica e funcionalista no ensino e na aprendizagem que tem o anseio de desenvolver a percepção estética dos alunos (HSUAN-NA, 2018. P. 18).

No que diz respeito a citação anterior, podemos utilizar como um profissional que aplica conceitos da Biomimética na Arquitetura, o arquiteto, engenheiro e artista espanhol Santiago Calatrava. O mesmo, em suas obras, se destaca pelo uso da referência à dinâmica dos organismos vivos, especialmente se considerarmos a morfologia estrutural adotada. O arquiteto procura evidenciar, em particular, esqueletos animais e estruturas geométricas que conferem a ideia de movimento, ainda que o caráter técnico e funcional dos elementos sejam o de proporcionar estabilidade e rigidez (Figura 15)

**Figura 15:** Museu de Arte de Milwaukee, do Arquiteto Santiago Calatrava, com inspiração no abrir e fechar das asas de um pássaro.



Fonte: ARCHDAILY, 2017

Mais recentemente e com as relações permitidas pelo uso das tecnologias digitais nos processos de projeto, o metadesign como uma abordagem de recursos e suportes para soluções complexas tem engendrado possibilidades interessantes para a biomimética em arquitetura. Isso porque,

com um maior entendimento sobre as etapas e a manipulação das mesmas para a própria conformação do processo, é possível associar o uso por exemplo do design computacional, para uma combinação mais eficaz e elucidativa.

A biomimética compreende níveis de abstração e síntese em perspectivas, por vezes difíceis, e considerando o entendimento de Vassão (2016) sobre ecossistemas, o autor reafirma a condição do uso de meios digitais para tal. Para o autor, é importante reconhecer que os ecossistemas superam as investigações centradas no estudo de ecologia, sustentabilidade e preservação ambiental. Ele estende esse conceito com novas abordagens, considerando as sociedades humanas e suas criações tecnológicas, as cidades e as políticas locais/globais, e entendendo-as como elemento fundamental para a transformação e apropriação das ferramentas de elaboração e comunicação quanto as questões ecológicas.

É com isso em mente e com base no entendimento de processos de projeto em tempos de transformações tecnológicas, que se relaciona então, biomimética, metadesign e design computacional. Ao se apropriar dos elementos que

estruturam tais conceitos, temos uma combinação entre metodologias e ferramentas que de forma e caráter transdisciplinar, possibilitam o que para Vassão (2010) abarca um “espaço de possibilidades”, gerando alternativas inovadoras na proposição de espaços e produtos melhores que participam das experiências do ser humano.

### 3.3 COGNIÇÃO EM PROGRAMAÇÃO DE PROJETO

De acordo com Aish e Hanna (2017), compreender os impactos do design paramétrico sobre a produção do ensino, são muito importantes para a crítica e o estudo nas relações distintas que se estabelecem entre as plataformas atualmente disponíveis. A produção de experimentos que avaliam a aprendizagem dos alunos com relação aos softwares de design paramétrico, pode assumir uma curva de aprendizado diferente entre os mesmos, e considerando as diferentes dimensões cognitivas, engendrar diversos impactos sobre as formas de produção da arquitetura.

Landim (2019) aponta que o uso das linguagens de programação visual (*Visual Programming Languages* ou LVPs), é considerado um dos eventos que impulsionaram a inserção da computação nos processos de projeto. Trata-se de um formato que utiliza uma linguagem onde seus usuários não precisam especificá-la textualmente. Dessa forma, sendo possível sua manipulação de forma gráfica e com conceitos mais próximos das práticas que se observam no ensino quando comparado a outros padrões de programação (Figura 16).

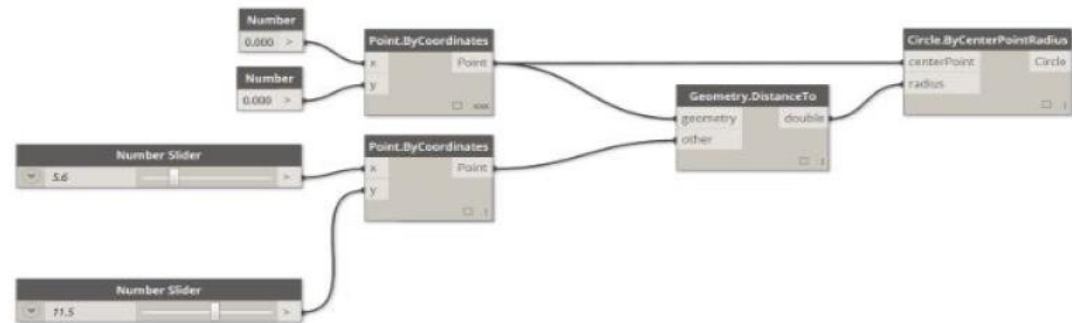
Na arquitetura, sua difusão aconteceu especialmente após o lançamento de alguns programas, que atualmente, são bastante utilizados. De acordo com Landim (2019), são eles: o *GenerativeComponents* (Bentley), lançado em 2003 (AEC MAGAZINE, 2005), *Grasshopper* (McNeel), disponibilizado em 2007 e o *Dynamo* como um *plug-in* para o programa *Revit* (Autodesk), lançado em 2011. Nesse sentido, a utilização desses programas permitiu que a computação se tornasse mais acessível para um grande grupo de arquitetos não programadores (AISH, 2013).

Figura 16: Algoritmo descrito em programação textual (Design Script) e programação visual (DynamoBIM)

### TEXTUAL

```
myPoint = Point.ByCoordinates(0.0,0.0,0.0);
x = 5.6;
y = 11.5;
attractorPoint = Point.ByCoordinates(x,y,0.0);
dist = myPoint.DistanceTo(attractorPoint);
myCircle = Circle.ByCenterPointRadius(myPoint,dist);
```

### VISUAL



Fonte: LANDIM, 2019

Devido às limitações no uso de processos computacionais, é comum verificar a disponibilização de ferramentas pré-definidas em alguns softwares de desenvolvimento de projetos. Um exemplo são os aplicativos CAD (*Computer Aided Design* ou Desenho Assistido por Computador) e BIM (*Building Information Modeling* ou modelagem da Informação da Construção), que possibilitam a partir desses elementos a modelagem geométrica tridimensional de forma prescritiva.

Burry (1997), acredita que a base desses softwares determina uma norma, uma ordem ou regra de uso, e dessa forma, podendo gerar barreiras para a concepção projetual, ainda que sem intenção e com possibilidades diferentes de exploração. Uma primeira consideração a respeito disso, seria que os arquitetos aprendessem a programar, para que dessa forma, auxiliassem no desenvolvimento e na personalização de aplicativos de projetos arquitetônicos. Outra alternativa ainda segundo o autor, seria considerar o uso da programação visual nessas novas abordagens. Isso porque é comum que o arquiteto se depare com problemas de lógica, estruturação de

dados e linguagem de programação motivados pelo desconhecimento de base do setor de computação.

As restrições apontadas no parágrafo anterior, por vezes, induzem o profissional a realizar mudanças no processo apenas como uma forma para acomodar erros de códigos e resultados inesperados no projeto (TERZIDIS, 2006; DAVIS, 2013; LEITÃO, 2013 apud. LANDIM, 2019).

(...) os usuários tendem a adotar as técnicas de modelagem que eles sabem que são uma boa aposta para a ferramenta de CAD particular que eles estão usando, ao invés de se concentrar nas técnicas de modelagem que melhorem o problema de projeto que eles têm" (LEITÃO, 2013, p.97).

Davis (2013) e Terzidis (2006) trazem algumas inquietações acerca da programação em arquitetura. Para ambos os autores, há uma falta de transparência entre o que de fato definem as escolhas em decorrência de aspectos cognitivos de utilização dessas ferramentas. A crítica acontece uma vez que as intenções de projeto passam a ser comprometidas ao se deparar com as limitações que a escolha ou o uso de uma linguagem de programação pode representar

para o arquiteto. Os projetos ao invés de serem reconstruídos ou estruturados com partes mais manipuláveis, passa a ser justificado pela sua forma final, sem que haja de fato um controle sobre suas etapas.

Leitão e Santos (2011), a partir do pensamento de Locke (1690), acreditam que a linguagem de programação é um meio formal de expressão, ou seja, não podendo ser representado como apenas mais um modelo computacional de execução de operações. A mesma precisa corresponder aos processos do pensamento humano, que inclui a capacidade de formular, abstrair e combinar formas ou métodos para se alcançá-la, seja para contextos gerais ou contextos complexos.

É necessário, portanto, dar mais atenção à linguagem escolhida, porque o fim último de se usar uma linguagem de programação nesses sistemas é gerar um modelo: é o modelo que importa, é ele o objetivo, não o algoritmo (...) Como nosso sistema cognitivo atribui significado às coisas a partir da correlação de imagens, das quais o corpo todo participa, e não através de manipulações simbólicas, a associação entre o modelo e o código deve ser a mais direta possível, de modo a se criarem menos barreiras para a aprendizagem. (SOUZA, 2018)

Tal situação nos leva a perceber que o conhecimento amplo sobre as diferentes linguagens de programação, possibilitam ao usuário o domínio e o controle das estratégias que serão utilizadas em seus processos. Além disso, e conforme apontado por Sebesta (2011), que os processos mentais são expandidos.

(...) o estudo de conceitos de linguagens de programação constrói uma apreciação de recursos e construções valiosas das linguagens e incentiva os programadores a usá-las, mesmo quando a linguagem utilizada não oferece suporte direto para esses recursos e construções (SEBESTA, 2011, p. 20 apud. Landim, 2019).

Alguns estudos e experimentos práticos realizados recentemente com programação em arquitetura tem sido feito para avaliar o processo de projeto e cognição, no entanto, abrangendo amostras pequenas cujas quais não podem representar uma generalidade sobre os arquitetos e designers. Ademais, verifica-se pelo exposto até então, que o conhecimento sobre os impactos ocasionados pela inserção do design computacional continue a explorar diferentes situações,



seja pelos seus contextos naturais, seja por formas isoladas e sem a influência de agentes externos.

Uma vez que novas pesquisas forem sendo feitas, conseguiremos construir ferramentas com recursos melhores, e diminuir as barreiras cognitivas, além de possibilitar a arquitetos e estudantes um enfoque mais autônomo para o projeto e seu próprio processo. Cabe ressaltar que nesse sentido, o processo pelo qual se refere e se deseja maior clareza, sejam os que se direcionem para as decisões de projeto e de escolha das ferramentas para atingi-lo, e não os que envolvam procedimentos complexos de estruturação da própria ferramenta, uma vez que nem sempre tais conhecimentos criem aplicações diretas e lógicas para a arquitetura.

### 3.4 EXPERIÊNCIAS COM DESIGN COMPUTACIONAL NO ENSINO DE ARQUITETURA NO BRASIL

De acordo com Tramontano (2016), tem sido crescente o número de cursos de arquitetura brasileiros que estão utilizando programas computacionais paramétricos em

disciplinas de projeto. Atualmente, temos alguns bons exemplos de centros de pesquisa com excelência no desenvolvimento de novas soluções, implantando por meio de laboratórios de fabricação digital, ambientes para o ensino e a aprendizagem em algumas instituições brasileiras.

Entretanto, é importante ressaltar que a inserção de tais centros, enfrentam alguns desafios, sejam eles de ordem econômica e/ou ordem social. Isso acontece por dois fatores principais: o primeiro, é que sua aquisição e manutenção ainda tem um custo bastante elevado, e o segundo, é que para além disso, há também algumas limitações no que se refere ao emprego dessas técnicas, tanto pela falta de mão de obra especializada quanto pela própria organização didática e cognitiva para o ensino de design computacional.

Em 2011, a Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo (FAUUSP), inaugurou um laboratório de fabricação digital atualmente situado no laboratório de modelos e ensaios da unidade, sendo este filiado à rede mundial liderada pelo MIT. Todavia, existem outros laboratórios que apesar não possuírem a mesma filiação, sem dúvidas

constituem importantes núcleos de pesquisa para o cenário nacional. São eles: o LAPAC (Laboratório de Automação e Prototipagem para Arquitetura e Construção – UNICAMP ), o Laboratório de Estudos Computacionais em Projeto (UNB) e o grupo NOMADS.USP (núcleo de estudos de habitats interativos da Universidade de São Paulo) que atualmente, integra o laboratório à disciplina de projeto 3 no curso de Arquitetura e Urbanismo do IAU-USP. Além disso, são implementadas também diversas atividades extensionistas, composta por uma grande equipe de professores e pesquisadores, colaborando com questões práticas e teóricas inerentes ao assunto.

No caso da disciplina de Projeto 3 do curso de arquitetura e urbanismo do IAU – USP, são propostos aos alunos, exercícios que tem suas premissas oferecidas pela parametrização, com a adequação local de projetos por meio da manipulação de alguns desses parâmetros. *Propõe-se que equipamentos públicos conformando redes urbanas possam ser desenhados a partir de um programa único e geral fornecido pela administração pública, adequando o projeto a situações*

específicas em diferentes partes de uma cidade, mas que, no entanto, seus componentes construtivos sejam produzidos em massa, graças a possibilidade de customização em série que a fabricação permite. (TRAMONTANO, 2016).

“De duração semestral, a disciplina de Projeto 3 tem como tema o projeto de uma linha de Veículo Leve sobre Trilhos – VLT, com uma estação em cada uma de suas extremidades e vários abrigos em sua extensão. Após a definição do seu traçado, considerando diversas questões urbanas – em especial, a intermodalidade com o transporte por ônibus e bicicletas – e o desenho de cada trecho da linha, através de cortes transversais das vias públicas e a localização exata de cada abrigo, as equipes de alunos propõem um projeto para uma das estações, usando formas complexas. Esse projeto será, por sua vez, inteiramente detalhado e especificado, no sentido de fornecer um conjunto de soluções técnicas e parâmetros que comporá uma espécie de guia técnico para o restante do exercício. Em seguida, cada aluno da equipe, individualmente, se apropria dos princípios do projeto da estação, desenvolvido em equipe e, por alteração dos valores atribuídos aos seus parâmetros, trabalha no desenho de um dos diversos abrigos da linha” (TRAMONTANO, 2016).

Durante esse processo, vários protótipos físicos são produzidos (Figura 17), tanto pela impressão 3D quanto pelo corte a laser, diretamente gerados pelos programas paramétricos, e que pesquisadores de núcleos da faculdade, mais especificamente do nomads.usp, interagem com os alunos discutindo com as equipes suas escolhas em termos de scripts, auxiliando também no uso das máquinas e dos programas, registrando e observando para avaliações posteriores.

**Figura 17:** Modelos de estações e abrigos de VLT produzidos na disciplina de Projeto 3 no IAUSP – SP sob orientações dos professores Marcelo Tramontano e Renato Anelli no ano de 2014.



Fonte: VITRUVIUS, 2016

Entretanto, o autor ressalta que apesar de seu uso permitir uma grande diversidade formal arquitetônica, na qual ele traduz como geometrias complexas ou geometrias não-euclidianas (cujas formas se configuram por múltiplos planos curvos), ainda há uma confusão com o próprio conceito de parametrização em arquitetura. Segundo ele, essa confusão acontece pela muito recente abertura a exploração dessas formas, na busca de diferir das formas planas e euclidianas, consolidadas como repertório dos arquitetos ocidentais no fim do século XIX à meados do século XX, inicialmente pela Europa, e logo em seguida, por outras partes do mundo por meio da Arquitetura Moderna.

Para ele, essas são as principais diferenças com relação à essa nova forma de projetar, e entende que as mesmas implicam em uma mudança de atitude do arquiteto, e logo, também do professor, em relação ao próprio processo de concepção, elencando aspectos como:

a. Conceber o projeto tridimensionalmente, alterando não mais pontos ou linhas como acontece em programas não paramétricos, exigindo de quem projeta, um conhecimento

prévio de características e elementos do processo construtivo da tecnologia usada;

b. Através dos sistemas generativos, a alteração dos valores de um parâmetro, muda automaticamente todo o objeto projetado, como uma resposta gráfica imediata, reforçando a necessidade de diálogo entre o arquiteto e o programa;

O IAU-USP tem concentrado interessantes trabalhos sobre o assunto, e sem dúvidas, contribuído para o avanço da discussão do emprego da tecnologia no ensino de projeto em disciplinas obrigatórias do curso. Isso é importante porque em um cenário onde poucas escolas fizeram uma reflexão teórico-científica dessas novas realidades, Celani (2008, p. 245) também aponta que a transformação dos métodos de projeto se dá muito lentamente. Tal fato infere que alunos e professores precisam de tempo para assimilar tantas novidades, mesmo que a Unicamp por exemplo (pioneira no Brasil), tenha criado disciplinas eletivas no contexto abordado já a partir de 2004.

“À essa forma de produção de arquitetura, quase inteiramente assistida por computadores, do projeto à fabricação de componentes construtivos, devem

corresponder exercícios didáticos de projeto cuja formulação proponha um treinamento de novas maneiras de conceber o projeto e de produzir os componentes para a execução da edificação projetada. Lidar com geometrias complexas já constituiria um desafio para alunos cuja formação costuma visar o domínio da geometria euclidiana e suas aplicações na arquitetura. Mas além de procurar auxiliá-los a superar dificuldades já mencionadas, acrescidas da necessidade incontornável de aprender diversos programas computacionais e o manejo de máquinas de fabricação, é preciso estimulá-los a explorar as potencialidades dos programas e dos modos de projetar e construir que estes pressupõem” (TRAMONTANO, 2016).



# 4. ■ MATERIAIS E MÉTODOS

Tendo em vista os objetivos deste trabalho e os meios para concretizá-lo, esta pesquisa científica de reduções qualitativa e experimental, foi desenvolvida em duas fases, combinando a revisão de literatura especializada na primeira fase e a construção de um experimento pedagógico em sua segunda fase por meio de um workshop.

O delineamento qualitativo foi estabelecido, pois ancora as relações da pesquisa com multimétodos em foco, abordando o objeto de análise com ênfase em seus ambientes naturais, observando e interpretando as informações de uma maneira holística, buscando não extrair as amostras de seus respectivos contextos. Utiliza-se também estratégias específicas a partir de um recorte na análise de um determinado grupo, compreendendo suas particularidades e modelando hipóteses constantemente (GROAT e WANG, 2013).

Na primeira fase, de modo a delinear o estado da arte e as lacunas científicas da área, efetuou-se uma revisão de literatura, estudando as principais publicações sobre métodos e processos de projeto e sua relação com a forma, aspectos cognitivos de criação e, posteriormente, tendências

contemporâneas do Design Computacional. No caso da busca de teses, foram priorizadas as publicações mais recentes, a fim de se obter as bases iniciais para o desenvolvimento do Capítulo Um, Dois e Três (GIL, 2008).

Na segunda fase, a partir de uma redução científica experimental, buscou-se por meio de experimento pedagógico, compreender os impactos das novas tecnologias nos processos criativos, orientando às tomadas de decisões com relação a forma/estilo na abordagem parametricista proposta por Schumacher (2008). Neste caso, foi selecionado um objeto experimental, elencando variáveis capazes de influenciar a proposição deste objeto, além de definir as formas de controle e os parâmetros a serem observados durante o experimento.

A partir do objeto experimental, determinou-se duas amostras de alunos de arquitetura, sendo a primeira delas composta por estudantes em estágios iniciais (alunos do 1º ao 5º período), entendendo que nesta fase do curso, o subsídio de referências teóricas e projetuais ainda não foram amplamente difundidas e consolidadas na formação do estudante. Para a segunda amostra, foram escolhidos estudantes de estágios

finais da graduação (alunos do 6º ao 10º), compreendendo que, nesta fase, a maioria das disciplinas foram integralizadas e o processo de projeto pode ser desenvolvido cerceado de um repertório de referências e experiências anteriores.

O experimento consistiu na realização de um *workshop* digital, ministrado para os dois grupos simultaneamente por web conferência, e que, posteriormente, foram separados para a realização de um exercício (individual ou de dupla). O controle utilizado, consistiu em um exercício de projeto em escala reduzida, de modo que se contextualizasse a compreensão das percepções individuais e subjetivas que configuram o grupo em duas fases. Desse modo, foi possível fazer uma comparação, tanto entre os grupos, quanto entre as fases do exercício, mediante a inserção das variáveis.

Essa separação aconteceu para a observação de uma possível influência do repertório de conhecimentos e práticas adquiridas na trajetória durante a graduação na resposta do exercício. Nesta etapa, foi essencial compreender como os indivíduos perceberam suas próprias circunstâncias.

Como variável independente (tratamento), utilizou-se as estratégias de ensino, que, na primeira fase do experimento pedagógico, consistiram de ferramentas tradicionais no processo de projeto conforme apontado no referencial teórico desta dissertação (croquis, maquetes físicas e/ou maquetes eletrônicas caso algum aluno de modo espontâneo queira utilizar), seguido, na segunda fase, da inserção da modelagem paramétrica no desenvolvimento do exercício. A variável dependente, sobre a qual incidiu o resultado, foi o próprio exercício de projeto, idêntico em ambas as fases e que consistiu na produção de um equipamento urbano de pequena escala (pavilhão) desenvolvido por abstrações de forma inspiradas no processo de análise biônica.

A escolha pela inserção da análise biônica no exercício de projeto, tanto da primeira fase, quanto da segunda, se deu como estratégia para processo de abstração e síntese focado no estudo da forma (objeto relevante desta investigação) com possibilidades de exploração pelos dois métodos (método tradicional e modelagem paramétrica). Além do mais, os recursos computacionais trazidos pelos aplicativos garantiram

opções menos limitadas de recursos na exploração das formas complexas se comparado aos processos manuais, podendo ser uma possibilidade de contribuição nas análises e verificações do ponto de vista cognitivo. Outro aspecto importante nesta escolha, se deu pela aproximação da biomimética em processos contemporâneos de projeto e da potencialidade de exploração com os recursos avaliados na pesquisa. Essas relações com a arquitetura paramétrica acontecem não somente do ponto de vista formal, mas de organização espacial e estudos comportamentais de naturezas diversas.

Na observação das influências das variáveis nas amostras foram utilizadas múltiplas táticas, conforme aponta Groat e Wang (2013): exercício visual baseado em colagens experienciais<sup>9</sup> - utilizado para analisar as percepções dos alunos a partir da coletar dados sobre as relações que cada um estabelece com edifícios de diferentes características, de linguagem ou elementos estéticos, dentro da produção

contemporânea de projeto - entrevistas estruturadas com aplicação de questionário e registro imagético das propostas práticas da experiência pedagógica.

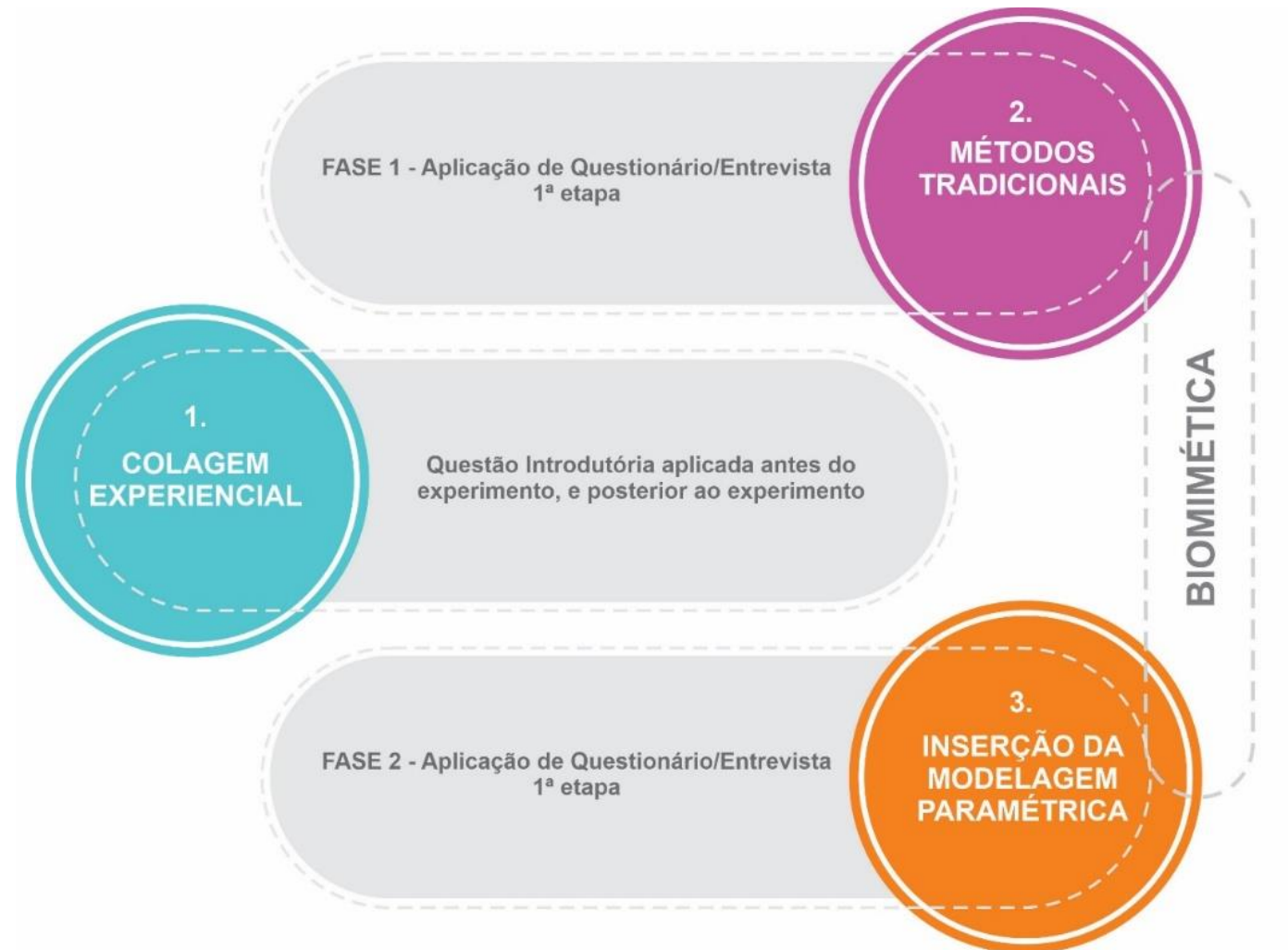
O uso de tais elementos combina-se à compreensão dos parâmetros e objetos de interesse definidos por eixos temáticos (Figura 18 e 19) com o objetivo de responder as lacunas da pesquisa na investigação e análise dos resultados.

---

<sup>9</sup> Conforme aponta Groat e Wang (2013), trata-se de um exercício baseado em elementos visuais como parte de uma questão de múltipla escolha.

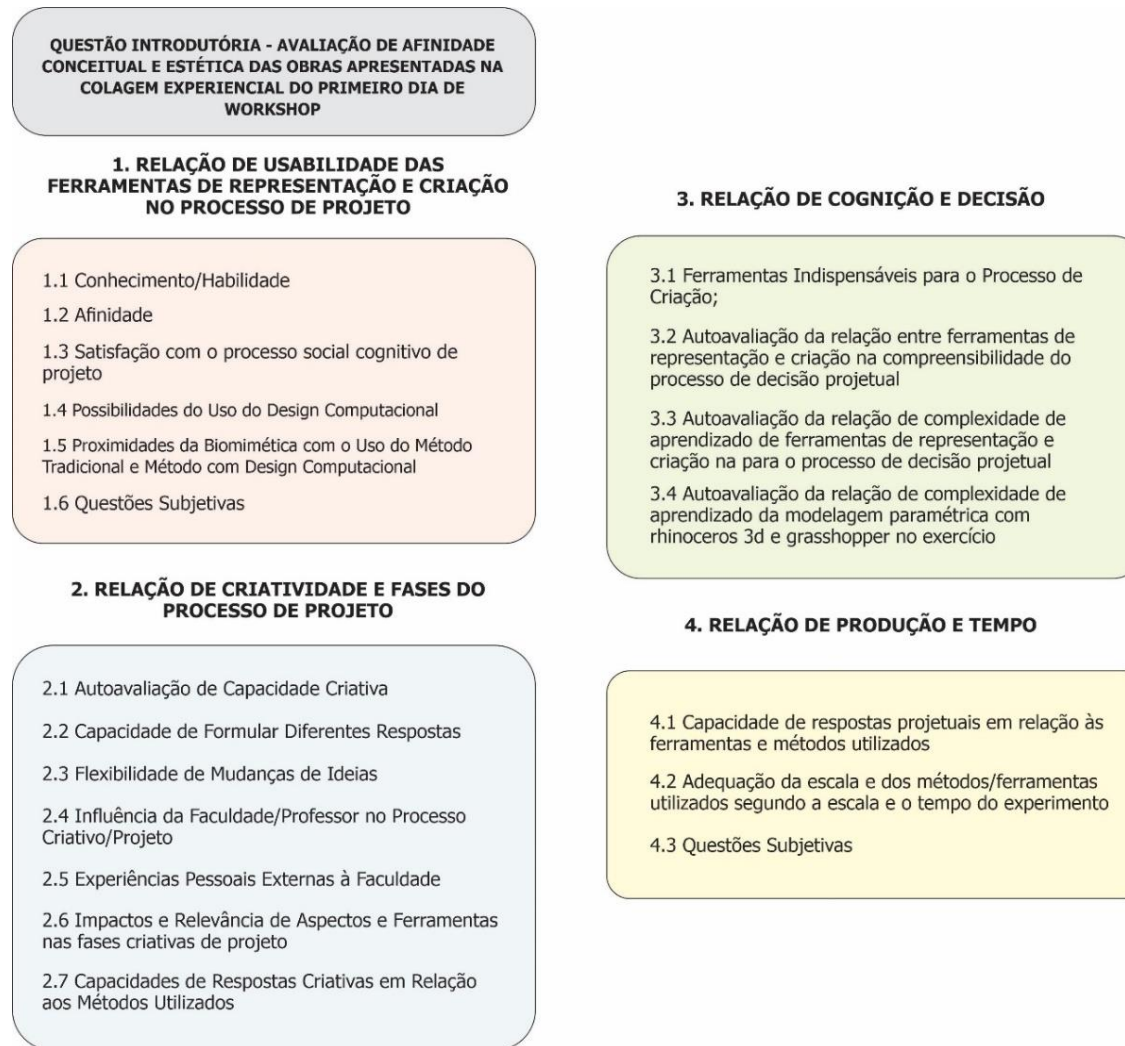


Figura 18: Digrama dos procedimentos metodológicos da pesquisa



Fonte: O próprio autor, 2020.

Figura 19: Diagrama da estruturação dos procedimentos metodológicos com a descrição dos eixos temáticos abordados no questionário



Fonte: O próprio autor, 2020.

#### 4.1 O WORKSHOP – ARQUITETURA BIOMIMÉTICA: INFERÊNCIAS SOBRE A INSERÇÃO INCREMENTAL DA MODELAGEM PARAMÉTRICA

Como ferramenta de obtenção de dados em caráter experimental, o workshop foi escolhido tendo em vista o prazo para o desenvolvimento da pesquisa, bem como o potencial catalisador de táticas e procedimentos metodológicos adotados e os fins para os quais se desejam alcançar as respostas (objetivos específicos e eixos temáticos). Por se tratar de uma experiência pedagógica, foi possível através do *workshop*, simular um ambiente de sala de aula com a introdução de um novo conhecimento dentro da prática de projeto. O objetivo foi avaliar, comparar e construir hipóteses sobre a inserção incremental da modelagem paramétrica e de fundamentos da biomimética no processo de projeto arquitetônico, frente ao modelo, excluídas as pretensões de generalização amostral, tradicionalmente reproduzido na educação superior de Arquitetura e Urbanismo.

O *workshop* com o tema “ARQUITETURA BIOMIMÉTICA: Inferências Sobre A Inserção Incremental da Modelagem

Paramétrica”, foi desenvolvido em dois dias nos dois turnos (matutino e vespertino) e totalizou 16 (dezesesseis) horas de duração com uma média de 24 (vinte e quatro) participantes (Figura 20).

Figura 20: Folder de Divulgação do Workshop

**O EVENTO:**  
O workshop é fruto de um experimento de uma pesquisa de mestrado do programa de pós-graduação da Universidade Federal de Uberlândia e tem como principal objetivo expor e comparar o uso de ferramentas de apoio ao processo de projeto utilizando a análise biónica/biomimética (inspiração e abstração em elementos naturais) na criação e proposição de formas. Além disso, refletir sobre a aplicação de métodos tradicionais e os métodos em design computacional, com ênfase especial na modelagem paramétrica utilizando o Rhinoceros 3D e o Grasshopper 3D, a fim de verificar os impactos na prática e no ensino de arquitetura.

**A PROGRAMAÇÃO:**  
O evento ocorrerá em 2 (dois) sábados – 09 e 16 de maio de 2020 - No período entre 08:00h e 12:00h e 14:00h as 18:00h por meio de transmissão virtual via Google Meet, que dentre exposições teóricas e exercícios práticos, terá como produto final para validação e emissão do certificado, a resposta de questionário e um exercício de projeto feito individualmente ou em dupla (um para cada sábado).

Será uma ótima oportunidade não somente de aprendizado, mas para contribuições relevantes na pesquisa em questão e em discussões que debatem o assunto, e por esse motivo, é bastante importante a participação, interação e o compromisso durante todo o evento.

**INSCRIÇÕES E INFORMAÇÕES:**  
As vagas são limitadas ao número máximo de 35 pessoas e o evento é gratuito.  
Para fazer a inscrição ou maiores informações, acesse o link: <https://forms.gle/au6x97h21XLAHsjv8>

Obs: Será criado um grupo no Whats App para dúvidas mais específicas, informes gerais e postagem de link da transmissão e do material de apoio.

**RESPONSÁVEIS:**

Arq./Prof. Esp. Agabo Carvalho  
Mec. Estudante UFU

Thiago Silva  
Estudante/Arq. Urb. UFU



Fonte: O próprio autor, 2020.

Os participantes foram recrutados por meio de divulgação em centros acadêmicos e coordenações de cursos de diferentes faculdades de arquitetura, que foi composto por estados da região sudeste e centro-oeste, contexto pela qual está sendo desenvolvida a pesquisa. O critério estabelecido para a participação na experiência era o de estar matriculado no curso de graduação de arquitetura e urbanismo, e não foram exigidos conhecimentos prévios de desenho, maquete ou modelagem virtual.

Por ter sido realizado de forma totalmente virtual em transmissão remota, foi possível reunir alunos de São Paulo, Minas Gerais e Goiás, de diferentes cidades e faculdades, o que permitiu uma maior difusão de processos cognitivos socialmente replicados por suas instituições de origem, dinamizando as referências formativas em suas abordagens “individuais” e integrando-as como elemento diversificador nas técnicas possibilidades para a realização da atividade.

A divisão em duas etapas, ministradas em dois sábados sequenciais, aconteceu com o objetivo de traçar exercícios com técnicas diferentes e que possibilitaram a concretização da

análise comparativa. Desse modo, em um sábado foi adotado o modelo tradicional de processo de projeto e as possibilidades projetuais por meio das técnicas de análise biônica, e no outro, a inserção incremental da modelagem paramétrica por meio de um treinamento no aplicativo “Rhinceros 3D” e “Grasshopper”, ambos, em sua última versão (Rhino 6). É importante ressaltar que o elemento natural escolhido para a análise biônica foi escolhido no primeiro dia pelos próprios alunos, sendo condicionada a utilização do mesmo nas duas etapas do exercício. No início e ao final de cada dia, foi aplicado então as táticas e os procedimentos de coleta de dados mencionados anteriormente (Colagem Experiencial, Entrevistas e Questionários).



# 5 ■ EXPERIMENTO PEDAGÓGICO, DADOS COLETADOS E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Este capítulo se dedica à apresentação estrutural e sistematizada dos dados pela qual se desenvolveu o exercício pedagógico, no que se refere ao delineamento experimental mencionado no capítulo anterior (Materiais e Métodos). O objetivo foi detalhar a experiência, tanto pelas táticas e procedimentos metodológicos, quanto pelas abordagens das quais os mesmos foram inseridos a fim de se fundamentar as análises e considerações. Como grande parte dos procedimentos adotou a utilização de questões objetivas por meio de um questionário, foi possível quantificar e explicar os dados por meio de diagramas e gráficos, e que para efeitos de considerações nas análises de impactos, foram obtidos através das médias aritméticas dos itens avaliados e separados pelos dois grupos da amostra (alunos de estágios iniciais - 1º ao 5º período; alunos de estágios finais – 6º ao 10º período). Desse modo, foi possível observar e evidenciar graficamente as variações entre uma etapa e outra.

## 5.1 COLAGEM EXPERIENCIAL

Como procedimento/tática adotado ao início de cada dia/etapa do Workshop, foi dinamizado com os participantes a aplicação de uma colagem experiencial digital, no qual são expostas 6 (seis) imagens de projetos contemporâneos (Figura 21). Os projetos são de arquitetos com reconhecimento nacional e internacional, e que, dentro de um contexto de possibilidades, foram selecionados por possuírem diferentes linguagens e processos de projeto que refletem para a abordagem. Os resultados dessas diferenças são evidenciados facilmente pela observação do edifício considerando suas geometrias e aspectos estéticos. O objetivo foi analisar e identificar por meio de até 3 (três) escolhas, os projetos que traçam uma afinidade conceitual e estética, independentemente dos conhecimentos técnicos e individuais de cada participante ou do conhecimento prévio do processo de projeto de cada obra.

Além disso, procurou avaliar se há causalidades entre as afinidades individuais, em relação ao conhecimento ou a própria



linguagem de produção na trajetória acadêmica, observando se a percepção estética muda conforme os recursos e ferramentas de projeto após a participação na experiência. E mais, se independentemente do conhecimento de novas técnicas, a linguagem e a cognição do estudante permanecem como elemento essencialmente subjetivo e inerentes às escolhas projetuais, considerando os contextos múltiplos tanto enquanto indivíduo quanto como futuro profissional da arquitetura.

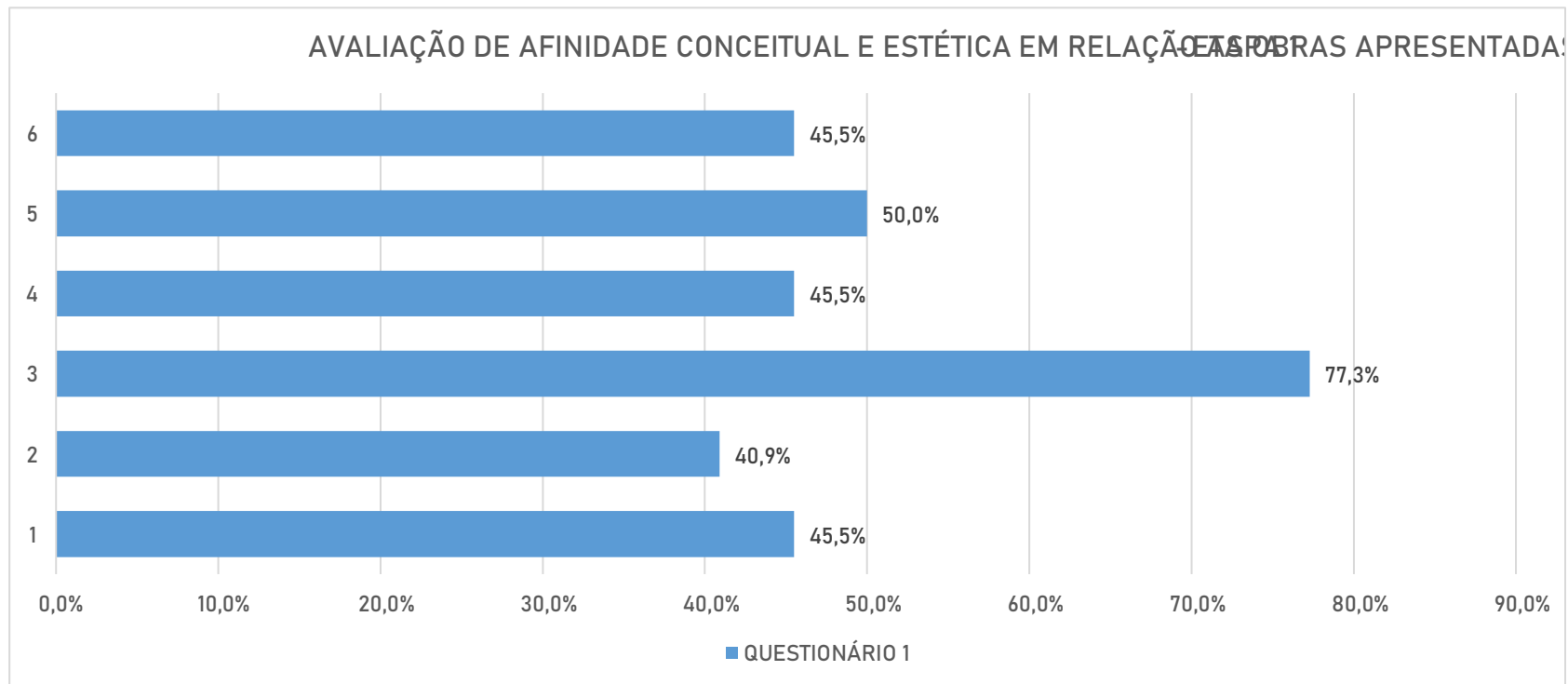
**Figura 21:** Colagem Experiencial com base na Obra Contemporânea de seis Arquitetos com destaque na arquitetura



FONTE: O Próprio autor, 2020

Os projetos são, respectivamente, Bercário Prime – Studio MK27 (1); Museu Guggenheim Bilbao - Frank Gehry (2); Centro Heydar Aliyev – Zaha Hadid (3); Centro Cultural Internacional Oscar Niemeyer – Oscar Niemeyer (4); Estádio Nacional de Pequim - Ai Weiwei, Jacques Herzog, Pierre de Meuron, Li Xinggang (5); Praça das Artes – Brasil Arquitetura (6).

Figura 22: Avaliação de afinidade conceitual e estética das obras apresentadas na colagem experiencial do primeiro dia de Workshop



FONTE: O Próprio autor, 2020

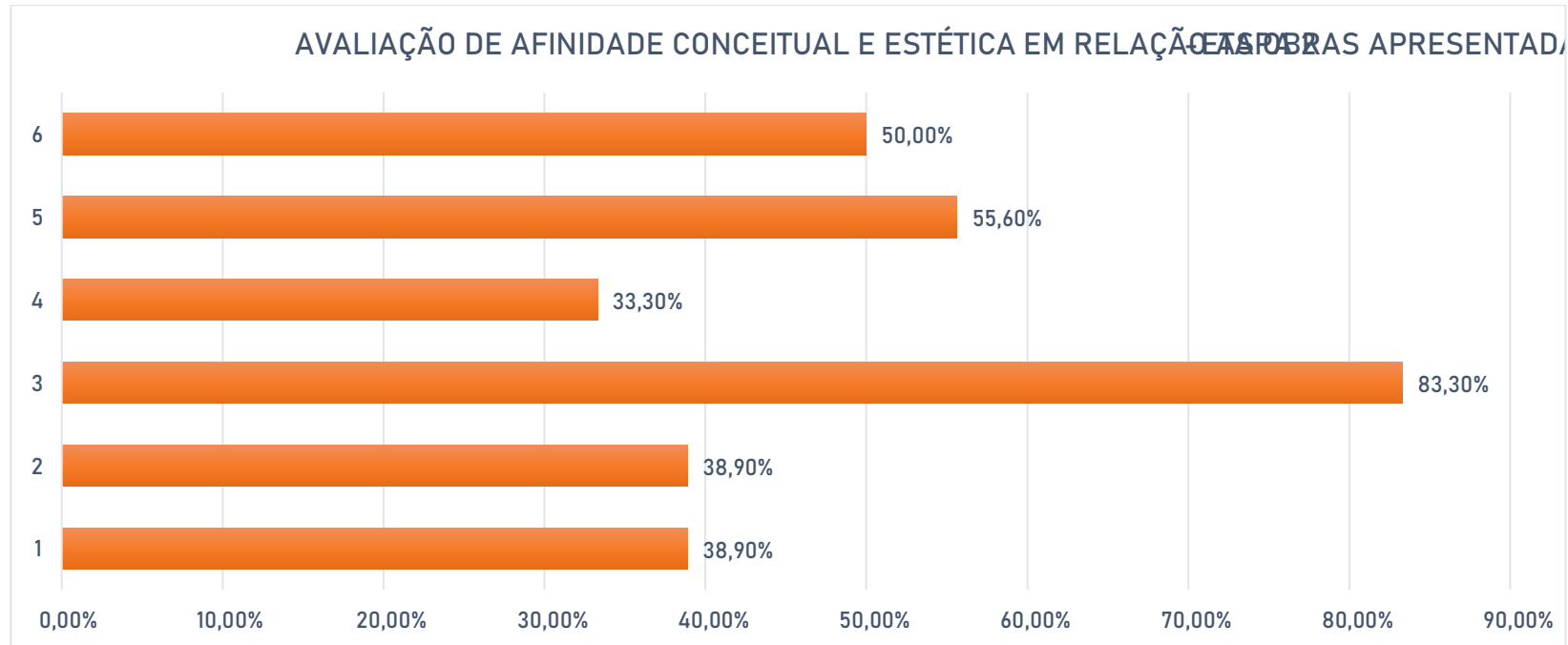


Na figura 22, aplicado no início do primeiro dia da experiência, foi possível perceber um destaque para a obra 3 (Centro Heydar Aliyev – Zaha Hadid) apontada como a principal escolha dos participantes e representando um total de 77,3 % das escolhas. Em seguida, a obra 5 (Estádio Nacional de Pequim - Ai Weiwei, Jacques Herzog, Pierre de Meuron, Li Xinggang), totalizando 50% das respostas. Para as obras 1, 4 e 6, respectivamente (Bercário Prime – Studio MK27; Centro Cultural Internacional Oscar Niemeyer – Oscar Niemeyer; Praça das Artes – Brasil Arquitetura) nota-se uma randomização mais estática das escolhas, variando em 45%. Por fim, e apontado como a última opção entre os participantes, a obra 2 (Museu Guggenheim Bilbao - Frank Gehry, com 40,9%).

O perfil traçado inicialmente pelas escolhas, é o de uma identificação inicial com obras que possuem uma aproximação e uma relação real com processos contemporâneos de projeto, do ponto de vista geométrico, embora o Museu Guggenheim Bilbao de Frank Gehry, tenha sido apontada como a última opção entre os participantes. Todavia, é importante ressaltar

que, talvez, entre as obras apresentadas, seja a que esteticamente apresente uma geometria mais complexa, considerando os padrões sociais e cognitivos observados em processos tradicionais de projeto. Nesse sentido, as escolhas com uma porcentagem mais estática, apesar de possuírem variações estéticas entre si, não se diferem muito no aspecto complexidade, com formas relativamente simples e regulares.

Figura 23: Avaliação de afinidade conceitual e estética das obras apresentadas na colagem experiencial do primeiro dia de Workshop

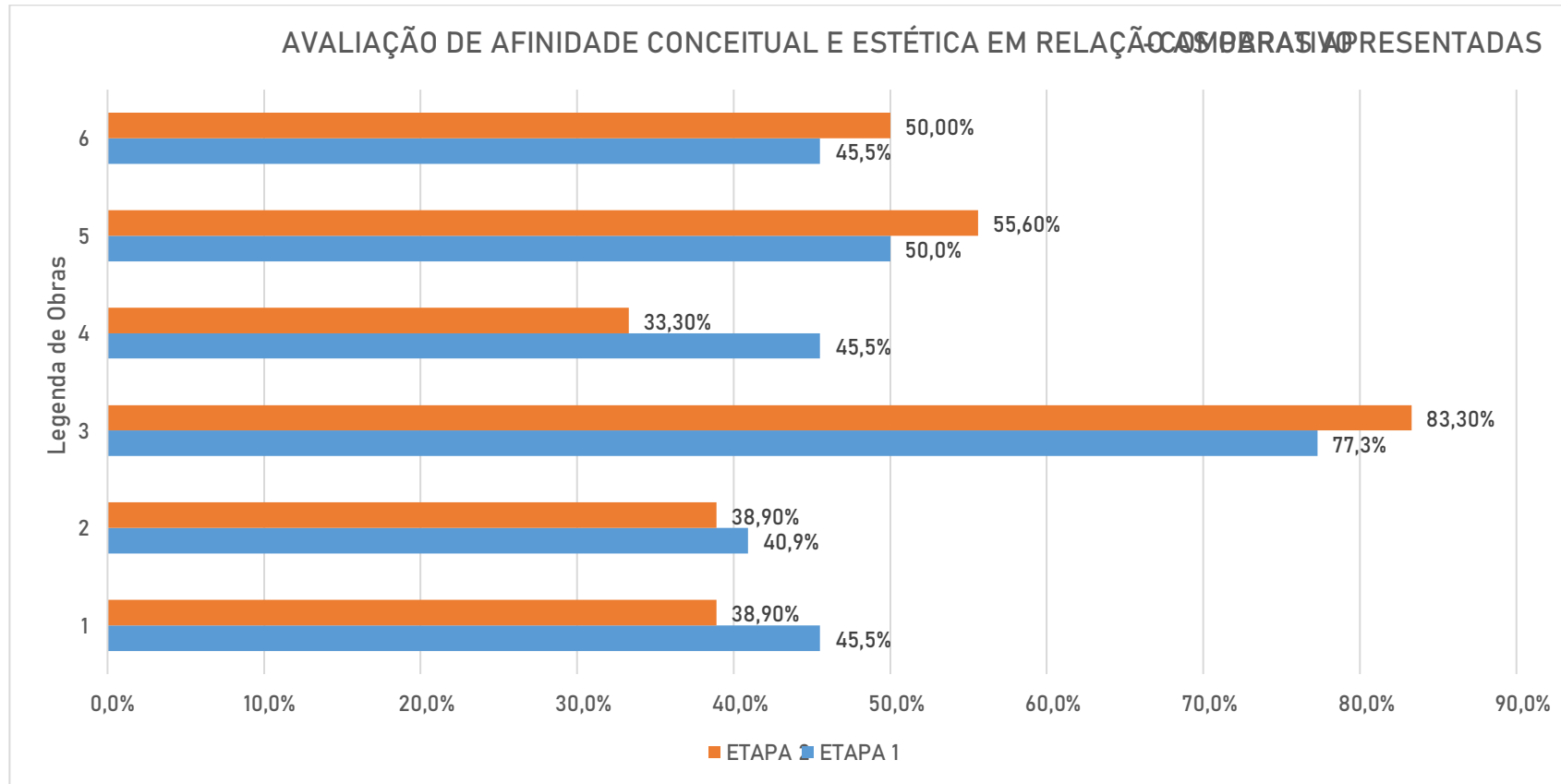


FONTE: O Próprio autor, 2020

Na Figura 23, resultado da aplicação do segundo dia/etapa do exercício, nota-se um crescimento na escolha da obra 3 (Centro Heydar Aliyev – Zaha Hadid), que em etapa anterior também constituía a primeira escolha dos estudantes, bem como um crescimento na escolha da obra 5 (Estádio

Nacional de Pequim - Ai Weiwei, Jacques Herzog, Pierre de Meuron, Li Xinggang). Para as demais obras, houve uma perda de interesse com base na questão proposta conforme se observa na Figura 24.

Figura 24: Avaliação de afinidade conceitual e estética das obras apresentadas na colagem experiencial do primeiro dia de Workshop



FONTE: O Próprio autor, 2020

Tais dados nos permitem avaliar, que mesmo sem um conhecimento mais aprofundado da modelagem paramétrica e das possibilidades de uso da biomimética no processo de

projeto, existe uma relação de maior identificação e/ou impacto quando consideramos as interações pelo aspecto formal e geométrico das propostas onde sejam possíveis essas

abordagens. Além disso, pode-se dizer que o conhecimento dos mesmos amplia esse interesse, evidenciando, ainda que numa abordagem essencialmente introdutória dos processos cognitivos e sociais de projeto, variações importantes de impactos que possam gerar diferentes decisões nos momentos iniciais de concepção projetual.

Os estudantes também justificaram suas escolhas, e a partir delas, duas situações foram presentes nos argumentos, ainda que alguns acreditassem que formas complexas nem sempre apresentam uma relação de integração com seu entorno.

A primeira, e que justifica a escolha de obras contemporâneas de geometrias mais complexas, é que a organicidade das mesmas está associada à uma linguagem com aspectos de inovação em projetos de arquitetura e urbanismo. Relacionam-se ainda que essas abordagens, em que as volumetrias são irregulares e/ou orgânicas, sejam

edificações nas quais sua interação com o meio seja de maior impacto, além de se tornar um importante elemento referencial e de memória para novos desdobramentos na forma de pensar, projetar e materializar novas ideias na prática de projeto. "O conceito e a estética do meu perfil de afinidade pessoal alinham-se a formas mais orgânicas e visualmente complexas, pois estas me despertam curiosidade e instigam a compreender sua lógica conceitual" (Estudante X, 2020).

A segunda situação, é que o conhecimento das ferramentas e das abordagens de utilização da modelagem paramétrica e da biomimética, permitiu uma reavaliação quanto à utilização de novos métodos no próprio processo de projeto. Segundo alguns participantes, o não conhecimento ou a prática distante de tais elementos em seus contextos particulares, transpassavam a ideia de ser uma realidade incompatível com suas habilidades e capacidades cognitivas.

"Lidar com esse novo tipo de processo e suas possibilidades me fez perceber que não é tão complexo e distante assim atingir formas mais orgânicas na arquitetura, sejam elas para construção civil ou uma instalação

artística. Na primeira vez que respondi percebi que não me identificava com a obra 2 simplesmente porque não me imaginava concebendo esse tipo de forma, mas agora percebo um novo horizonte. Até mesmo o desenho à mão livre, embora ainda muito importante, se mostrou não essencial no meu novo processo de criação nesse pavilhão." (Estudante X, 2020).

## 5.2 RESULTADOS DA APLICAÇÃO DOS QUESTIONÁRIOS ESTRUTURADOS POR EIXOS TEMÁTICOS

O questionário utilizado e aplicado, foi desenvolvido utilizando-se de perguntas e opções de respostas que variaram seu formato de modo que melhor se adequassem aos dados que se pretendia obter. Considerando o caráter qualitativo delineado na experiência da pesquisa, utilizou-se parâmetros abertos na maioria das questões, que conforme citado anteriormente, foram organizadas e estruturadas a partir de 4 (quatro) eixos temáticos, construindo respostas e análises com abordagens mais naturais e particulares do contexto de cada amostra. As questões estruturadas permitiram responder os objetivos da pesquisa e traçar hipóteses sobre o tema, sendo

Ainda de acordo com eles, a exposição durante a experiência, "expandiu" novos olhares e perspectivas sobre o tema, o que nos leva a necessidade de analisar e debater sobre os impactos do conteúdo e do modo como o ensino de arquitetura é dinamizado e estruturado.

aplicadas em duas fases e em sua maioria, com o mesmo enunciado, de modo que se permitisse uma comparação da 1ª e 2ª etapa do experimento.

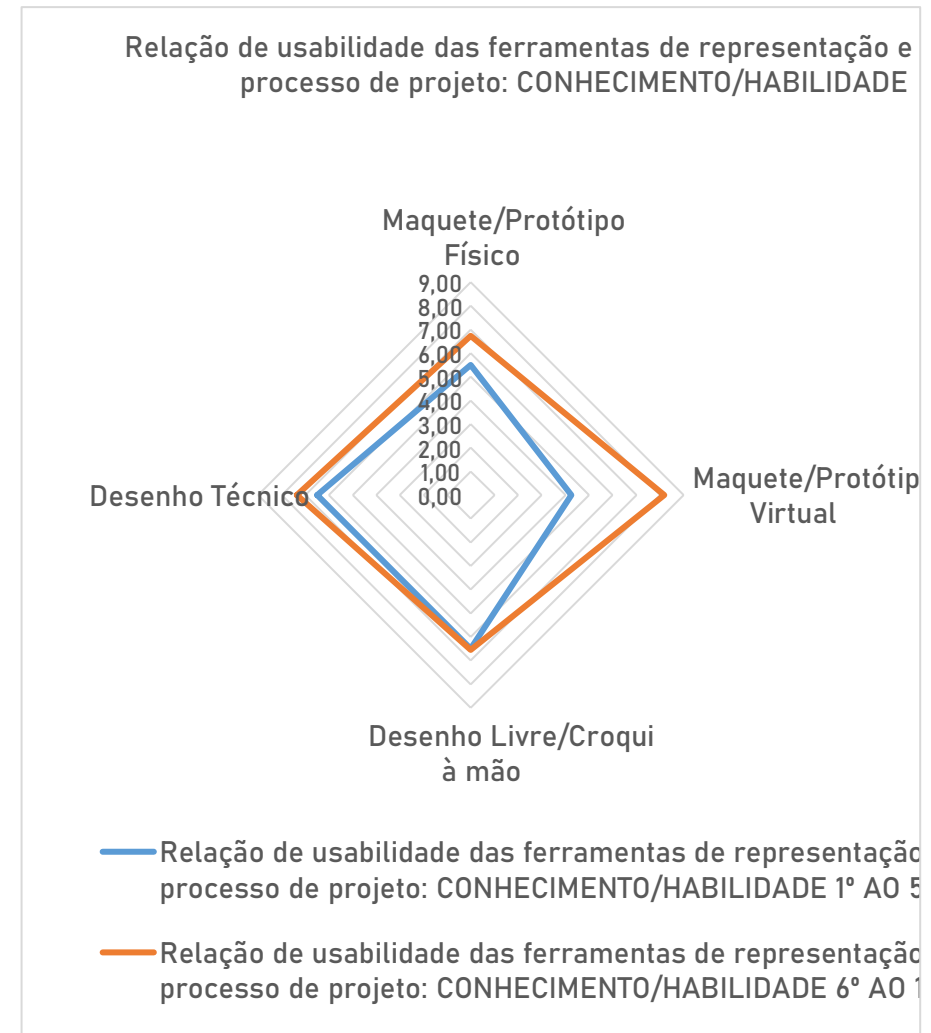
Durante o processo de análise dos resultados, foi observado que mesmo o questionário estando estruturado em partes diferentes para as devidas abordagens, algumas questões se tangenciavam, permitindo uma análise combinada com perspectivas multifocadas. Estruturou-se então a descrição dos dados, tanto pela sequência adotada na aplicação dos procedimentos, quanto por essas combinações.

### 5.2.1 Relação de Usabilidade das Ferramentas de Representação e Criação no Processo de Projeto

O presente eixo temático, procura avaliar e observar, as diferentes relações que os estudantes estabelecem com o processo de projeto em relação a usabilidade das ferramentas de representação e criação. O objetivo é identificar por meio de uma perspectiva auto avaliativa das amostras, questões que possam ter influência tanto pela experiência da pesquisa quanto pelos contextos de prática projetual. Além disso, comparar os dados entre os dois grupos envolvidos e construir hipóteses sobre as aproximações e abordagens que tais elementos possam ter com o projeto de arquitetura em fases de criação.

Para que se pudesse constituir as bases de análise deste tópico de investigação, as amostras iniciaram o questionário respondendo sobre o aspecto de "conhecimento/habilidade" que cada um tinha antes de iniciar o experimento. As opções foram sintetizadas em: Maquete/Protótipo Físico, Maquete/Protótipo Virtual, Desenho Técnico, Desenho Livre e "Outros".

Figura 25: Avaliação de Conhecimento e Habilidade de Ferramentas de representação e criação em processos de projeto



FONTE: O Próprio autor, 2020

Conforme se observa na Figura 25, os grupos da amostra apontaram para um maior conhecimento e para um maior domínio, o Desenho Livre e o Desenho Técnico enquanto ferramenta durante o processo de um projeto. É sabido que tais ferramentas representam áreas de conhecimento bastante presentes na formação de arquitetos e urbanistas logo no início das graduações.

A disparidade dos dados acontece quanto ao tópico “Maquete/Protótipo”, sendo possível notar que para o grupo de alunos em estágios iniciais, o conhecimento de modelagem virtual é bem menor se comparado ao grupo de alunos em estágios finais. Essa diferença é também um reflexo do processo de formação, já que tradicionalmente se perpassa pelo conhecimento de processos manuais, para posteriormente evoluir o conhecimento para processos digitais, embora esta não seja uma condição generalizada.

O que se cabe inferir aqui, seria a reflexão sobre a existência ou não de uma influência do conhecimento dessas ferramentas mais ao final da graduação, apenas em decorrência de demandas mercadológicas e de transformações da prática de projeto. Isso

porque, ainda neste questionário, os alunos que responderam a opção “outros”, indicaram conhecer ou estar aprendendo ferramentas de renderização e finalização gráfica/artística para apresentação de projetos, algo que tem sido cada vez mais presente na indústria criativa.


Na sequência, procurou-se entender, o perfil de afinidade dos grupos da amostra com tais ferramentas, na tentativa de observar as relações ou não de causalidades quando comparadas ao que de fato foi apontado como sendo de domínio e habilidade. Assim sendo, é possível verificar se a hipótese de que possa haver dificuldades de aprendizado de uma ferramenta, mesmo que haja uma afinidade pela mesma, é realmente um objeto de análise e de interesse para discussão da dinâmica de como o projeto de arquitetura é ensinado na formação desses estudantes.

Para isso, os alunos foram submetidos à essa questão, antes e após a experiência, uma vez que foi oferecido o treinamento tanto de análise biônica utilizando processos híbridos (manuais e digitais) quanto o conhecimento de modelagem virtual paramétrica. A figura 26 representa parte do material utilizado para a exposição teórica realizada no experimento.

Figura 26: Parte de Exposição teórico/prática das duas fases do experimento.

**Abstrações em Análise Bioônica orientados à forma: Como fazer na prática?**

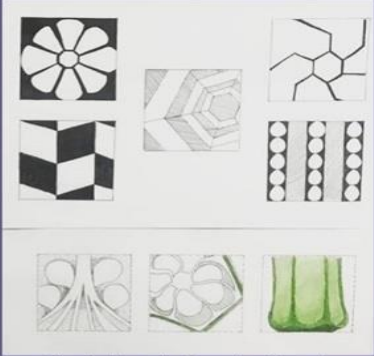
- O primeiro aspecto é escolher o “objeto” de análise combinado a uma avaliação inicial das possibilidades de replicação e aproveitamento no processo criativo;
- Faça esboços do objeto inteiro nas posições que achar necessário;



Disciplina de Desenho Livre/ Fase/ Aluno \_\_\_\_\_

**Abstrações em Análise Bioônica orientados à forma: Como fazer na prática?**

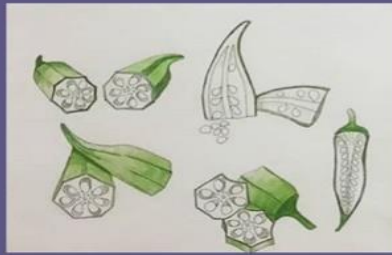
- Por fim, faça as abstrações que identificam como possibilidades de inspiração considerando seus aspectos estruturais, tonais e de texturas;



Disciplina de Desenho Livre/ Fase/ Aluno \_\_\_\_\_

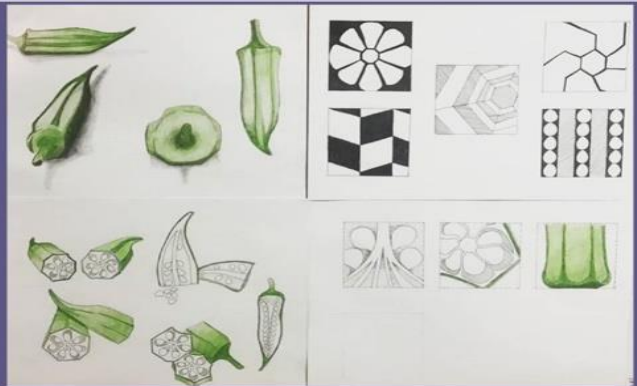
**Abstrações em Análise Bioônica orientados à forma: Como fazer na prática?**

- Em seguida, faça secções: 1 no sentido horizontal e outra no sentido vertical; Esboçe.
- Obs: Os desenhos podem ser tanto bidimensionais quanto tridimensionais.



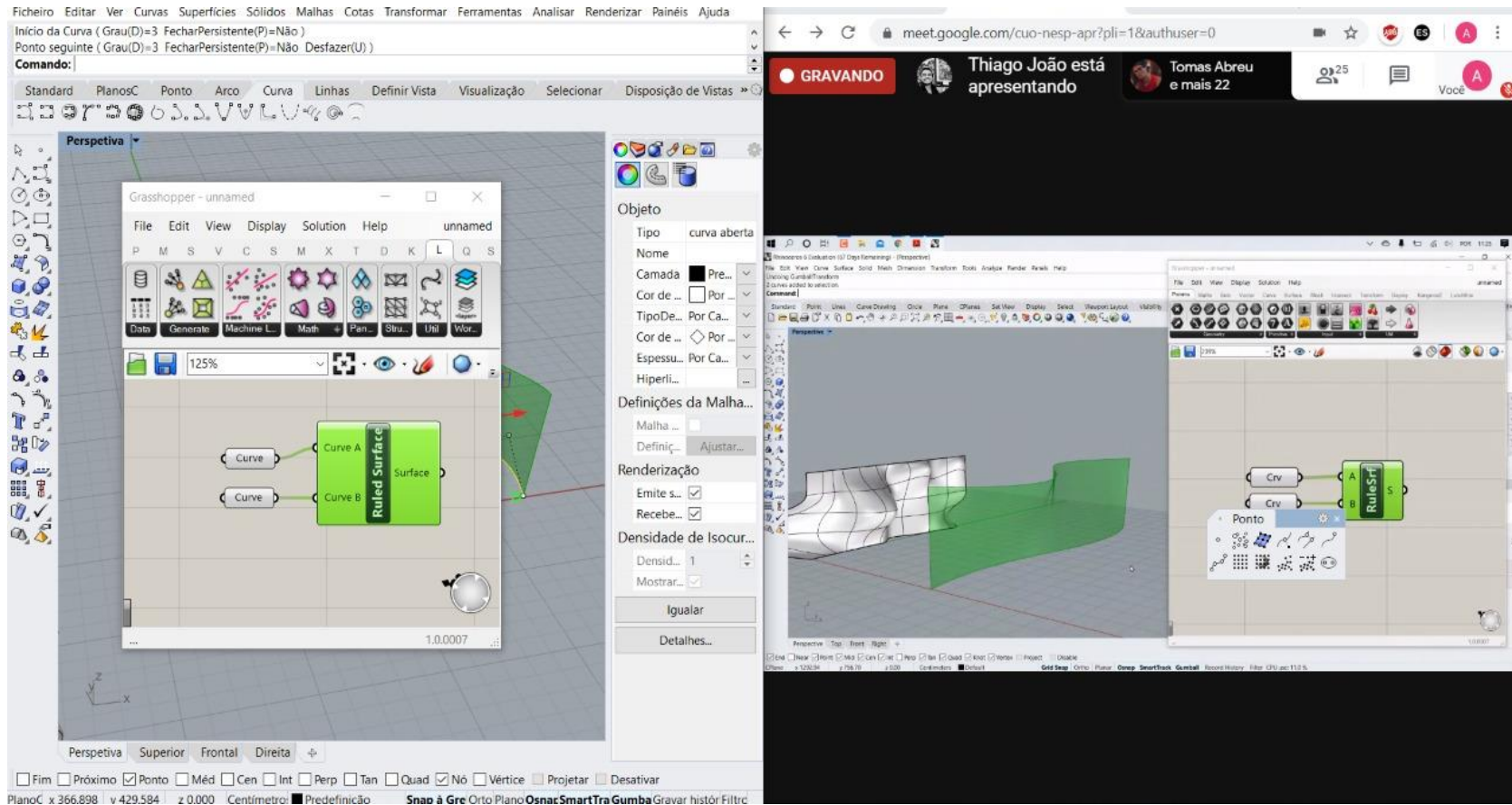
Disciplina de Desenho Livre/ Fase/ Aluno \_\_\_\_\_

**Algumas Experiências**



Disciplina de Desenho Livre/ Fase/ Aluno \_\_\_\_\_





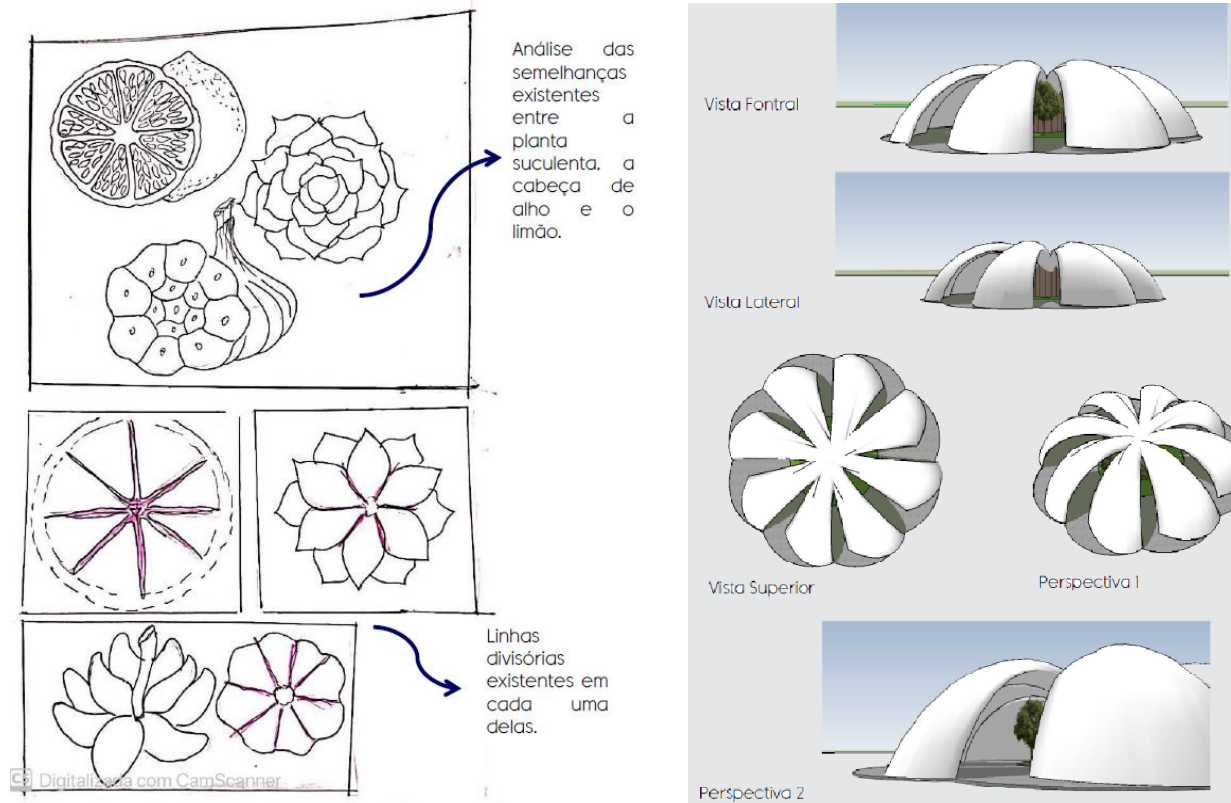
FONTE: O Próprio autor, 2020

Os dados apresentam que para os grupos da amostra que estão no início da graduação, não há muita variação nas ferramentas que eles consideram como sendo de maior afinidade para seus processos criativos, embora o desenho seja

apontado como o elemento de maior pontuação. Já para o grupo dos alunos que estão nos estágios finais de formação, a maquete/protótipo virtual representa o item de maior afinidade dentro do processo de projeto. No exemplo a seguir (Figura 27),

vemos que para a atividade proposta no exercício de projeto, a aluna utilizou-se tanto de recursos manuais quanto de recursos digitais não paramétricos.

Figura 27: Resultado de exercício de projeto de aluno X na primeira etapa do experimento

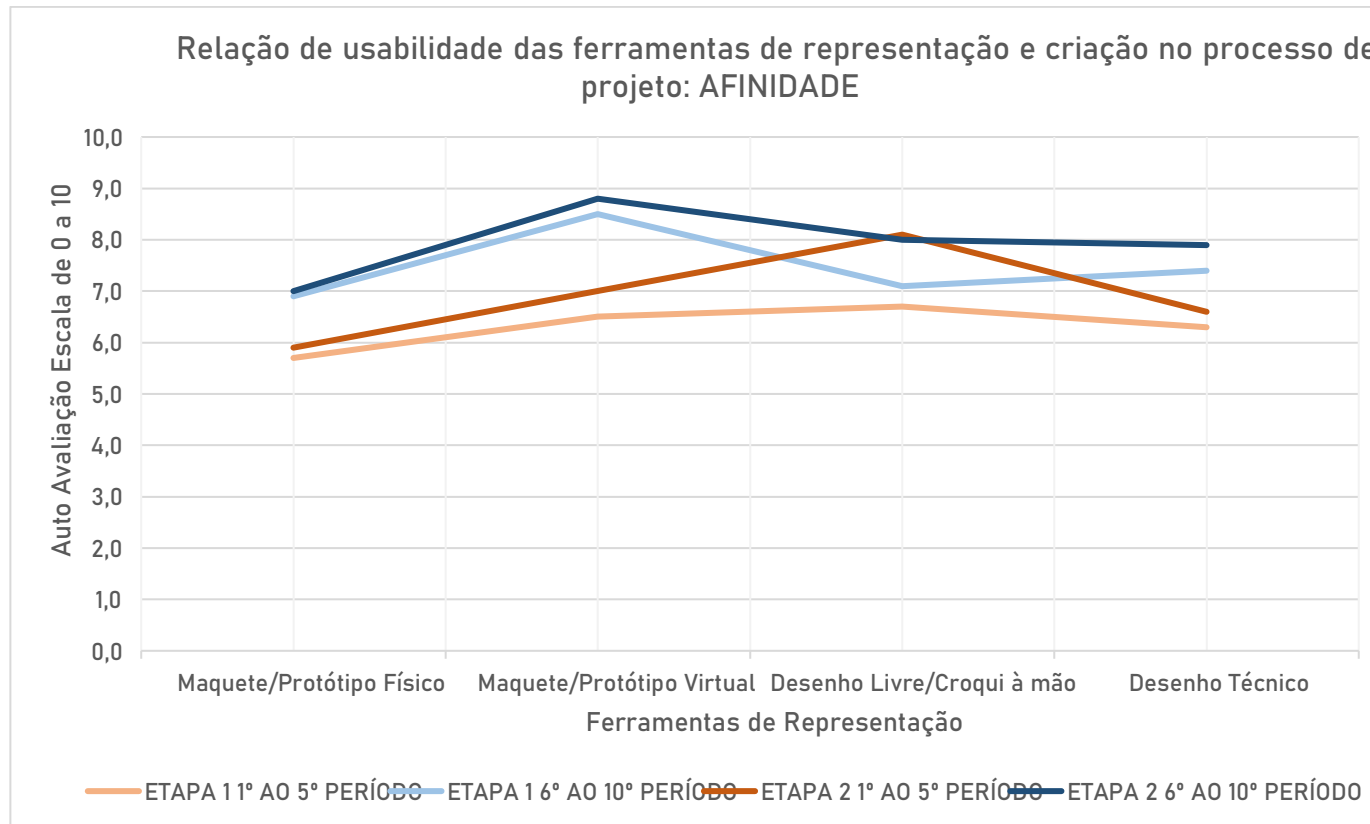


FONTE: O Próprio autor, 2020

Quando comparamos a avaliação da primeira etapa com a segunda, o que fica mais nítido é o crescimento de afinidade, respectivamente com maiores impactos, tanto do Desenho

Livre/Croqui à mão, quanto da Maquete/Protótipo Virtual, sendo os outros elementos avaliados com variações mais estáticas (Figura 28).

**Figura 28:** Avaliação de Afinidade das Ferramentas de representação e criação em processos de projeto

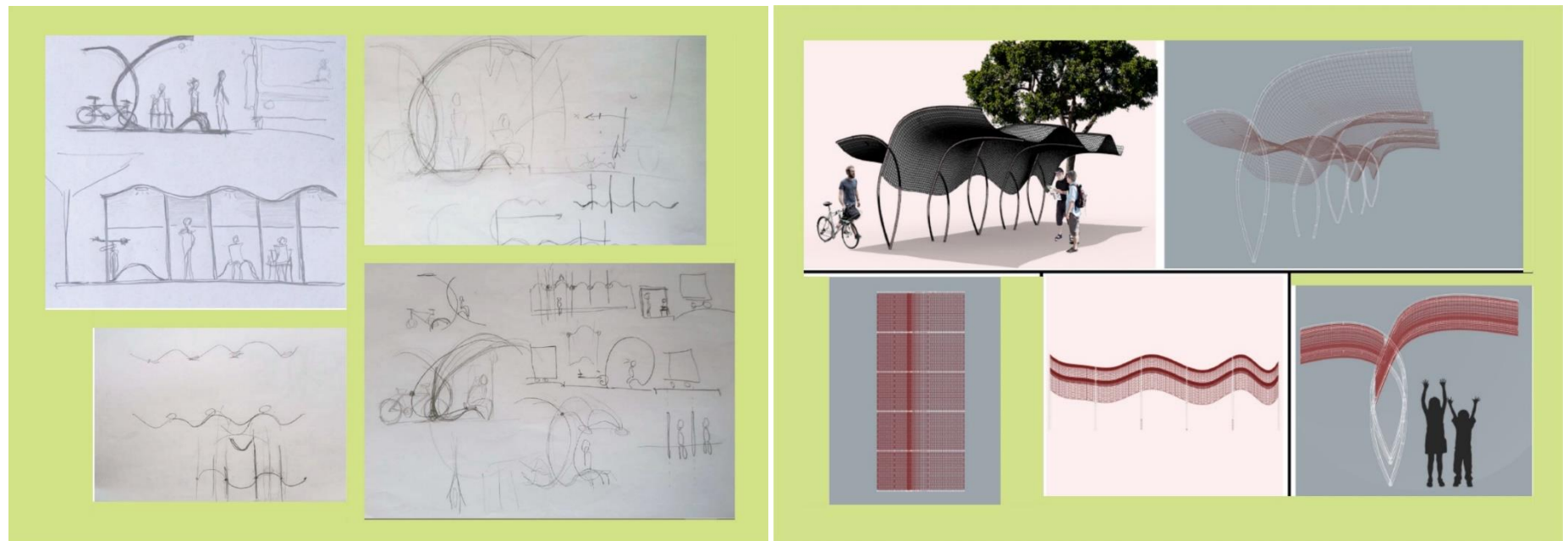


FONTE: O Próprio autor, 2020

Tal dado nos permite conjecturar que por esse aspecto, o crescimento de interesse e de afinidade pelas ferramentas avaliadas com maior impacto, representam tanto pela análise anterior quanto por esta, que há uma tendência pelo caráter híbrido no uso de ferramentas para o processo de projeto. Isso

pode ser evidenciado, quando ainda que observado um crescimento de domínio e afinidade sobre estas ferramentas, a amostra opta por mesclar o uso das mesmas em suas experimentações, conforme se observa nos exemplos a seguir (Figura 29)

**Figura 29:** Avaliação de Afinidade das Ferramentas de representação e criação em processos de projeto

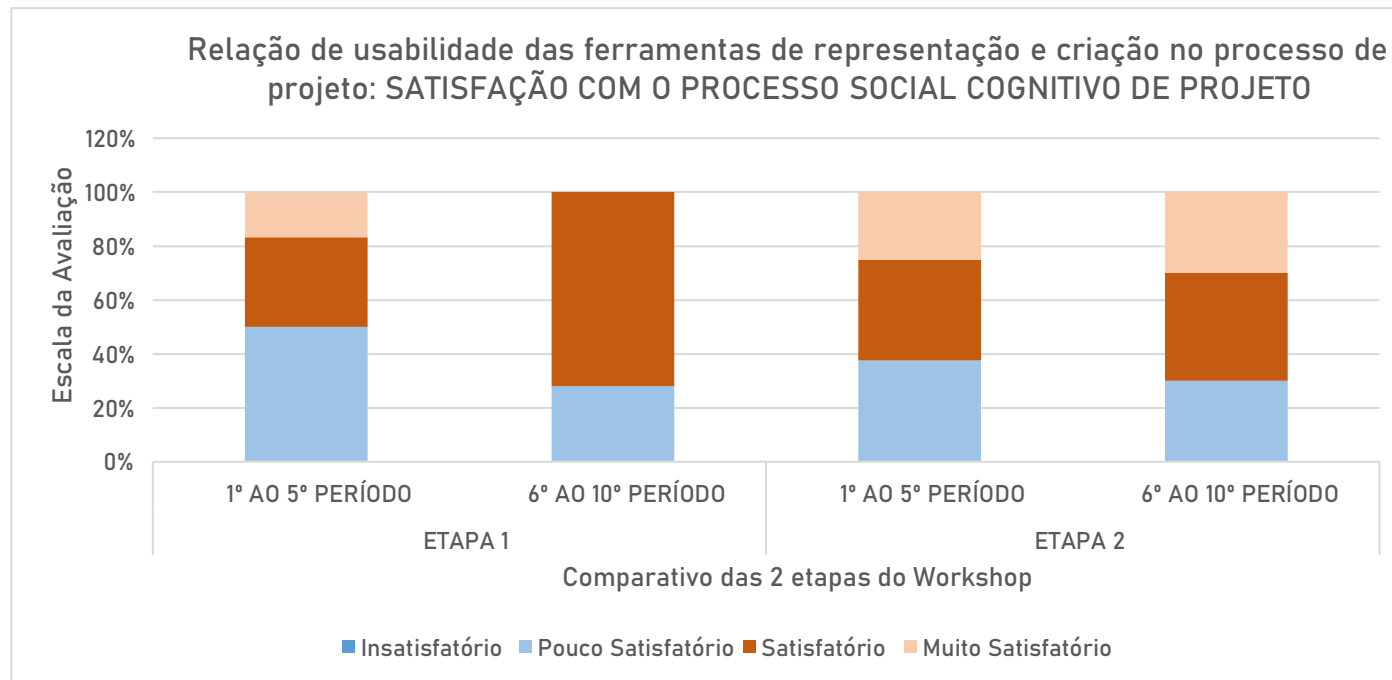


FONTE: O Próprio autor, 2020

Outro dado interessante seguindo a avaliação quanto as ferramentas, é a análise com a satisfação em relação ao que se consolidou como processo social cognitivo de projeto, explicitado anteriormente no referencial teórico desta pesquisa. Apesar de nenhum dos grupos da amostra o apontarem como

insatisfatório, nota-se que na primeira etapa do experimento, quando considerada apenas as ferramentas do processo tradicional de projeto, os índices "satisfatórios" e "muito satisfatório" tiveram um percentual bem menor nas autoavaliações (Figura 30).

**Figura 30:** Avaliação da satisfação com o processo social cognitivo de projeto em relação as ferramentas de criação e representação



FONTE: O Próprio autor, 2020

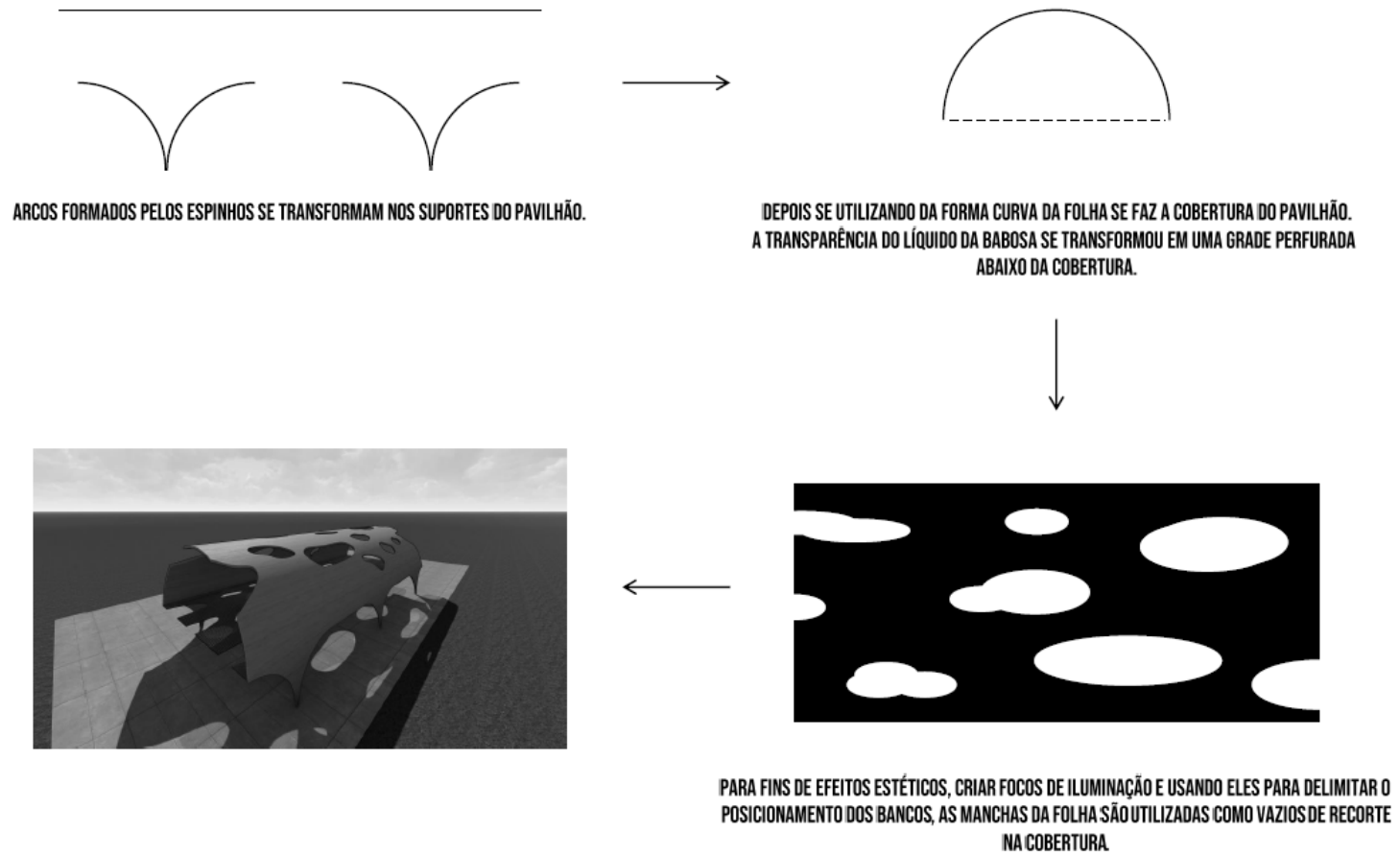
Quando apresentado as possibilidades do design computacional associado a práticas e métodos contemporâneos de projeto em arquitetura, ainda que a avaliação "insatisfatória" sobre os processos não tenha variado tanto, especialmente para os alunos dos estágios finais de graduação, houve um aumento considerável nas outras avaliações. O impacto acontece em ambos os grupos nos quais se aumenta o percentual na avaliação dos que passaram a considerar como "muito satisfatório", o que antes era apontado apenas como "satisfatório".

Essa situação nos permite relacionar essa variação com as possibilidades de uso híbrido das ferramentas durante o processo de projeto, apontada e observada no item anterior. Conforme a avaliação, o conhecimento de tais ferramentas resultou em sua utilização combinada ao conhecimento que os mesmos já tinham, estruturando mais opções e variações durante as decisões no desenvolvimento das ideias. Na sequência, mostra-se em quais pontos um dos alunos selecionados apresenta diferentes respostas projetuais com base na ferramenta, no entanto, com um processo de análise e

síntese muito parecidos, se o considerarmos como elemento de decisão durante o processo formal (Figura 31).

Figura 31: Processo Formal com análise biônica da Babosa – 1ª etapa.

## PROCESSO FORMAL



FONTE: O Próprio autor, 2020



O aluno utiliza a babosa (elemento vegetal) como base para sua inspiração no processo de análise biônica, e em suas sínteses, se apropria de ferramentas de desenho bidimensional e digital comum aos processos tradicionais. Na sequência,

chega a uma resposta projetual, utilizando-se de ferramenta de modelagem virtual não paramétrica (Sketchup) para sua proposta (Figura 32).

**Figura 32:** Processo Formal com análise biônica da Babosa – 1ª etapa.



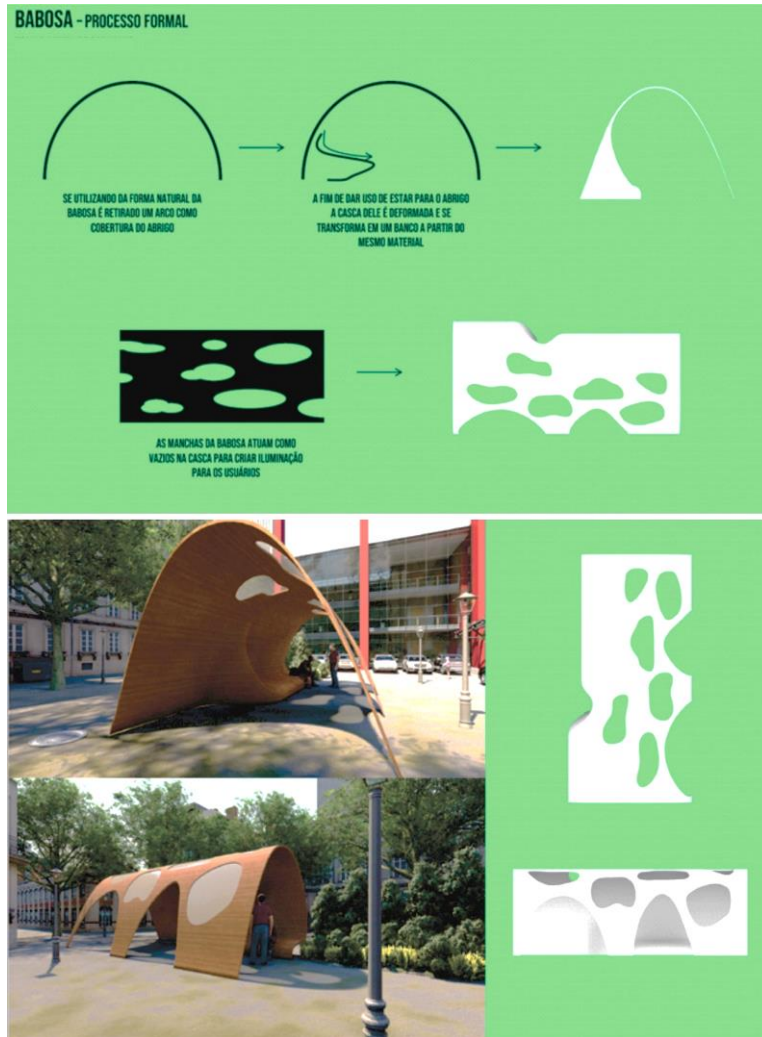
FONTE: O Próprio autor, 2020

Apesar de o elemento biônico (babosa) não ter mudado na segunda etapa do experimento, nota-se que o processo utilizado para suas decisões na fase inicial é bem parecido com o apresentado na primeira etapa. Nesse sentido, observa-se que apenas para as decisões finais da resposta projetual no contexto abordado, é que o aluno se apropria de respostas com aspectos interessantes para o que se analisa nesta pesquisa (as abordagens da biomimética e a sua compatibilidade com os elementos da modelagem paramétrica) – Figura 33.

As principais mudanças se concentram no formato final da proposta e no banco proposto, que foi incorporado em sua geometria, não sendo mais colocado como um elemento a parte conforme observado na primeira proposta. O aluno apresenta um resultado com mais fluidez estética em relação a organicidade do processo de síntese e linguagem adotada.



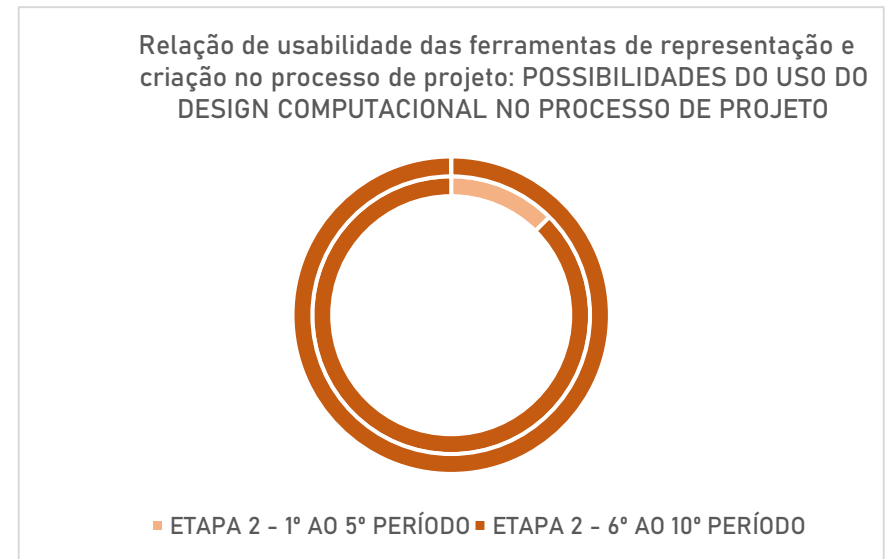
Figura 33: Processo Formal com análise biônica da Babosa – 2ª etapa



FONTE: O Próprio autor, 2020

Os alunos também avaliaram as possibilidades do uso do design computacional em relação a produção e prática projetual. Foi questionado, tanto na primeira quanto segunda etapa, se os mesmos acreditavam se seu uso estava mais associado à “Produzir mais do mesmo, alternando-se apenas as ferramentas” ou à “Possibilidades diferentes das que existem atualmente em decorrência das ferramentas” (Figura 34).

Figura 34: Avaliação quanto as possibilidades do uso do design computacional

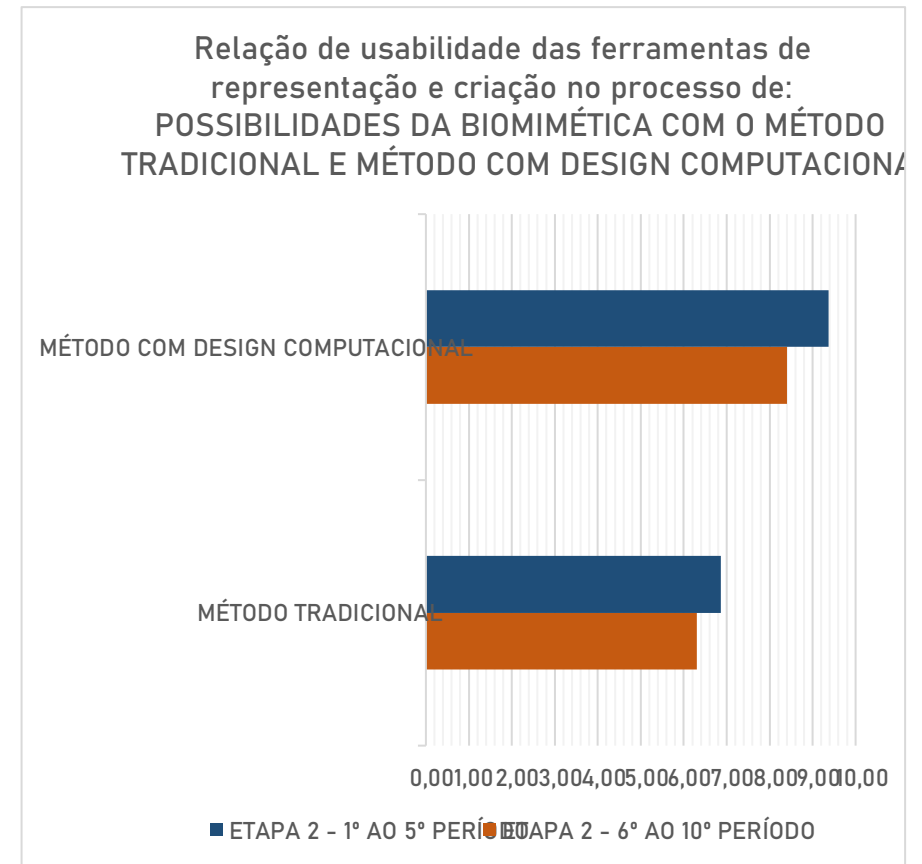


FONTE: O Próprio autor, 2020

A avaliação feita pelos alunos, denota uma perspectiva de transformações além de novos cenários, tanto no que diz respeito as práticas do ensino, quanto das práticas de projeto. Para a maioria, nas duas etapas, as ferramentas de modelagem paramétrica são fatores de mudanças e caminhos diferentes rumo a uma produção diferente das que existem atualmente, ainda que na prática essa "transição" possa representar desafios de naturezas diversas.

Questionado ainda sobre essas relações através de uma comparação entre as associações da biomimética com as ferramentas de projeto e representação, mesmo que para a amostra seja possível relacioná-la ao método tradicional, o processo encontra uma maior aproximação com aqueles que utilizam o design computacional (Figura 35)

**Figura 35:** Avaliação das possibilidades da biomimética com o método tradicional e o método com design computacional



FONTE: O Próprio autor, 2020

Foi possível verificar um crescimento exponencial da média auto avaliativa que relaciona tais itens. Esse dado representa uma importante avaliação para elementos que possam gerar linguagens com aspectos parecidos em relação a geometria das formas no processo de partido arquitetônico, embora a abordagem da pesquisa tenha acontecido sobre a biomimética.

“Eu vejo da seguinte forma. Os métodos até então institucionalizados de forma tradicional

conseguem sim conceber novos conceitos projetuais baseados na biônica. Mas vejo que existe uma barreira técnica, uma limitação até onde essa conceituação pode ir. No caso dos métodos tradicionais, percebo que esses limites estão mais próximos de abstrações estéticas (...). Com o design paramétrico, esses limites deixam de existir, porque agora se tem uma ferramenta que é capaz de abstrair e replicar a natureza de forma realista, entendendo sua lógica muito além da estética visível a olho nu e aumentando os limites de compreensão da capacidade humana de abstrair a natureza” (ALUNO X, 2020).

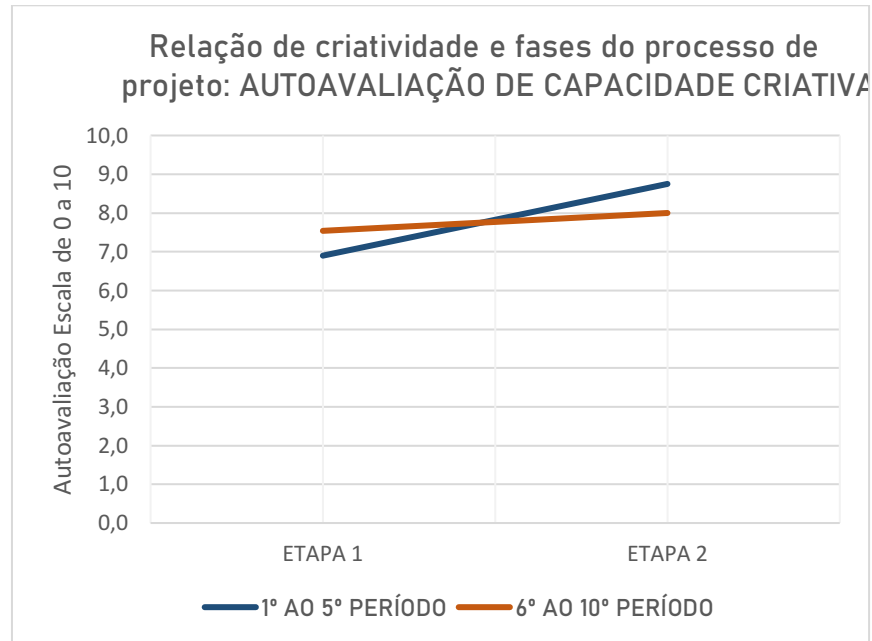
### 5.2.2 Relação de Criatividade e Fases do Processo de Projeto

Neste eixo temático, buscou-se explorar as relações que a amostra dentro do contexto da pesquisa, estabelece com os aspectos da criatividade e as fases que cada um em suas próprias experiências, se estruturam no desenvolvimento do projeto. O objetivo foi analisar as percepções sobre a criação em arquitetura, a quantidade de respostas projetuais e a flexibilidade de mudanças durante as decisões que envolvem o

estudo preliminar arquitetônico, além de verificar ferramentas e fatores externos que possam influenciar essas relações.

As questões seguiram o mesmo padrão de investigação do tópico anterior, e para iniciar as perguntas do eixo, avaliou-se primeiramente por meio das médias de cada grupo da amostra, a capacidade criativa segundo seus próprios julgamentos das experiências vividas até a primeira etapa da pesquisa (Figura 36).

Figura 36: Autoavaliação de capacidade criativa



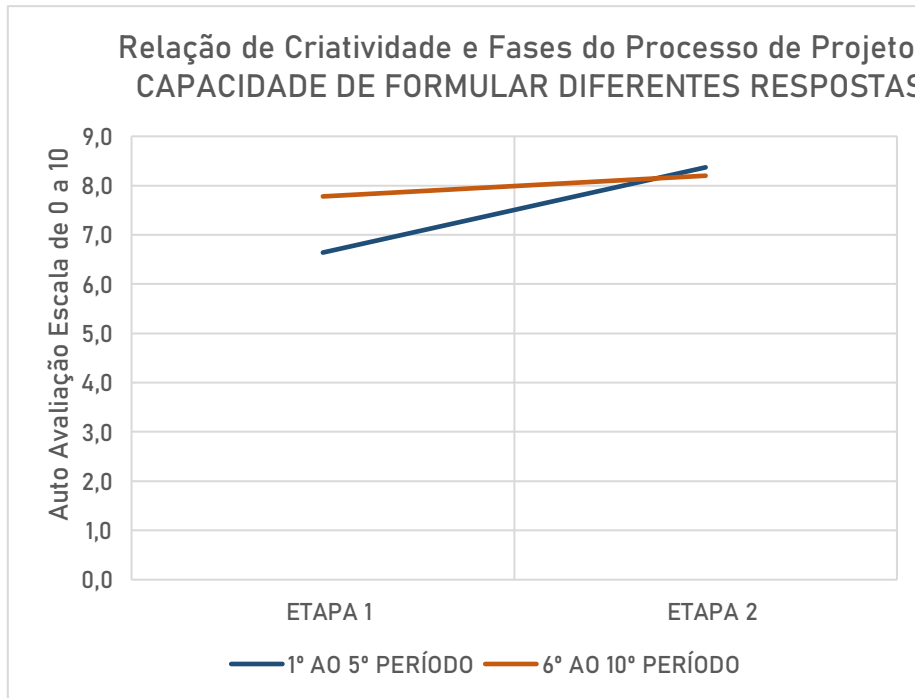
FONTE: O Próprio autor, 2020

Foi possível perceber que os alunos dos estágios iniciais se apontaram com menor capacidade criativa se comparado a média dos alunos em estágios finais. Por essa perspectiva, essa questão talvez se apresente assim, pelo fato de que a falta de experiência na prática de projeto e a ausência natural de um referencial que ainda está em processo de construção, seja

menos amadurecida se comparado a quem já esteja mais ao final de sua formação. Além disso, diversos autores, entre eles Kowaltowski et al. (2011), compreendem a criatividade como um mecanismo que além de combinar fatores complexos, tenham um objetivo e uma resolução bem construída, sem necessariamente ser uma novidade ou algo original.

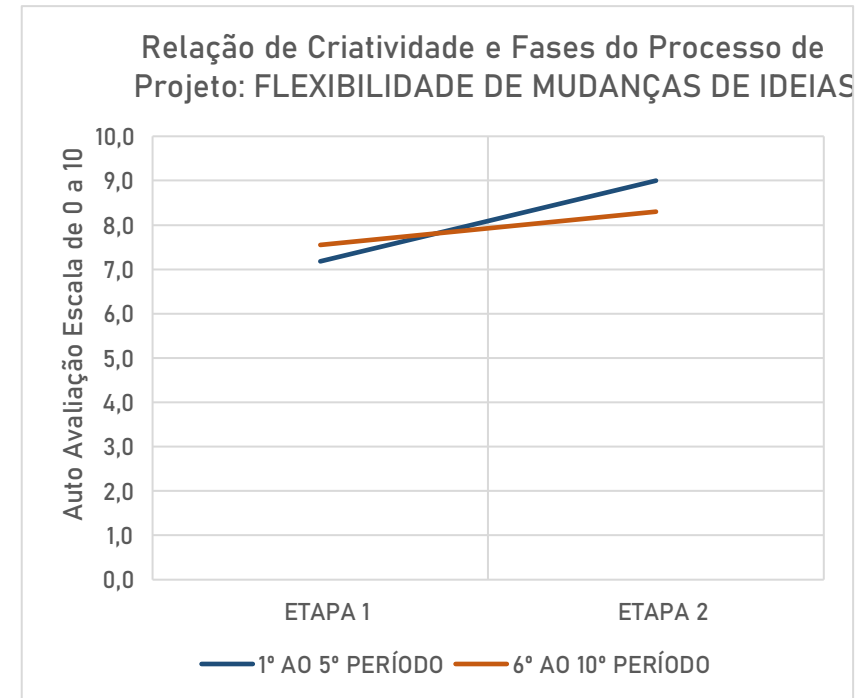
Um aspecto interessante dessa avaliação, é que o impacto da experiência para os alunos de estágios finais não é tão expressivo se comparado a quem está mais ao início. Isso também pode ser observado quando analisado as relações dos traços característicos do pensamento criativo segundo os estudos do tema apontados por Guilford (1968). Nesse sentido, foram analisados respectivamente a capacidade de formular diferentes respostas (Figura 37) e a flexibilidade de mudanças de ideias (Figura 38).

**Figura 37:** Autoavaliação da capacidade de formular diferentes respostas em fases criativas do processo de projeto



FONTE: O Próprio autor, 2020

**Figura 38:** Avaliação de flexibilidade de mudanças de ideias em fases criativas do processo de projeto



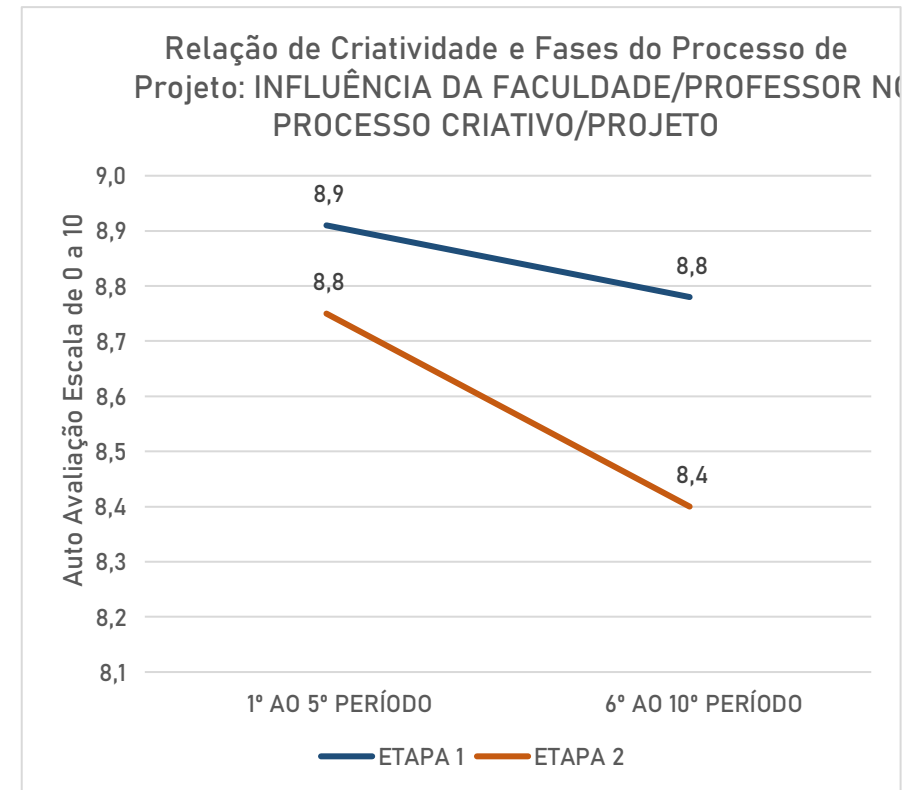
FONTE: O Próprio autor, 2020

Essa situação nos leva a refletir sobre o fato de que a criatividade se apresenta como um elemento de mais possibilidades de estímulos e transformação, para quem ainda esteja amadurecendo o processo de projeto da forma como ele foi estruturado socialmente.

Outro ponto a ser destacado, é que o conhecimento de novas ferramentas e tecnologias para o processo de projeto, ainda que represente um fator de menor influência para o grupo 2 em comparação ao grupo 1, em ambos, o mesmo se apresenta como um agente catalisador dos traços característicos da criatividade segundo a avaliação.

Nesse contexto, e ainda seguindo a análise em relação a tais traços, os agentes externos também se apresentam como uma informação complementar da sequência de análise anterior. Os grupos foram questionados sobre a influência exercida pelo professor ou pela instituição da qual fazem parte, em suas decisões projetuais durante a processo de criação.

Figura 39: Avaliação da influência da faculdade/professor no processo criativo/projeto



FONTE: O Próprio autor, 2020

Conforme observado na imagem acima (Figura 39), verifica-se que na primeira etapa do experimento, os alunos do grupo 1 atribuíram uma nota maior na média que avalia essas relações de influência, se comparado aos alunos do grupo 2. Já na segunda etapa, tais notas em ambos os grupos representam uma queda, o que nos permite inferir algumas questões sobre os impactos provocados pelo conhecimento de modelagem paramétrica e biomimética como possibilidade de ferramentas para o processo de projeto.

Dentre essas inferências, podemos dizer que essas relações podem indicar no contexto abordado, uma ampliação na sensação de autonomia e controle das decisões nos processos de projeto. Essa é uma característica do que acontece segundo Kowaltowski et al. (2011), quando se desenvolve ou conhece métodos que permitam uma melhor estruturação do problema. Dessa forma, permitindo que através de tal decomposição, obtenha-se partes mais manipuláveis além de melhor clareza e consciência sobre as soluções a serem tomadas.

Todavia, é importante ressaltar que mesmo que haja uma diminuição dessa influência mediante as variáveis utilizadas, a média apresentada representa fator relevante ao se avaliar didática de ensino em criação durante os processos de projeto em arquitetura. Isso acontece porque mesmo que não haja propositalidade, tais fatores ainda constituirão subjetividades presentes e atribuídas aos aspectos cognitivos da criatividade, e por conseguinte, nas respostas projetuais. Dessa forma, o desafio possivelmente se concentre no aumento de autonomia para o projetista durante a formulação de respostas criativas, e a diminuição do que se conforma como um ciclo problemático e contínuo dos projetos de arquitetura.

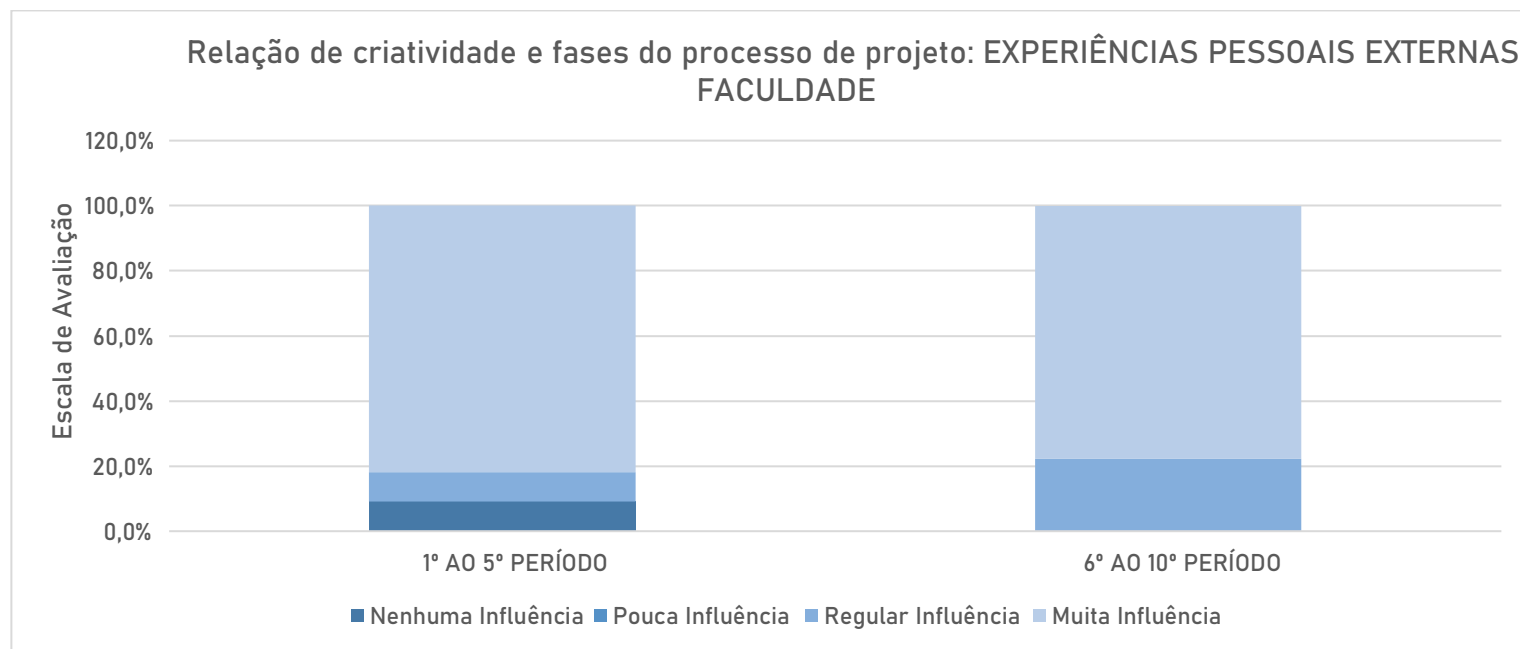
As relações externas de influência fora do ambiente de formação também foram questionadas, e dentro disso, avaliadas pelos parâmetros segundo os quais os alunos mais se identificavam em relação à etapa de criação. Sabe-se que os agentes externos compõem o núcleo de conhecimento no processo cognitivo de projeto (FABRICIO E MELHADO, 2011), que se utiliza de formações e experiências anteriores na

mediação da criatividade e do desenvolvimento de soluções projetuais.

Nesse sentido os grupos responderam com base nas escalas de influência demonstradas pela Figura 40. Conforme se observa, verifica-se que para a maioria dos participantes, há a predominância da "muita influência" ou "regular influência"

dos agentes mencionados. Isso evidencia os aspectos pelo qual se referênciava a pesquisa, demonstrando que a base pela qual se constrói a estrutura do pensamento criativo, é complexo e considera múltiplos fatores.

**Figura 40:** Avaliação da influência de experiências pessoais externas à faculdade no processo de projeto



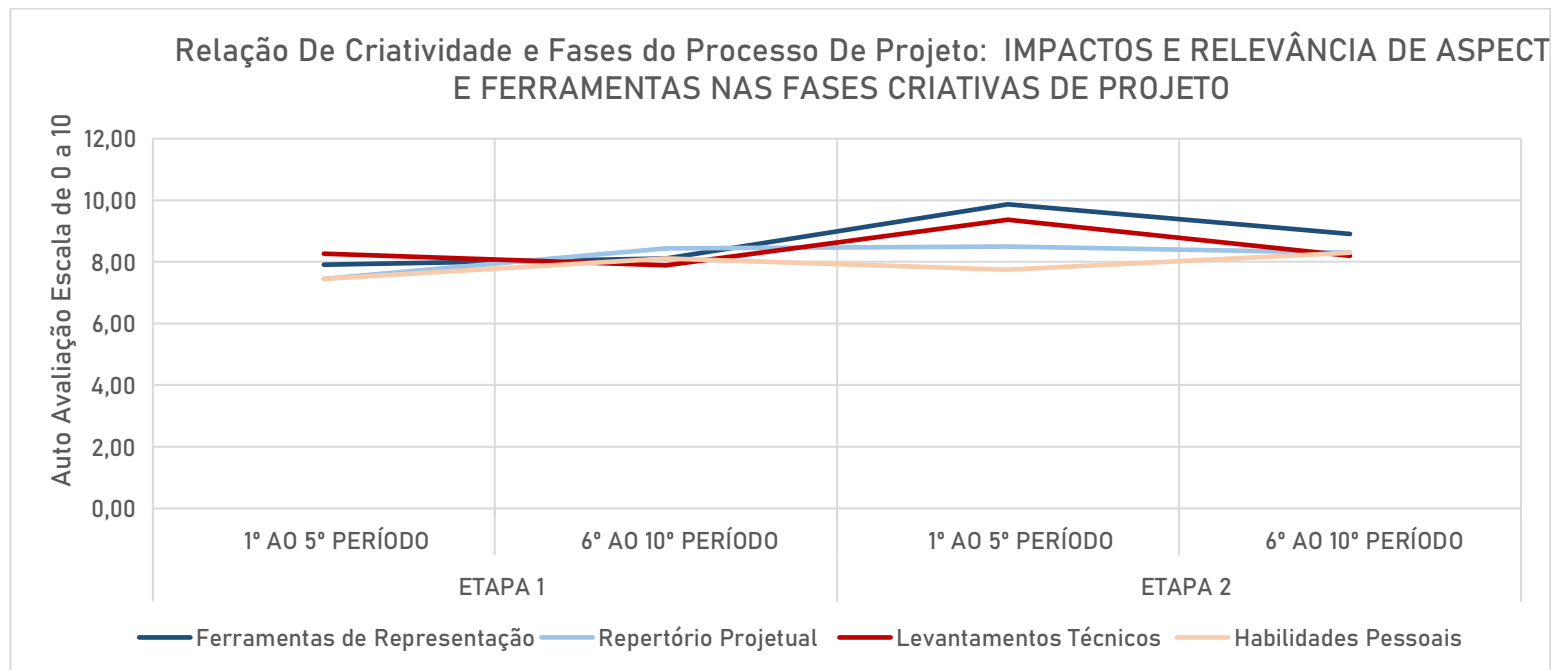
FONTE: O Próprio autor, 2020



Seguindo ainda sobre os elementos de relevância, tanto em aspectos quanto em ferramentas abordadas durante as fases criativas de projeto, outras questões importantes também foram levantadas. A figura 41 nos mostra que para ambos os grupos avaliados, as habilidades pessoais não representam um elemento decisivo para a criatividade em um exercício de

projeto. Desse modo, é possível perceber uma desmistificação sobre a percepção dos próprios alunos, de que a arquitetura ou as habilidades para ser um arquiteto não possa ser treinada e/ou aprendida, eliminando possíveis bloqueios criativos em decorrência disso como fator subjetivo do processo.

**Figura 41:** Avaliação da relevância de aspectos de impacto e representação nas fases criativas de projeto



FONTE: O Próprio autor, 2020

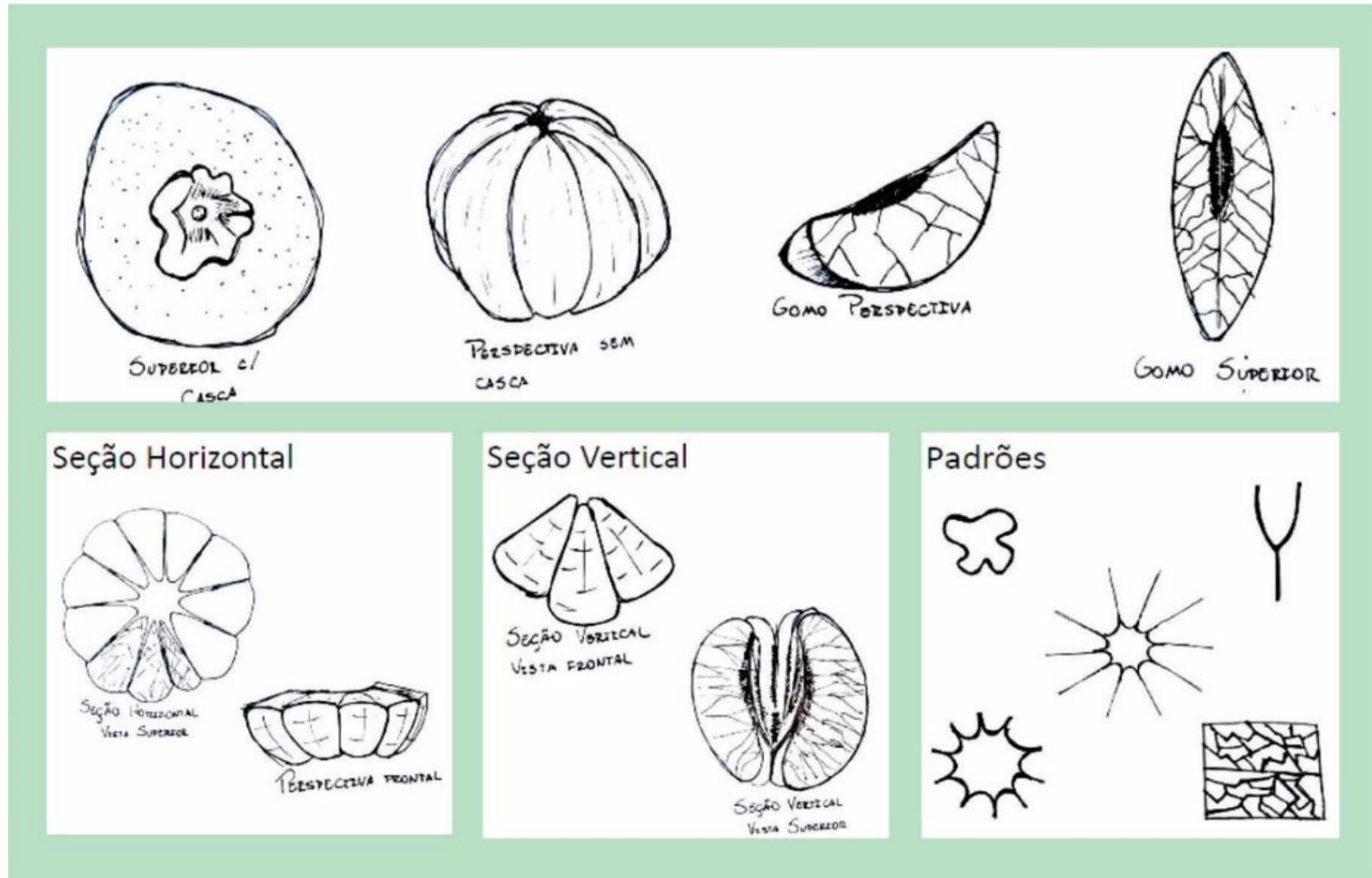
Nota-se que de modo geral, após a experiência, excluindo-se o aspecto abordado anteriormente (habilidades pessoais), os outros elementos sofrem influência de alguma forma, elevando as notas atribuídas pela amostra segundo suas respostas. Todavia, os itens de maior impacto foram respectivamente, ferramentas de representação e levantamentos técnicos, além de ser apontado o uso de sensibilidade poética e o conhecimento de questões sociais e culturais como fatores de contribuição para a criação.

Fabricio e Melhado (2011) apontam a "representação e comunicação" como uma das habilidades intelectuais segundo os autores que estudam a ciência cognitiva, sendo a fase do processo cognitivo de projeto, responsável por apresentar as soluções desenvolvidas em processos de sínteses anteriores. Nesse sentido, alguns alunos também justificaram suas escolhas, apontando que de uma maneira mais ampla, o conhecimento e o aprimoramento de ferramentas avançadas de representação bi e tridimensional, permitem uma maior clareza de visualização ao criador e/ou expectador.

Esses dados são importantes para compreender e evidenciar a ideia de que o resultado de produção de projeto, em seu aspecto cognitivo delineado no processo criativo, constitui um elemento de relevância para a prática profissional e de ensino em arquitetura. Além disso, que uma estrutura de procedimentos na qual haja dificuldades e limitações para o agente criador ou formador, se efetivem em cadeias problemáticas na proposição de estruturas complexas quando as soluções também são complexas nas etapas de análise e síntese do processo de projeto.

No exemplo a seguir (Figura 42 e 43), observa-se uma solução projetual do experimento, ainda na primeira etapa, na qual o aluno por livre escolha, optou por utilizar apenas recursos manuais para uma solução que em primeiro análise, apesar de apresentar riqueza de detalhes em sua intenção, possui uma estrutura geométrica relativamente simples. Neste caso, o aluno em questão afirmou possuir afinidades com maquetes/protótipos físicos como um recurso de visualização tridimensional para estudos de volumetria.

Figura 42: Análise biônica da Mexerica na primeira etapa do experimento



FONTE: O Próprio autor, 2020

Figura 43: Protótipo de Pavilhão com base na análise biônica da Mexerica na primeira etapa do experimento



FONTE: O Próprio autor, 2020

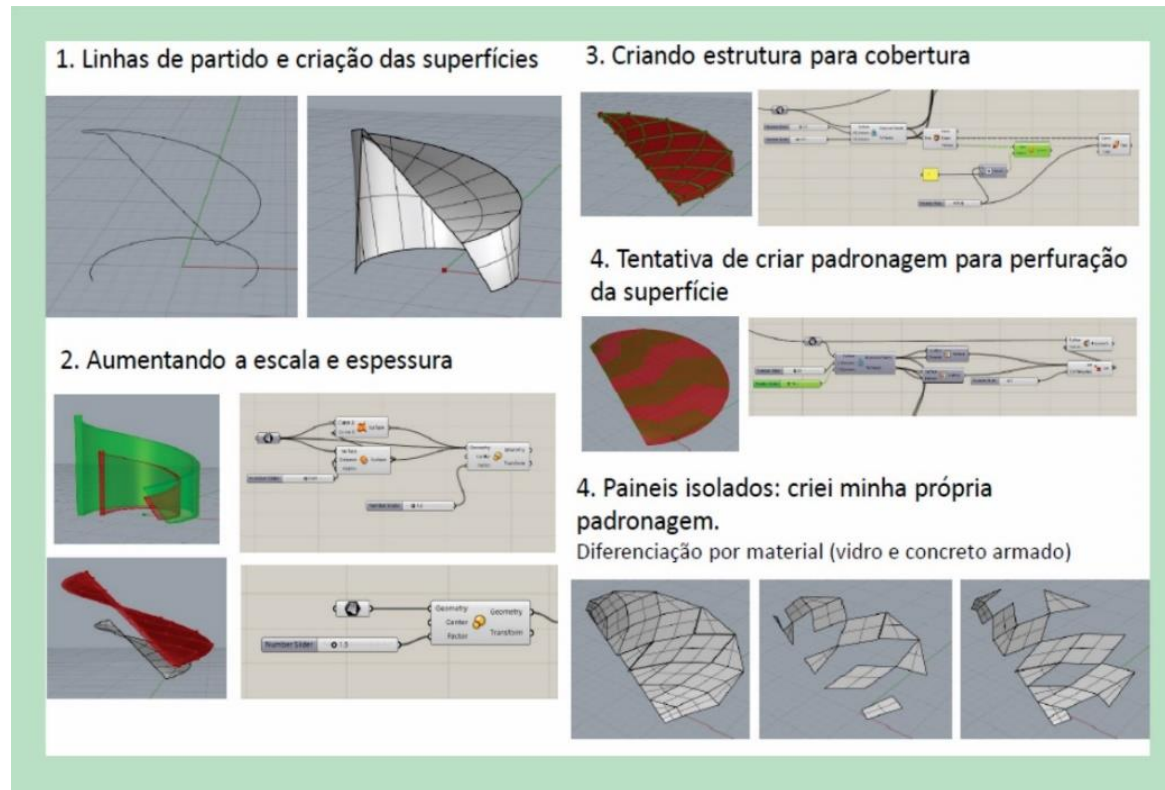
Já na segunda etapa do experimento, observa-se que para o mesmo objeto de síntese (análise biônica da mexerica),

o aluno modifica os aspectos elencados anteriormente, ao utilizar a modelagem paramétrica. Sem estabelecer aqui um

juízo sobre a qualidade projetual, o mesmo se apresenta com uma solução mais complexa, tanto pela sua geometria quanto pela tecnologia ao considerarmos sua materialização

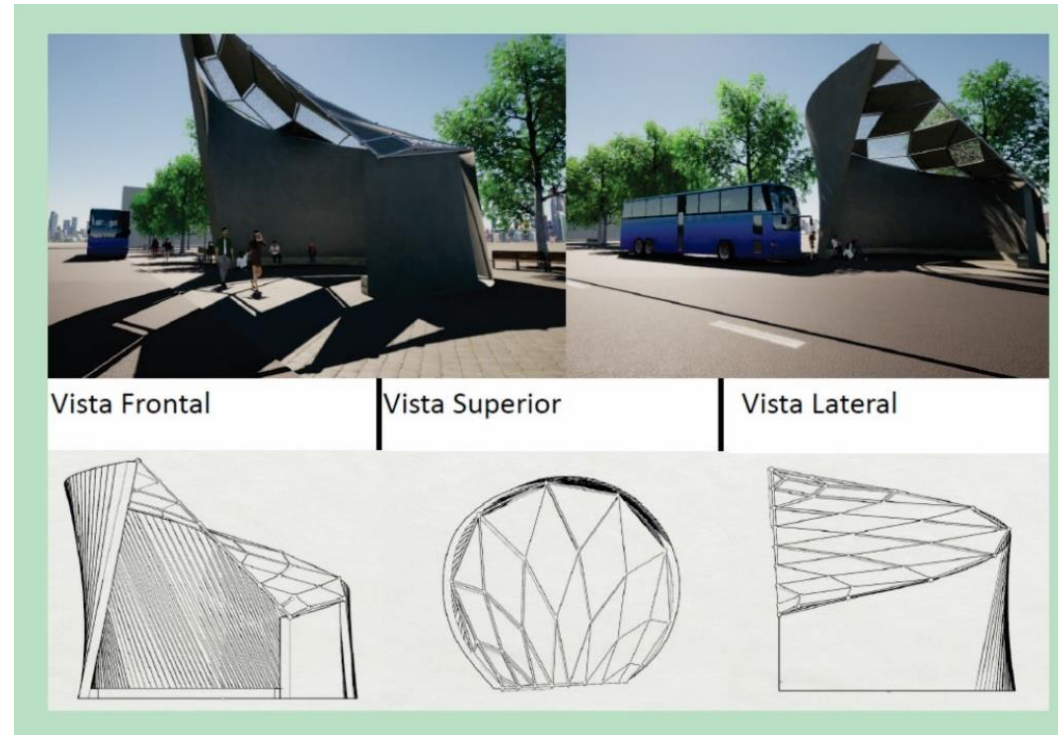
(Figura 44 e 45), mesmo quando a preferência do aluno é a de utilização da maquete/protótipo físico.

**Figura 44:** Protótipo de Pavilhão com base na análise biônica da Mexerica na primeira etapa do experimento utilizando o grasshopper e o plugin Lunchbox



FONTE: O Próprio autor, 2020

Figura 45: Protótipo de Pavilhão com base na análise biônica da Mexerica na primeira etapa do experimento – vistas e perspectivas

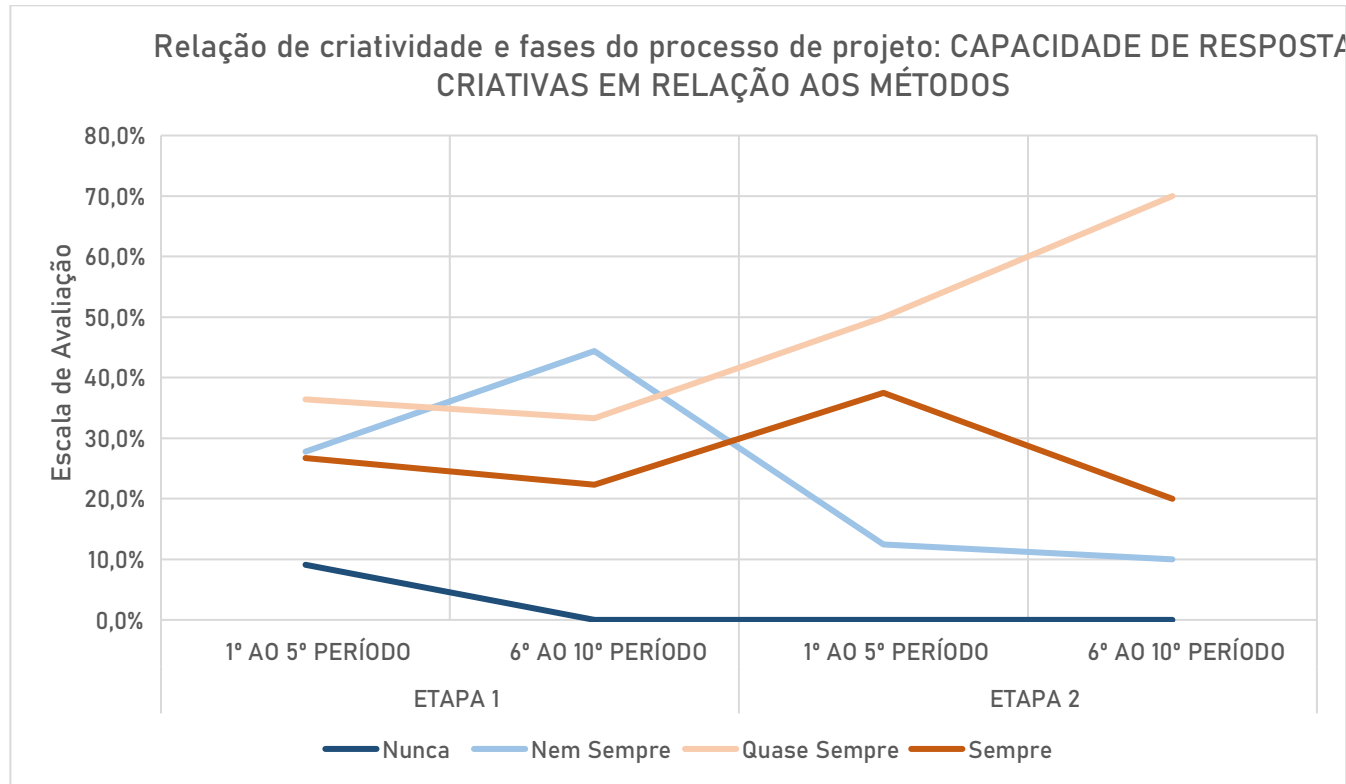


FONTE: O Próprio autor, 2020

Desse modo e em relação ao que foi observado, podemos afirmar que há uma conexão entre a capacidade de respostas criativas nas fases de decisões, em detrimento do método segundo a avaliação da amostra. Isso porque ao comparar-se

as duas etapas, nota-se que houve um aumento expressivo entre os que antes indicavam não haver essa dependência ou que a mesma não se configurava como tão relevante (Figura 46).

Figura 46: Avaliação da relação de criatividade nas fases do processo de projeto no que se refere à capacidade de respostas criativas mediante os métodos.



FONTE: O Próprio autor, 2020

O grupo 2, que em levantamentos anteriores se apresenta como uma parte da amostra com menor incidência de impactos em relação aos aspectos estruturais do processo criativo, se posicionam com uma maior avaliação ao serem

questionados sobre o assunto. Tal situação indica uma espécie de conflito num duelo entre o amadurecimento cíclico do processo social cognitivo de projeto, com os caminhos possibilitados pelas novas tecnologias, no entanto, com

abertura e diálogo por meio da utilização híbrida de recursos neste contexto.

### 5.2.3 Relação de Cognição e Decisão

Entender as relações descritas no tópico anterior foram fundamentais para que se pudesse analisar de forma combinada os aspectos do presente eixo temático. Dessa forma, procura-se compreender de que forma tais elementos se associam aos conceitos e elementos cognitivos que compreendem complexos momentos do processo de projeto em relação a tomada de decisão, seja pelo aspecto abstrato, seja pelo aspecto concreto.

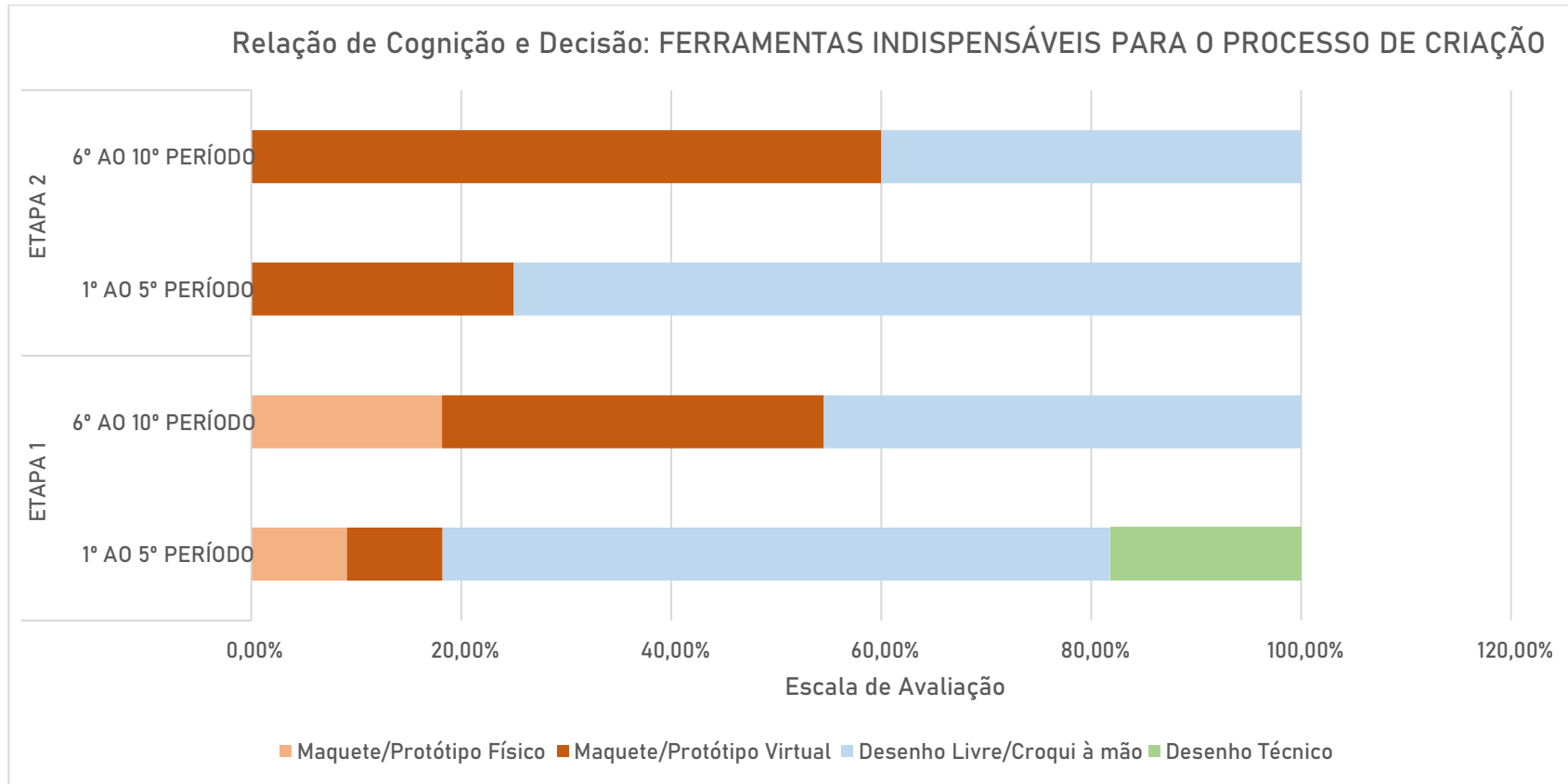
Iniciando essa investigação, tais aspectos podem ser analisados ao se avaliar a relação do que para os dois grupos da amostra, são considerados como indispensáveis para o processo de criação e/ou compreensibilidade do mesmo. Os

alunos demonstram que é fundamental associar um método de representação tridimensional com um método de desenho mais intuitivo e de fácil expressão de conceitos ou ideias.

Nas duas etapas, os protótipos de forma geral, juntamente com o Desenho livre/Croqui à mão, constituem a principal escolha dentre as que foram apresentadas (Figura 47 e 48). No entanto, o que se observa é um crescimento da dependência de recursos digitais de modelagem para os processos criativos quando o conhecimento para o mesmo é apresentado.

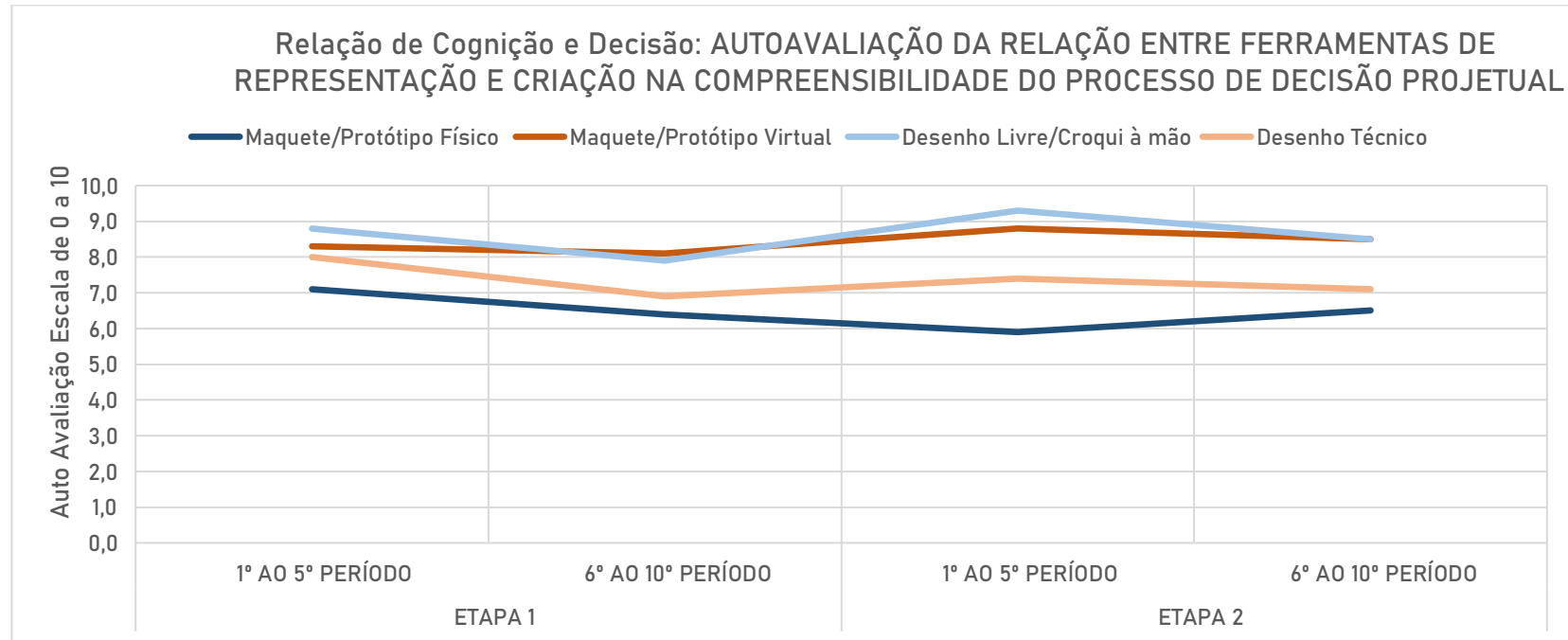


Figura 47: Avaliação ferramentas indispensáveis para o processo de criação.



FONTE: O Próprio autor, 2020

Figura 48: Avaliação de relação de compreensibilidade pelas ferramentas de representação e criação no processo de decisão projetual



FONTE: O Próprio autor, 2020.

Ou seja, vê-se que nas etapas iniciais de formação, os alunos apresentam essas relações entre ferramentas e criação, pelo que lhes são ensinados como recursos para se expressar. Tanto é que, após a primeira etapa, o conhecimento de desenho técnico e maquete/protótipos físicos utilizados em métodos

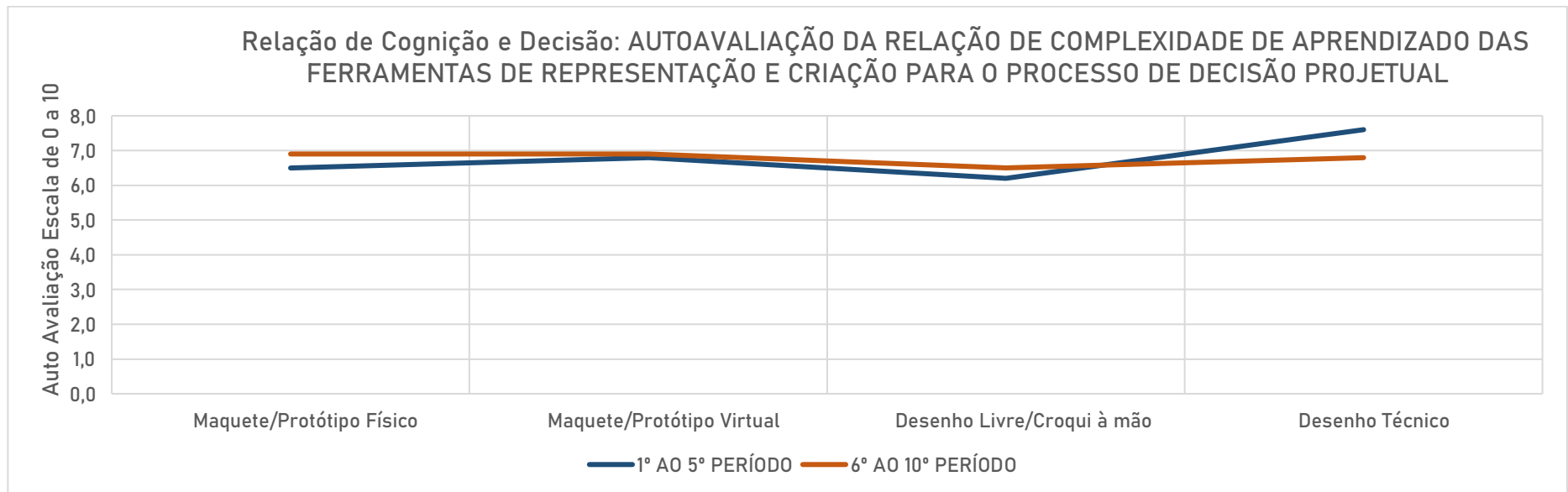
tradicionais, nem chegam a aparecer como uma escolha nos itens avaliados, algo que já era notório para os alunos em estágios mais avançados da graduação.

Além do mais, quando estes mesmos itens são medidos segundo a avaliação de complexidade de aprendizado, o que se

verifica é que para este mesmo grupo, o Desenho Técnico representa uma maior dificuldade em comparação aos Protótipos Virtuais (Figura 49). Em continuidade a essa última comparação, o item maquete/protótipos físicos acaba por não representar grandes variações, o que faz com que antes da

experiência, as duas ferramentas sejam dispostas em patamares parecidos. Por fim, o Desenho Livre/Croqui à mão, é considerado a ferramenta de menor complexidade dentro do aspecto avaliado.

**Figura 49:** Avaliação da complexidade de aprendizado das ferramentas de representação e criação para o processo de decisão projetual, realizado antes da experiência nas duas etapas.

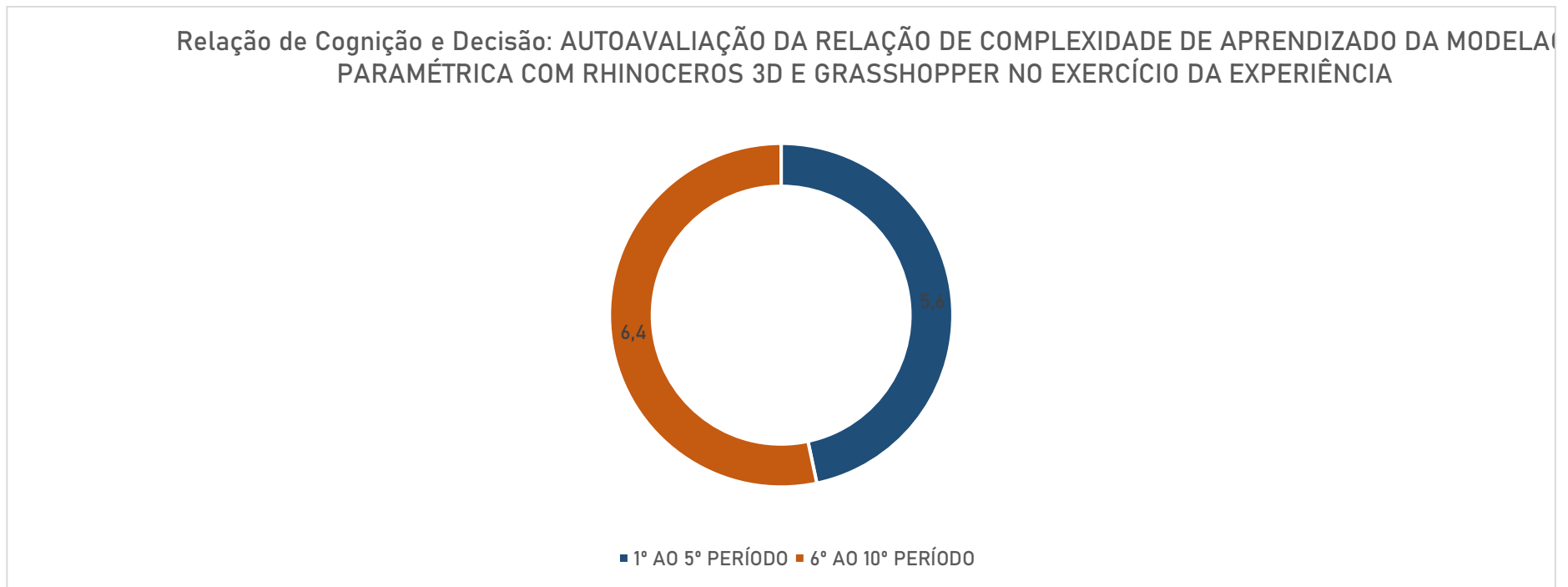


FONTE: O Próprio autor, 2020.

Após a experiência do exercício projetual com a utilização do Rhinoceros 3D e Grasshopper como softwares de modelagem paramétrica, foram considerados para a comparação com o item anterior, a avaliação da amostra quanto à complexidade de utilização dos mesmos para cada

grupo. O resultado seguiu a mesma lógica avaliada até aqui, e para os estudantes do grupo 2, os quais já possuíam conhecimentos e práticas que o grupo 1 ainda não tinha, a nota atribuída ao item foi um pouco maior (Figura 50).

**Figura 50:** Avaliação da relação de complexidade de aprendizado da modelagem paramétrica com rhinoceros 3D e grasshopper/lunchbox



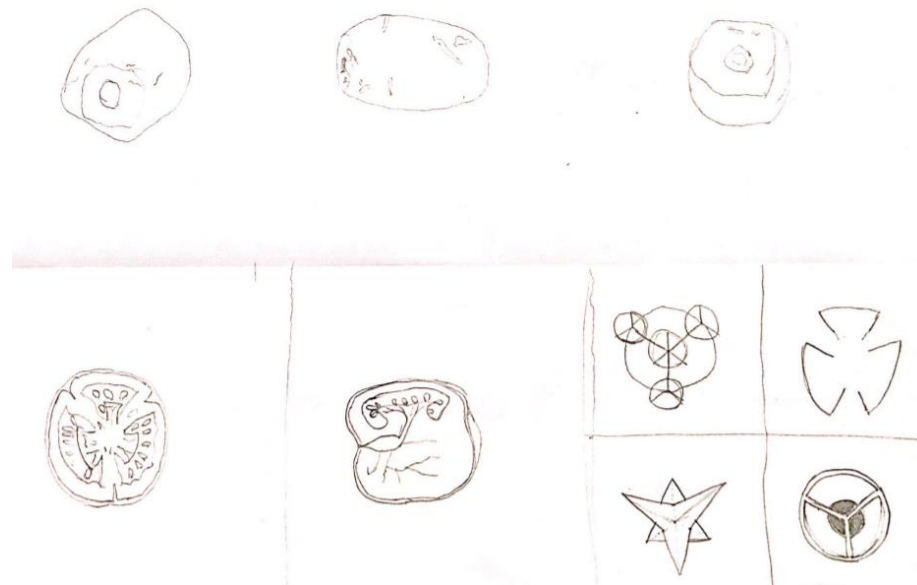
FONTE: O Próprio autor, 2020

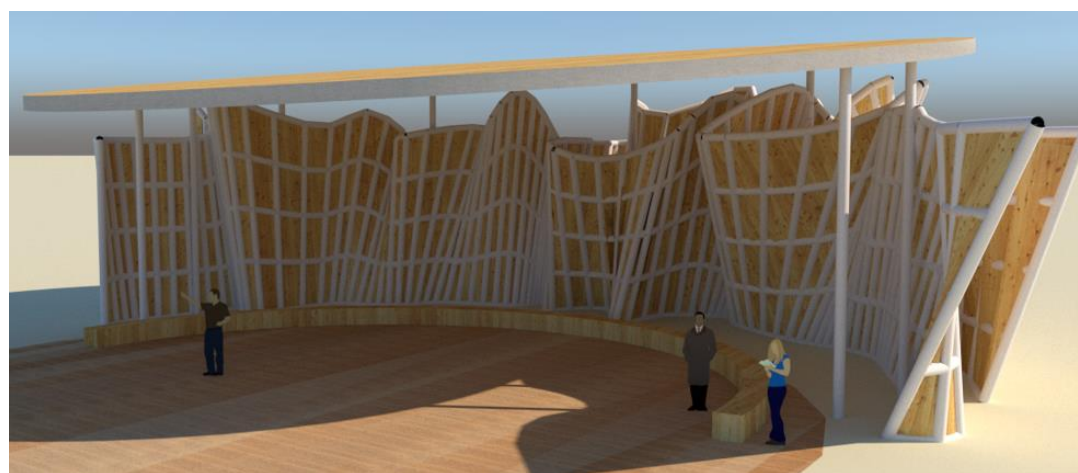
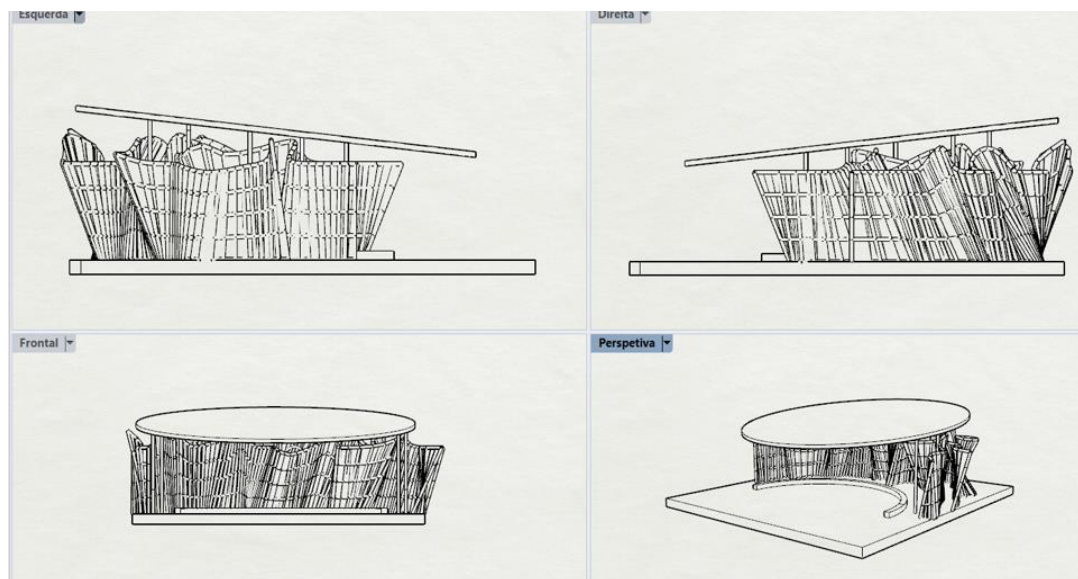
Isso nos permite afirmar que, especialmente para alunos do grupo 1, a utilização de recursos digitais nos processos de ensino aprendizagem possam ser uma tendência sem grandes resistências, mesmo com barreiras cognitivas a serem melhoradas e investigadas. No entanto, não há como afirmar o mesmo do ponto de vista de quem participa da formação (docentes), uma vez que este aspecto não foi avaliado nesta

pesquisa, cabendo-se como um elemento de indagações para futuros trabalhos.

A seguir, alguns dos resultados do exercício de projeto na 2ª etapa, de alunos tanto do grupo 1 quanto do grupo 2. Foram observados elementos que se aproximam ou que se distanciam na relação entre os métodos, ferramentas, processo de síntese, etc.

**Figura 51:** Proposta de Abrigo para passageiros de Ônibus de aluno do Grupo 1. Proposta com inspiração na Análise Biônica do Tomate



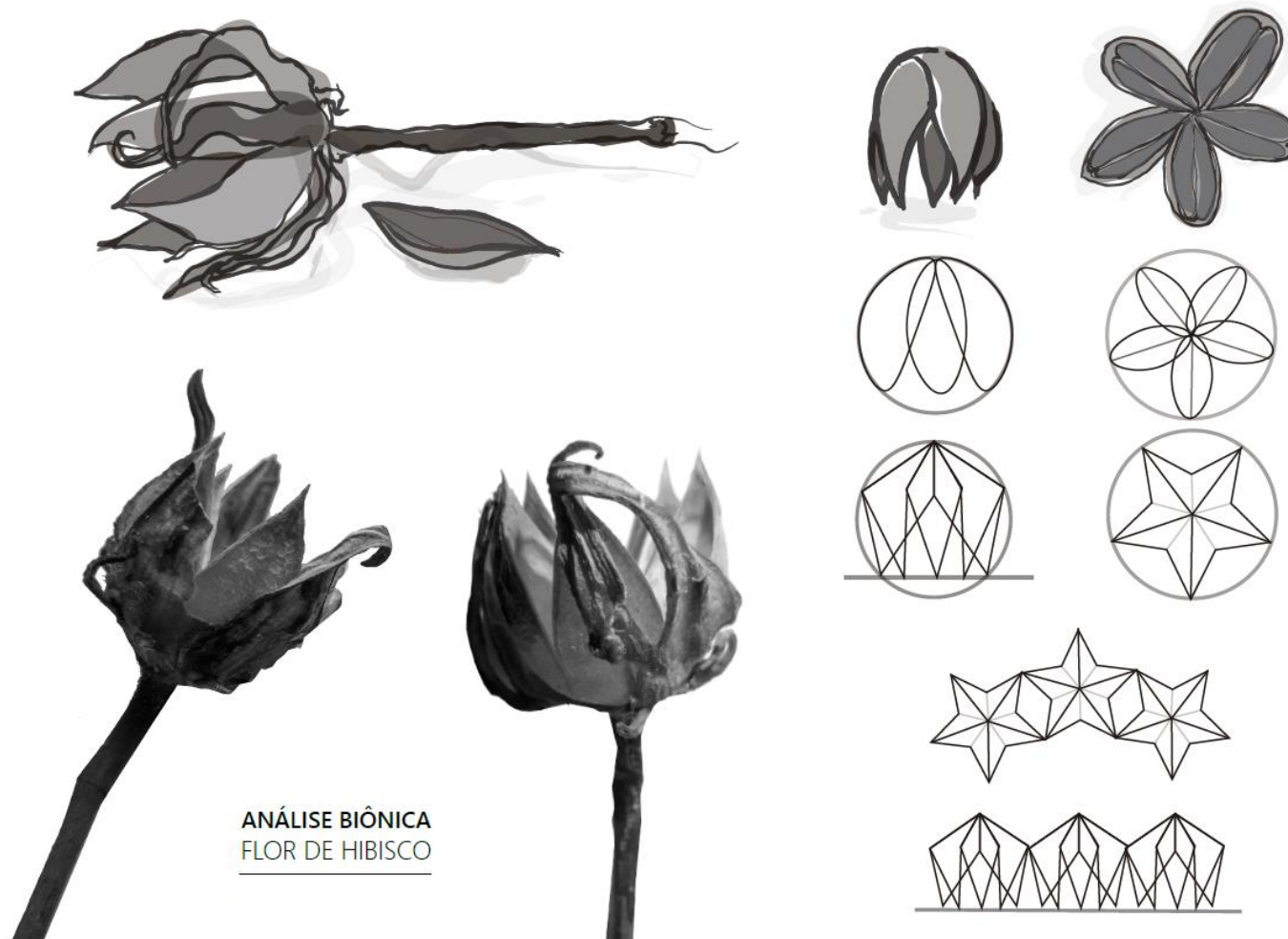


FONTE: O Próprio autor, 2020

Na Figura 51, temos a proposta de um abrigo para passageiros de ônibus de um estudante do grupo 1, no qual o mesmo utiliza o tomate como o elemento de análise biônica. Nos desenhos é possível perceber uma síntese pós observação, com abstrações bastante "panelizada", isto é, discreta segundo painéis planos, e com muitos elementos que denotam uma simetria em seus esboços finais. Já na proposta projetual com o uso da modelagem paramétrica, o aluno se apropria de uma volumetria mais orgânica e fluída, no entanto relativamente intrincada, mas que compreende o processo subjetivo de síntese própria da experimentação.

A seguir, a proposta de um aluno do grupo 2, que propõe uma abordagem diferente das demais apresentadas até aqui no que se refere ao processo de síntese. Essa diferença se dá pelo uso do desenho digital ao invés do desenho à mão livre, observado nas outras análises (Figura 52).

Figura 52: Proposta de Abrigo para passageiros de Ônibus de aluno do Grupo 2. Proposta com inspiração na Análise Biônica da flor de hibisco



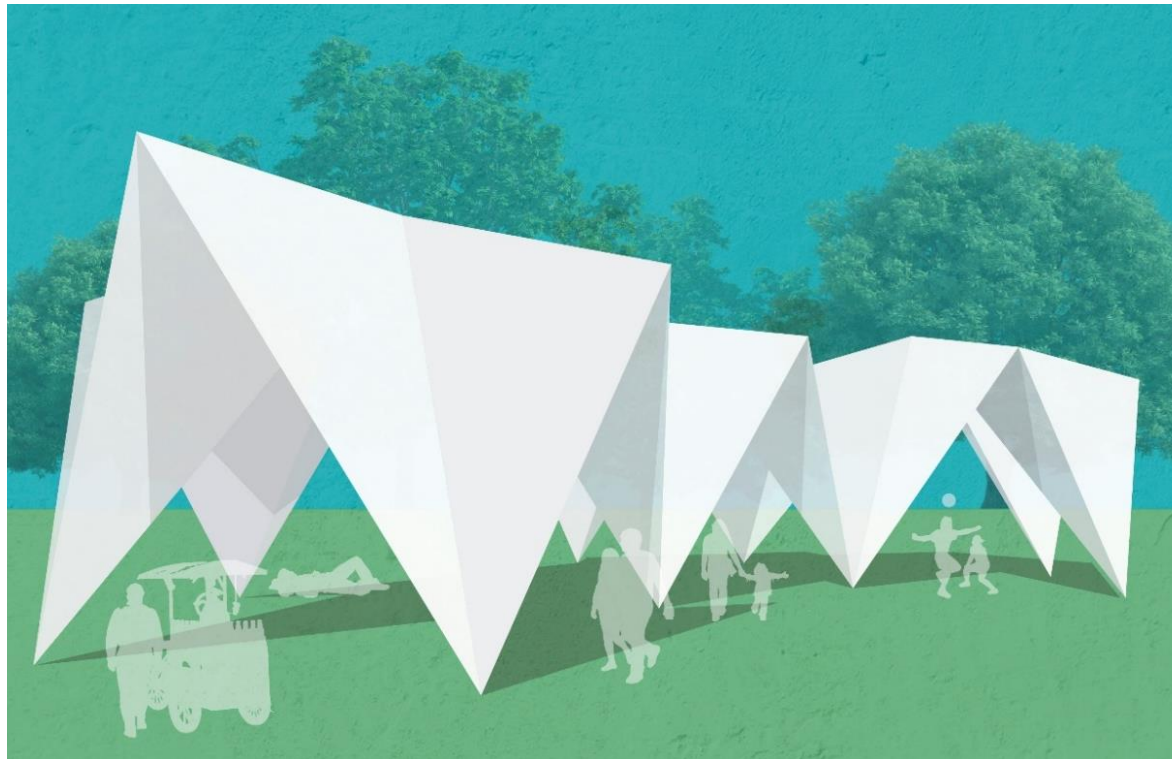
FONTE: O Próprio autor, 2020



A análise biônica que o aluno utiliza é com base na síntese da Flor do Hibisco. Um outro aspecto interessante desse processo de análise é que o mesmo acontece apenas por esboços bidimensionais, e que o elemento tridimensional só

aparece na proposta final de volumetria (Figura 53), que se apresenta com formas trianguladas e bem definidas pelos vértices de sua geometria.

**Figura 53:** Volumetria proposta na primeira etapa por aluno do grupo 2, com proposta em análise biônica da Flor de Hibisco.

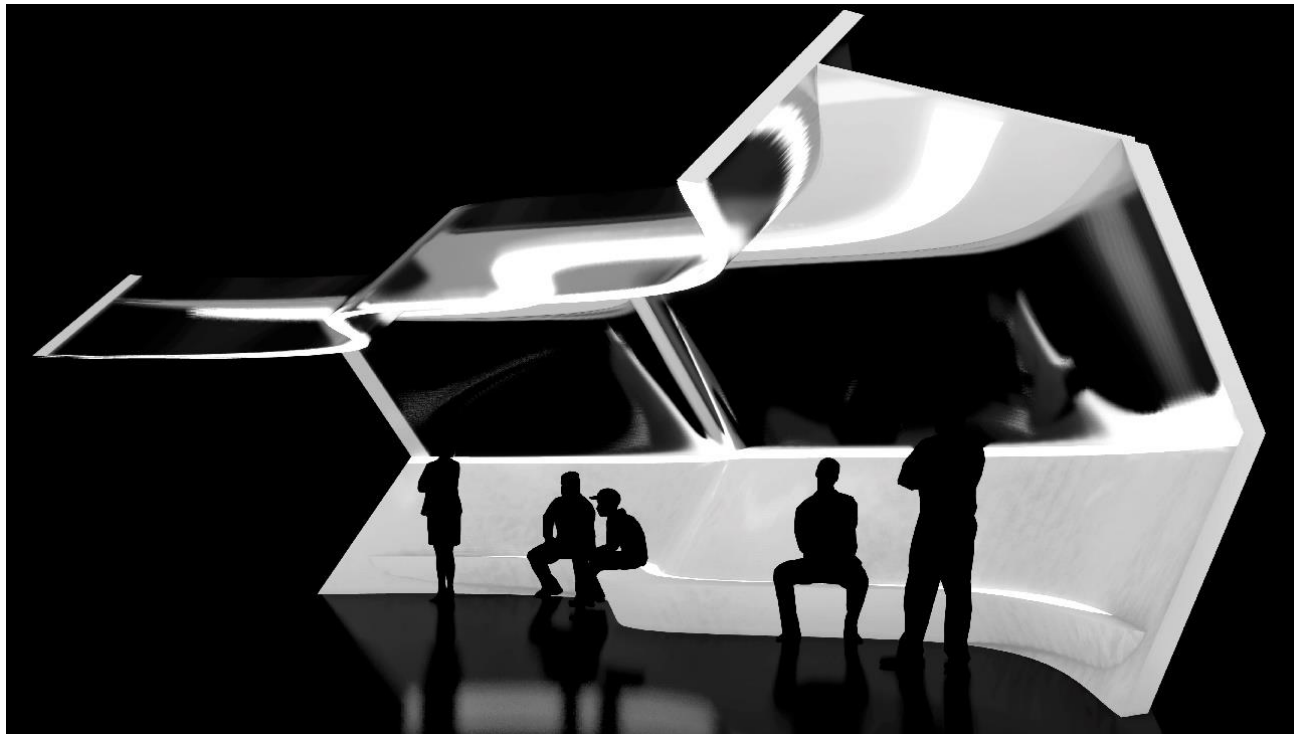


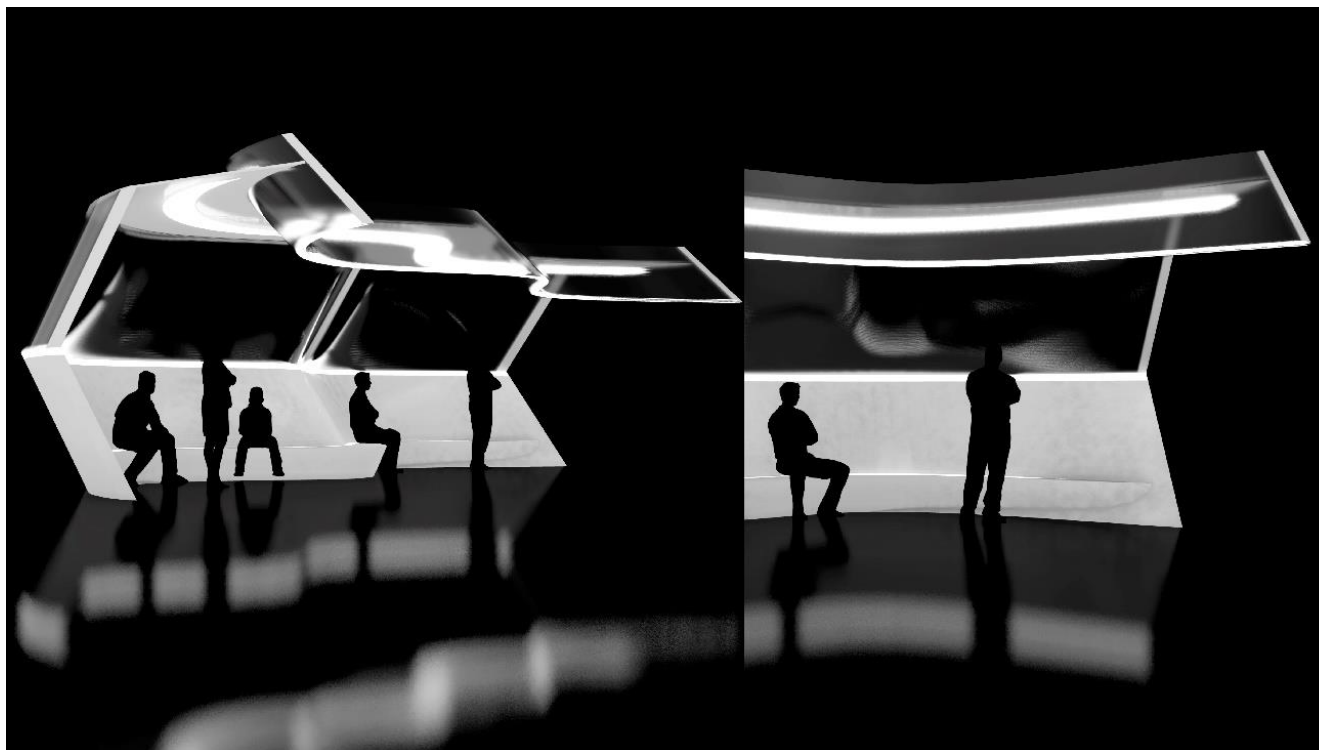
FONTE: O Próprio autor, 2020.

Este trabalho permite uma comparação interessante ao se comparar as propostas da primeira e da segunda etapa, uma vez que com o uso da modelagem paramétrica, o mesmo se apresenta com uma geometria bem diferente (Figura 54). Nota-se aspectos parecidos com os que foram observados na análise do projeto anterior, haja vista que o mesmo se apropria de uma

geometria com elementos curvos e orgânicos, mantendo-se mais distante dos esboços apresentados no processo de síntese. Entretanto, neste caso é possível perceber que os aspectos de simetria foram mantidos mesmo com a singularidade de cada proposta.

**Figura 54:** Proposta de Abrigo para passageiros de Ônibus de aluno do Grupo 2. Proposta com inspiração na Análise Biônica da Flor de Hi bisco na 2ª etapa.





FONTE: O Próprio autor, 2019

### 5.2.4 Relação de Produção e Tempo

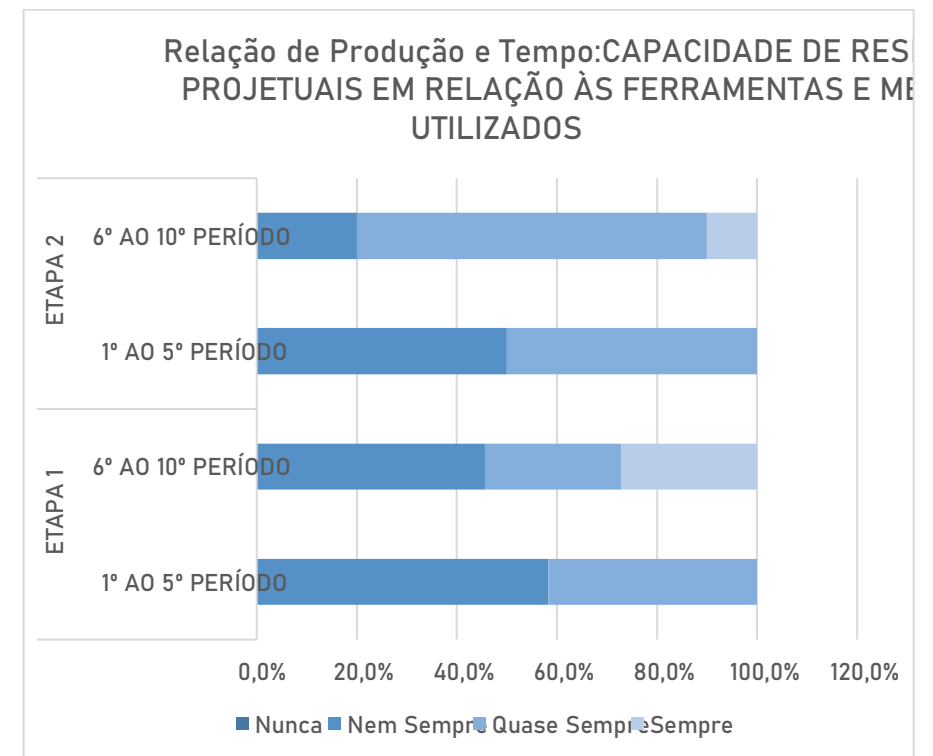
A relação entre produção e tempo possuem relações diretas com os métodos pelos quais são adotados em um processo de análise e síntese. Cada ferramenta, agrupa elementos que mesmo com as diferentes interações estabelecidas entre as mesmas e os usuários, seja por aspectos técnicos ou subjetivos, constituem padrões e características específicas inerentes ao que se produz e ao tempo que se leva para seu desenvolvimento.

O presente eixo temático se insere como o último objeto de investigação dentro do questionário aplicado, fazendo o fechamento da discussão deste trabalho, tanto pelos aspectos avaliados quanto por colaborações e desdobramentos futuros dentro do tema.

Para tal, iniciou-se observando e analisando a percepção da amostra em relação a capacidade de respostas e soluções projetuais durante o processo formal, em detrimento das ferramentas e métodos projetuais. O objetivo foi o de verificar

as influências dessas relações tanto quanto a quantidade quanto a qualidade das alternativas possibilitadas nas duas etapas (Figura 55).

**Figura 55:** Avaliação da capacidade de respostas projetuais em relação às ferramentas e métodos utilizados considerando tempo e produção.



FONTE: O Próprio autor, 2019

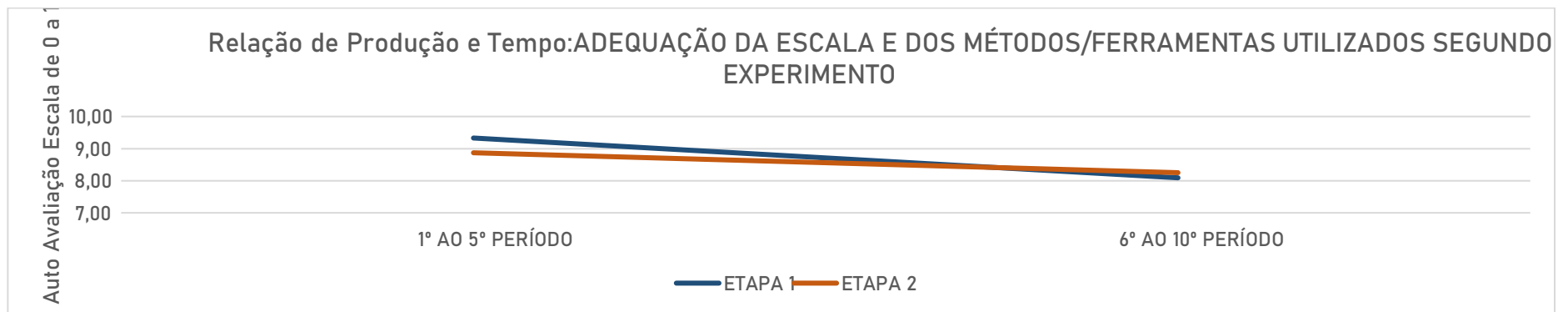
Conforme se observa pela Figura 55, os alunos do grupo 1 durante a primeira etapa do experimento, demonstraram em um maior percentual que a capacidade de respostas projetuais “nunca” dependem das ferramentas e métodos utilizados. Esse mesmo parâmetro na avaliação dos alunos do grupo 2 é menor, demonstrando e acreditando haver uma maior relação entre esses aspectos.

Após a experiência, é possível verificar que o grupo 2 apontou para uma maior relação de impactos ao serem questionados novamente sobre o item, denotando um aumento considerável na percepção sobre a dependência das

ferramentas e métodos para melhores alternativas de projeto em seu processo. O grupo 1 também avalia seguindo a mesma perspectiva do grupo 2, só que em um percentual menor.

Combinado a esta última avaliação, foram considerados também, os dados que relatam a percepção da amostra com relação a adequação de tempo e escala para o exercício projetual proposto segundo as ferramentas e métodos utilizados. Nesse sentido, o que se verifica pela Figura 56, é que para ambos os grupos, os métodos tradicionais representaram maior compatibilidade para o aspecto avaliado se comparado à segunda etapa, na qual a modelagem paramétrica foi adotada.

**Figura 56:** Avaliação de adequação de escala e do tempo de atividade em relação aos métodos e ferramentas.



FONTE: O Próprio autor, 2019

Vale ressaltar que para a segunda etapa, foi necessário um treinamento da ferramenta visto que os participantes não conheciam nem os conceitos e nem o aplicativo no qual os protótipos virtuais foram feitos. Para a produção do exercício de projeto utilizando o recurso, foi disponibilizado um tempo bem parecido com o tempo da primeira etapa.

Além disso, todo o processo se deu por transmissão remota em detrimento do período pandêmico vivenciado no decorrer da pesquisa, na qual as diretrizes de isolamento social foram preservadas. Dessa forma, os alunos participaram de um formato de ensino e treinamento que não constitui ainda um padrão na organização didático-pedagógica dos cursos de Arquitetura e Urbanismo no Brasil, muito embora haja uma grande oferta de cursos online de profissionalização e aperfeiçoamento em aplicativos da área de arquitetura.

De modo geral, há de se considerar que a avaliação que aponta para uma menor adequação dos métodos para o exercício e para o tempo disponibilizado, são reflexões diretas do curto período para a realização do experimento. Isso é perceptível quando se verifica o formato de caráter paradoxal quando comparados aos impactos verificados em dados anteriores e a forma como os mesmos aconteceram.

Todos os pontos levantados por esta última consideração, possuem a capacidade de refletir diretamente na percepção que os participantes tiveram ao avaliar a questão e nas próprias considerações da pesquisa, e dessa forma não representam uma generalização dos resultados.



## 6 ■ CONCLUSÃO

É bem sabido que os avanços tecnológicos ocorridos rapidamente desde as grandes transformações pós revolução industrial, acima de tudo, modificou as relações humanas se inserindo como agente catalisador da produção do espaço e as múltiplas interações com ele. Aspectos diversos dessas relações se contextualizam a diferentes abordagens na prática e nos desdobramentos da arquitetura, uma vez que, como parte de uma ciência social aplicada, se configura como elemento inerente aos seus diferentes modos de execução.

Na arquitetura, as tecnologias informáticas promoveram uma série de mudanças que acompanham sua produção, desde a concepção até a sua execução. Essas mudanças incluem a ampliação ou intensificação de recursos mais racionais para o projeto, campos de representação arquitetônica diferentes ou acentuação de novas ênfases construtivas (LIMA, 2015).

Além disso, abordagens inovadoras em processos de projeto e que abarcam dimensões sustentáveis da arquitetura contemporânea, tem sido utilizado como meios de exploração e experimentação. Essas possibilidades, como é o caso da biomimética, tem potencializado de forma integrada a

tecnologia com aproximações muito interessantes para o ambiente natural.

Em todas essas transformações com o objetivo de criar espaços melhores para a arquitetura e para o meio ambiente, verifica-se que há impactos para além de sua própria prática. Para tudo isso, há também uma emergência de novas abordagens na difusão e interpretação de tais mecanismos, visando traçar melhores condições e resolver problemáticas de naturezas diversas na formação e no ensino destes profissionais.

A contribuição desta pesquisa está em evidenciar tais impactos e colaborar com o debate teórico-prático, identificando-os e avaliando-os por meio de uma série de questionamentos que foram observados através de um experimento. Sobretudo, concentrado em analisar as relações promovidas pela inserção incremental da modelagem paramétrica e aproximações da mesma com a biomimética nos processos de projeto. Essas abordagens procuraram entender os aspectos capazes de interferir diretamente nas respostas projetuais e criativas, por dimensões inseridas no campo



cognitivo e de linguagem, permitindo traçar relações e comportamentos causais, que todavia, não representam em si uma generalização da amostra considerando a escala avaliada.

Os dados do referencial literário, demonstraram uma vasta relação de elementos que compreendem o invólucro do processo projetual e suas relações com a arquitetura digital. Ficou claro que apesar de muitas discussões a respeito, ainda há muito a ser explorado no campo experimental visando conciliar experimentos práticos com as reflexões teóricas. Porém é fato que a velocidade com que ocorrem as transformações no campo tecnológico, parecem ter chegado à um ritmo diferente do que seria necessário para sua implantação com maior domínio e clareza.

Essas diferenças atingem especialmente o ensino, uma vez que seria necessárias constantes atualizações das matrizes curriculares pedagógicas, além de um perfil profissional didático que tivesse suporte para se inserir nessas transições em resposta às demandas da sociedade.

O experimento procurou comparar dois grupos diferentes (alunos em estágios iniciais e estágios finais) e em duas etapas diferentes, o que permitiu maiores níveis de comparação. Observou-se que esses impactos aconteceram de forma diferente se considerado a relação dos estágios de formação para a maioria dos aspectos avaliados. Os resultados permitiram concluir que, para ambos os grupos, a modelagem paramétrica e a biomimética representam campos de inovação com importantes impactos para o processo criativo.

Os alunos demonstraram um maior vislumbre por projetos que em sua volumetria, apresentem reflexos do que a modelagem paramétrica possibilita em termos técnicos e de complexidade formal. É como se de forma geral, as mesmas pudessem gerar uma interação diferente com os usuários, modificando a forma como o corpo dessas edificações se conectam com a cidade e revelando-as como associações diretas à ideia de inovação.

No que se refere às ferramentas de representação e criação em arquitetura, o que os resultados apresentaram é que na comparação entre os dois grupos, o desenho livre/croqui,

mesmo com a inserção da tecnologia, se constitui como uma forte estratégia para os processos de projeto combinados à prototipagem digital. Ao comparar as duas etapas, a modelagem paramétrica representa contribuições no suporte de ideias diferentes, novas afinidades, usabilidade e aproximações com a biomimética. No entanto, esses índices foram maiores no grupo 1, o que denota que o conhecimento prévio dos alunos do grupo 2 sobre outros tipos de modelagem (estática), talvez represente uma barreira cognitiva para assimilação e incorporação de uma ferramenta de lógica mais tradicional.

Com relação à criatividade durante as fases criativas de projeto, o grupo 1 se mostrou mais flexível as mudanças que estruturam as modificações na evolução de ideias, mesmo se autoavaliando como menos criativos na primeira etapa. No grupo 2, apesar dos índices de impacto terem aumentado após a experiência, a incidência foi um pouco menor, no entanto, revelando o potencial que as abstrações pelo estudo da biônica e da modelagem paramétrica tem para a exploração formal em criação.

Para os aspectos de cognição e decisão, mesmo que a experiência tenha sido realizada em um período relativamente curto, para o grupo 1 o design computacional é contextualizado como ferramenta de menor resistência em uma possível inserção no ensino, mesmo sendo avaliado como item de complexidade moderada. O que se observou é que o conhecimento sobre programação em arquitetura, mesmo seguindo uma lógica diferente do processo tradicional, se mostrou como sendo importante para que os alunos validassem essa nova forma de projetar e considerassem à sua utilização em processos decisivos de projeto. Vale ressaltar que o tipo de programação utilizada foi a visual, e não textual. O desenho livre em ambas as situações representa o item de menor complexidade de aprendizado.

A maior vivência experienciada pelos métodos tradicionais para os alunos analisados, se mostrou como um aspecto de reflexo direto na avaliação de adequação do exercício para os métodos utilizados. Logo, uma nova forma de projetar, requer antes de tudo, tempo para conhecimento técnico e assimilação das ferramentas se considerada uma

avaliação mais profunda dessas relações que combinam aspectos de produção e execução. No entanto, após a experiência, ficou claro que no contexto abordado, a capacidade de respostas em relação aos métodos utilizados é considerada mais responsiva com a incorporação da arquitetura digital.

O que a combinação de todos os eixos avaliados permitiu inferir, é que ao menos por enquanto, em um cenário de constantes transições metodológicas em que o surgimento de novas ferramentas vai exigindo novas habilidades, sua inserção encontra maiores possibilidades se considerada uma hibridização entre os métodos.

Os elementos de expressão gráfica bidimensionais, à mão ou digital, aliados a modelagem paramétrica encontram potencial enquanto ferramentas de representação e análise

para o projeto arquitetônico. Além disso, o conhecimento de biomimética como uma aplicação para exploração de novas formas de relação entre geometria e paisagem, se provou como compatíveis para formas de criação que considerem uma produção artificial incorporadas à tecnologia.

O trabalho considera como possibilidades de pesquisas futuras, a investigação dos aspectos avaliados por experiências que analisem a partir da perspectiva de formação e prática profissional (professores e arquitetos fora do contexto de ensino). Dessa forma, alinhando resultados dos diferentes setores de atuação para a produção da cidade, e propondo condições melhores de desenvolvimento tecnológico e construtivo em áreas que contemplem a criatividade (ex: arquitetura, engenharia e design).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUIAR, Rafael Rattes Lima Rocha. **Biomimética aplicada ao Metadesign**: geração de máquinas abstratas com base no estudo do Mandacaru. Dissertação de Mestrado. UFPE, 2015. Acesso em: agosto de 2020. Disponível em: <encurtador.com.br/gjuFM>.
- AISH, Robert e HANNA Sean. **Comparative evaluation of parametric design systems for teaching design computation**. Design Studies, 2017. Acesso em outubro de 2020. [https://doi.org/10.1007/11536482\\_13](https://doi.org/10.1007/11536482_13)>
- AISH, Robert; WOODBURY, Robert. **Multi-Level Interaction in Parametric Design**. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON SMART GRAPHICS, 5., 2005, Frauenwörth Cloister. Proceedings. Berlin: Springer, 2005. p. 151-162.
- ALENCAR, E. S. **Um estudo de criatividade**. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 2ª edição. 1974. Acesso em agosto de 2019. Disponível em <<http://bibliotecadigital.fgv.br/ojs/index.php/abpa/article/view/File/17077/15876>>.
- ALMEIDA, Marcela Alves, NOGUEIRA, Yasmin de Souza. **Parametricism as style: the relationship between methodology of scientific research programmes and parametric design**. SIGRADI TECHNOLOPOTICAS. São Carlos, SP. 2018.
- BENYUS, Janine M. 2003. Biomimética: Inovação Inspirada pela Natureza. 1ª Ed., São Paulo: Cultrix.
- BURRY, Mark; MURRAY, Zolna. **Computer Aided Architectural Design Using Parametric Variation And Associative Geometry**. In: CHALLENGES OF THE FUTURE, 15., 1997, Vienna. Proceedings .... Vienna: Osterreichischer Kunst- Und Kulvurverlag, 1997.
- COSME, A. M. "El Proyecto de Arquitectura. Concepto, proceso y representación". Barcelona: Editorial Reverté, 2008.
- CROSS, N. **Natural intelligence in design**. Design Studies, v. 20, n. 1, jan. 1999. [https://doi.org/10.1016/S0142-694X\(98\)00026-X](https://doi.org/10.1016/S0142-694X(98)00026-X)
- DETÂNICO, Flora Bittencourt e SILVA, Tânia L. K. **A biomimética como método criativo para o projeto de produto**. UFRGS, 2010. Acesso em agosto de 2020. <https://doi.org/10.23972/det2010iss02pp101-113>
- DORST, K; CROSS, N. **Creativity in the design process: co-evolution of problem- solution**. Design studies, v. 22, n. 5, set. 2001. [https://doi.org/10.1016/S0142-694X\(01\)00009-6](https://doi.org/10.1016/S0142-694X(01)00009-6)
- EASTMAN, Charles M. **The Evolution of Computer Models in Building**. In: Building Product Models: Computer Environments, Supporting Design and Construction. Boca Raton: CRC Press, 1999. p. 35-74. <https://doi.org/10.1201/9781315138671-3>
- EASTMAN, Chuck et al. **BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors**. 2. ed. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., 2011. 648 p.

ECKARDT, B.V. **Multidisciplinarity and cognitive science.** Cognitive Science, v. 25, 2011.

EL DALY, Hazem M. T. **Revisiting algorithms in architectural design.** Towards new computational methods. Doctorate Thesis, Ain Shams University, Egypt, 2009. Acesso em: setembro de 2020.

FABRICIO, Márcio M.; MELHADO, Silvio B. **O processo cognitivo e social do projeto.** In: KOWALTOWSKI, Doris C.C. K., MOREIRA, Daniel de Carvalho, PETRECHE, João R. D., FABRICIO, Márcio M. (orgs.). O processo de projeto em arquitetura. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.

FLORIO, Wilson. **Notas sobre pensamento e cognição em projetos paramétricos.** In: II Encontro da Associação Nacional de Pesquisa e Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo. Teorias e práticas na Arquitetura e na Cidade Contemporâneas. Natal: PPGAU UFRN / ANPARQ, 2012. p. 1-20.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa.** São Paulo: Editora Atlas S.A 4ª edição, 2008. p. 41, 59 e 137.

GROAT, L. N. e WANG, D. **Architectural Reserch Methods.** 2 Ed. New York: Wiley, 2013

GUILFORD, J. P. **Intelligence, Creativity and their Educational Implications.** San Diego: Robert R. Knapp, 1968.

GUILFORD, J. P.; HOEPFFNER, R. **The Analysis of Intelligence.** Nova York: McGraw-Hill, 1971.

HOFFMANN, Christoph M.; JOAN-ARINYO, Robert. **Parametric Modeling.** In: FARIN, Gerald; HOSCHEK, Josef; KIM, Myung-soo. Handbook of Computer Aided Geometric Design. Amsterdã: North Holland, 2002. p. 519-541. <https://doi.org/10.1016/B978-044451104-1/50022-8>

HSUAN-AN, Tai. **Sementes do cerrado e design contemporâneo.** Goiânia: Ed. da UCG, 2018.

HSUAN-AN, Tai. **Método de Análise Biônica no Ensino de Design e Arquitetura,** p. 35 -49. In: Métodos e Processos em Biônica e Biomimética: a Revolução Tecnológica pela Natureza. São Paulo: Blucher, 2018. <https://doi.org/10.5151/9788580393491-02>

IVÁNYI, A. S.; HOFFER, I. **The Role of Creativity in Innovation.** Society and Economy, v. XXI, n. 4, p. 77101, 1999.

KLINGER, K. **Information Exchange in Digitally Driven Architecture.** In: Sigradi 2007: SOCIEDADE IBERO-AMERICANA DE GRÁFICA DIGITAL, 11., 2007, Cidade do México, 2007, P. 300-304.

KNELLER, G. F. **Arte e ciência da criatividade.** São Paulo: IBRASA, 1978

KOTNIK, Toni. **Algorithmic Extension of Architecture.** Arch CAAD Thesis, Zurique, 2006. Disponível em <[http://wiki.arch.ethz.ch/twiki/pub/MAS0506stu/NDSToniKotnik/ToniKotnik\\_ThesisMAS2006\\_S\\_mall.pdf](http://wiki.arch.ethz.ch/twiki/pub/MAS0506stu/NDSToniKotnik/ToniKotnik_ThesisMAS2006_S_mall.pdf)> Acesso outubro de 2020.

KOWALTOWSKI, Doris C. C. K., BIANCHI, Giovana e PETRECHE, João R. D. **A criatividade no processo de projeto.** In:

KOWALTOWSKI, Doris C.C. K., MOREIRA, Daniel de Carvalho, PETRECHE, João R. D., FABRICIO, Márcio M. (orgs.). O processo de projeto em arquitetura. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.

KOLAREVIC, Branko. **Architecture in digital age: design and manufacturing**. Nova Iorque: Spon Press, 2003. <https://doi.org/10.4324/9780203634561>

LAKATOS, I. **La metodología de los programas de investigación científica**. Madrid: Alianza Editorial, 1989.

LAKATOS, I. **Falsificação e Metodologia dos Programas de Investigação Científica**. Lisboa: Edições 70, 1999.

LANDIM, Gabriele do Rosário. **Programação para a Arquitetura: linguagens visuais e textuais em projetos orientados à desempenho**. Dissertação de Mestrado. USP, 2019.

LAWSON, B. **Design in mind**. Oxford: Butterworth, 1994.

LEITÃO, A. **Teaching Computer Science for Architecture: a proposal**. Future Traditions: 1 ST eCAADe Regional International Workshop, p. 95104, 2013.

LIMA, Fábio Ferreira. **Espaços sem fronteiras: arte e arquitetura digital**. Tese de Doutorado. FAU, Unb 2015. Acesso em setembro de 2020. Disponível em: <<https://repositorio.unb.br/handle/10482/19550>>.

LOURIDAS, P. **Design as bricolage: anthropology meets design thinking**. Design Studies, v. 20, n. 6, nov. 1999. [https://doi.org/10.1016/S0142-694X\(98\)00044-1](https://doi.org/10.1016/S0142-694X(98)00044-1)

MONEDERO, Javier. **Parametric design: a review and some experiences**. Automation in Construction, Oxford, v. 9, n. 4, p. 369-377. jul. 2000. [https://doi.org/10.1016/S0926-5805\(99\)00020-5](https://doi.org/10.1016/S0926-5805(99)00020-5)

MOREIRA, Daniel de Carvalho. **Introdução**. In: KOWALTOWSKI, Doris C.C. K., MOREIRA, Daniel de Carvalho, PETRECHE, João R. D., FABRICIO, Márcio M. (orgs.). O processo de projeto em arquitetura. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.

NESBITT, K. **Uma nova agenda para a arquitetura: Antologia teórica 1965-1995**. São Paulo: Cosac Naify, 2008

NEWELL, A.; SIMON, H. **Human problem solving**. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1972.

NOMADS USP. **Embryological House**. Acesso em setembro de 2019. Disponível em [http://www.nomads.usp.br/pesquisas/cultura\\_digital/complexidade/CASOS/EMBRYO%20HOUSE/Embryo%20house.htm](http://www.nomads.usp.br/pesquisas/cultura_digital/complexidade/CASOS/EMBRYO%20HOUSE/Embryo%20house.htm).

OXMAN, R. E. (Ed.). **Design cognition and computation**. Design Studies, v. 17, n. 4, out. 1996. [https://doi.org/10.1016/S0142-694X\(96\)90000-9](https://doi.org/10.1016/S0142-694X(96)90000-9)

OXMAN, R. E. **Design media for the cognitive designer**. Automation in construction, v. 9, 2000. [https://doi.org/10.1016/S0926-5805\(99\)00017-5](https://doi.org/10.1016/S0926-5805(99)00017-5)

PAGNOTTA, Brian. **Clássicos da Arquitetura: Museu Guggenheim de Bilbao / Gehry Partners** [AD Classics: The Guggenheim Museum Bilbao / Gehry Partners] 25 Abr 2016. ArchDaily Brasil. (Trad. Souza, Eduardo) Acessado 21 Set 2019. <<https://www.archdaily.com.br/br/786175/classicos->

da-arquitetura-museu-guggenheim-de-bilbao-gehry-partners> ISSN 0719-8906

PIAGET, Jean; FRAISSE, Paul; VURPILLOT, Éliane (1969). **Tratado de psicologia experimental**, Volume VI, A percepção. Rio de Janeiro: Forense.

PINKER, S. **Como a mente funciona**. Tradução de: Lauro Teixeira Motta. São Paulo: Companhia das Letras, 1997

PIÑÓN, Helio. **Representação Gráfica do edifício e construção visual da arquitetura**. *Arquitextos*, São Paulo, ano 09, n. 104.02, Vitruvius, jan. 2009 Disponível em: <<http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/09.104/81/pt>> Acesso em outubro de 2018.

PIRES, et al. **Taxonomias de Geometria da Arquitetura Contemporânea como elementos didáticos para a prática do projeto paramétrico**. Artigo apresentado ao Congresso SIGraDI Cuba 2016. Buenos Aires, Argentina. Acesso em setembro de 2020. Disponível em: <[encurtador.com.br/cfrtO](http://encurtador.com.br/cfrtO)>. <https://doi.org/10.5151/despro-sigradi2016-524>

POLONINI, Flávia Biccias da Silva. **A modelagem paramétrica na concepção de formas curvilíneas da Arquitetura Contemporânea**. Dissertação de Mestrado. Salvador, Bahia, 2014. Acesso em: setembro de 2020. Disponível em: <<https://repositorio.ufba.br/ri/handle/ri/15339>>.

PURCELL, T. (Ed.). **Sketching and Drawing**. *Design Studies*, v. 19, n.4, 1998. [https://doi.org/10.1016/S0142-694X\(98\)00015-5](https://doi.org/10.1016/S0142-694X(98)00015-5)

PURCELL, T.; GERO, J. **Design and other types of fixation**. *Design Studies*, v. 19, n.4, out. 1996. [https://doi.org/10.1016/S0142-694X\(96\)00023-3](https://doi.org/10.1016/S0142-694X(96)00023-3)

PUPPO, Regiane e CELANI, Gabriela. **Implementando a fabricação digital e a prototipagem rápida em cursos de arquitetura: dificuldades e realidades**. Artigo apresentado ao Congresso SIGraDI Cuba 2008. Disponível em: <[http://cumincades.scix.net/data/works/att/sigradi2008\\_036.content.pdf](http://cumincades.scix.net/data/works/att/sigradi2008_036.content.pdf)> Acesso em outubro de 2018.

PUPPO, Regiane Trevisan. **Inserção da prototipagem e fabricação digitais no processo de projeto: um novo desafio para o ensino de arquitetura**. 2009. 240 p. Tese (doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Campinas, SP. Disponível em: <<http://www.repositorio.unicamp.br/handle/REPOSIP/257723>>. Acesso agosto de 2018.

ROSENMANN, M. A.; GERO, J. S. **Creativity in desining using a design prototype approach**. In: GERO, J. S.; MAHER, M. L. (ed.). *Modeling creativity and knowledge based creative design*. New Jersey: Lawrence Erlbaum, 1993.

SANTOS, L; LOPES, J; LEITÃO, A. **Collaborative Digital Design: when architects meets the software engineer**. *eCAADe* 30, v. 2, p. 87-96, 2012.

SCHUMACHER, P. **Parametricism as Style: Parametricist Manifesto**. London. Acessado em agosto de 2019. Disponível em: <<http://www.patrikschumacher.com/Texts/Parametricism%20a%20Style.htm>>. 2008.



SCHUMACHER, P. **Parametricism. A New Global Style for Architecture and Urban Design**. In Carpo, M. *The digital turn in Architecture* (pp.241-257). United Kingdom: John Wiley & Sons. 2009.

SEBESTA, Robert W. *Conceitos de linguagens de programação*. Porto Alegre: Bookman, 2011.

SPERLING, David M.; HERRER, Pablo C.; CELANI, Gabriela; SCHERREEN, Rodrigo; **Fabricação digital na América do Sul: um mapeamento de linhas de ação a partir da arquitetura e urbanismo**, p. 119-125. In: . São Paulo: Blucher, 2015. <https://doi.org/10.5151/despro-sigradi2015-30212>

RAMOS, F. G. *Arquitetura: os planos de propostas. Criação, representação e informação*. In.: **O lugar do projeto: no ensino e na pesquisa em arquitetura e urbanismo**. Rio de Janeiro: Contracapa Livraria, 2007, p.335-346.

REGO, Rejane de Moraes. **As naturezas cognitiva e criativa da projeção em arquitetura: reflexão sobre o papel mediador das tecnologias**. Acesso em agosto de 2019. Disponível em <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0370-4672001000100006](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0370-4672001000100006)>.

ROCHA, Franciane Fracalossi. **NURBS e o método isogeométrico**. Dissertação de Mestrado, Vitória, Espírito Santo, 2016. Acesso em setembro de 2020. Disponível em: <[https://repositorio.ufes.br/bitstream/10/7511/1/tese\\_9660\\_Dissertacao%20Franciane.pdf](https://repositorio.ufes.br/bitstream/10/7511/1/tese_9660_Dissertacao%20Franciane.pdf)>.

SYKES, K. *O campo ampliado da arquitetura: antologia teórica 1993-2009*. São Paulo: Cosac Naify. 2013.

TERZIDIS, K. **Algorithmic Architecture**. First ed. Oxford: Elsevier, 2006

TRAMONTANO, Marcelo. **Quando pesquisa e ensino se conectam. Design paramétrico, fabricação digital e projeto de arquitetura**. *Arquitextos*, São Paulo, ano 16, n. 190.01, Vitruvius, mar. 2016 Disponível em: <<http://vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/16.190/5988>>. Acesso em outubro de 2018.

VASSÃO, Caio Adorno. **Metadesign: Ferramentas, estratégias e ética para a complexidade**. São Paulo: Blucher, 2010.

VASSÃO, Caio. **Uma Abordagem para o Entendimento do "Ecossistema" como Objeto de Conhecimento e Ação Prática: o uso do "Metadesign" como ferramenta para uma pragmática ecológica**. II Simpósio Interdisciplinar de Ciência Ambiental. USP, 2016. Acesso em setembro de 2020. Disponível em: <[https://caiovassao.com.br/contentreferral/2018/09/Ecossistema-e-Metadesign\\_SICAM2016\\_Caio-Vassa%CC%83o\\_30-08-2016-1.pdf](https://caiovassao.com.br/contentreferral/2018/09/Ecossistema-e-Metadesign_SICAM2016_Caio-Vassa%CC%83o_30-08-2016-1.pdf)>.

VIANNA, M. et al. **Design thinking: inovação em negócios**. Rio de Janeiro: MJV, 2012.

VIDIGAL, E. J. **Um estudo sobre o ensino de projeto de arquitetura em Curitiba**. 2004. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, Curso de Pós-Graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, São Paulo, 2004.

VOORDT, T. J. M. *Do programa ao projeto*. In.: VOORDT, T. J. M. **Arquitetura sob o olhar do usuário**. Trad. Maria Beatriz de Medina, São Paulo: Oficina de Textos, 2013, p. 109-140.



WAHL, D. C. **Bionics vs. biomimicry: from control of nature to sustainable participation in nature.** WIT Transactions on Ecology and the Environment, 87, 2006. <https://doi.org/10.2495/DN060281>

WÖLFFLIN, H. **Conceitos fundamentais da história da arte: o problema da evolução dos estilos na arte mais recente** (4th ed.). São Paulo: Martin Fontes. 2000.

# ANEXOS

## Termo de Consentimento Livre e Esclarecido da Pesquisa<sup>10</sup>

### TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Você está sendo convidado(a) a participar da pesquisa intitulada **“INSERÇÃO DE ESTRATÉGIAS DE MODELAGEM PARAMÉTRICA E PROTOTIPAGEM DIGITAL NO PROCESSO DE PROJETO EM ARQUITETURA: Cognição e Forma”**, sob a responsabilidade dos pesquisadores **André Luís de Araujo e Ágabo Carvalho Silva** do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo (PPGAU) da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo e Design (FAUeD) da Universidade Federal de Uberlândia (UFU), em Uberlândia-MG.

A pesquisa tem como objetivo principal avaliar, compreender e construir hipóteses sobre a influência do uso da modelagem paramétrica e prototipagem digital nos estágios criativos de projeto a partir de experimentos pedagógicos orientados a forma e a linguagem. Estes instrumentos intitulados **Workshop** e **Questionário** foram elaborados para criar uma reflexão sobre a aplicação de métodos tradicionais e os métodos em design computacional, com ênfase especial na modelagem paramétrica utilizando o Rhinoceros 3D e o Grasshopper 3D, a fim de verificar os impactos na prática e no ensino da arquitetura.

O **Workshop** ocorrerá em 2 (dois) dias - No período entre 08:00h e 12:00h e 14:00h as 18:00h por meio de transmissão virtual via Google Meet, que dentre exposições teóricas e exercícios práticos, terá como produto final para validação e emissão do certificado, a resposta de um **Questionário** em duas etapas e um exercício de projeto feito individualmente ou em dupla (um para cada sábado).

- **1º dia:** Exposição Teórica sobre processos de projeto, Estudos de Caso e Exercícios práticos utilizando métodos tradicionais para a produção de projetos arquitetônicos em fases iniciais e a Biônica como apoio na criação e inspiração em conceito e partido; Aplicação de Questionário 1 ao final;
- **2º dia:** Exposição Teórica sobre processos que utilizam design computacional em processos de projeto, Minicurso de modelagem paramétrica utilizando o Rhinoceros 3D e o Grasshopper 3D, Estudos de Caso e exercícios práticos de projeto; Aplicação de Questionário 2 ao final.

O **Questionário** trata de processos tradicionais e processos que utilizem o design computacional, dividido em 4 eixos temáticos: 1. RELAÇÃO DE USABILIDADE DAS FERRAMENTAS DE REPRESENTAÇÃO E CRIAÇÃO NO PROCESSO DE PROJETO TRADICIONAL; 2. CRIATIVIDADE E FASES DO PROCESSO DE PROJETO; 3. COGNIÇÃO E DECISÃO; 4. PRODUÇÃO/TEMPO.

O Termo de Consentimento Livre e Esclarecido será obtido pelos pesquisadores supracitados imediatamente antes do início do Workshop, via formulário online. Vale ressaltar que, nesse momento o participante tem um tempo para decidir se quer participar conf. item IV da Resol. CNS 466/12 e Cap. III da Resol. 510/2016.

Caso você aceite participar, os pesquisadores poderão solicitar registros fotográficos do evento online. O tempo de duração da atividade é de aproximadamente 16 horas, 8h horas para cada dia de Workshop (incluindo o Questionário).

Em nenhum momento você será identificado. Os resultados da pesquisa serão publicados e ainda assim a sua identidade será preservada. Você não terá nenhum gasto nem ganho financeiro por participar na pesquisa.

Sobre os riscos da pesquisa, na estruturação da pesquisa, bem como na elaboração dos instrumentos, foram/serão tomados os devidos cuidados para assegurar a integridade física e psicológica dos participantes, visando atendimento às quatro exigências éticas e científicas fundamentais para pesquisas envolvendo seres humanos, de autonomia, não maleficência, beneficência e justiça. Há riscos relacionados à possibilidade de identificação dos participantes, sendo que, para evitá-lo, o sistema de avaliação prevê a atribuição de um

.....  
Rubrica do Participante da pesquisa

.....  
Rubrica do Pesquisador

código genérico aos nomes dos participantes antes da aplicação dos instrumentos, de maneira a conservar o anonimato dos respondentes. A pesquisa não oferece riscos quanto à segurança ou bem-estar do participante, podendo haver, contudo, certo inconveniente em função do tempo de duração do evento. Além disso, por se tratar de um evento online a pesquisa não oferece riscos de contágio frente ao perigo do COVID-19.

Os benefícios serão: fornecer contribuições por meio da difusão de conhecimentos teóricos e dos resultados de aplicações práticas no contexto interdisciplinar de processos de projeto arquitetônico através da inovação e da combinação de uso dos recursos tecnológicos mais recentes do mercado. A proposta permitirá a construção de estratégias no ensino e na prática de projeto em Arquitetura e Urbanismo, reforçando o caráter eficiente de diversas possibilidades de atuação tanto pela perspectiva mercadológica quanto de desenvolvimento científico.

Você é livre para deixar de participar da pesquisa a qualquer momento sem qualquer prejuízo ou coação. Até o momento da divulgação dos resultados, você também é livre para solicitar a retirada dos seus dados, devendo o pesquisador responsável devolver-lhe o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido assinado por você.

Uma via original deste Termo de Consentimento Livre e Esclarecido será enviada para você via e-mail. Em caso de qualquer dúvida ou reclamação a respeito da pesquisa, você poderá entrar em contato com: André Luís de Araujo, telefone 34. 32394509, endereço: Avenida João Naves de Ávila 2121, Bloco 11, Laboratório IN FORMA 3D. Você poderá também entrar em contato com o CEP - Comitê de Ética na Pesquisa com Seres Humanos na Universidade Federal de Uberlândia, localizado na Av. João Naves de Ávila, nº 2121, bloco A, sala 224, campus Santa Mônica – Uberlândia/MG, 38408-100; telefone: 34-3239-4131. O CEP é um colegiado independente criado para defender os interesses dos participantes das pesquisas em sua integridade e dignidade e para contribuir para o desenvolvimento da pesquisa dentro de padrões éticos conforme resoluções do Conselho Nacional de Saúde.

Uberlândia, ..... de ..... de 20.....

.....  
Assinatura do(s) pesquisador(es)

Eu aceito participar do projeto citado acima, voluntariamente, após ter sido devidamente esclarecido.

.....  
Assinatura do participante da pesquisa

**Obs: Devido às restrições de contato físico frente à pandemia do COVID-19 o consentimento do participante será recolhido através de registro via formulário online.**

.....  
Rubrica do Participante da pesquisa

.....  
Rubrica do Pesquisador

<sup>10</sup> O projeto de pesquisa foi submetido em conselho de ética, sendo devidamente protocolado e aprovado conforme o parecer nº 4.173.972

# APÊNDICES

## QUESTIONÁRIO 1ª ETAPA DO EXPERIMENTO

### 1. QUESTÃO INTRODUTÓRIA:

A. Observe as obras arquitetônicas contemporâneas do mosaico abaixo, cujos métodos de concepção se contextualizam a diferentes vertentes de obtenção e decisões projetuais.

Escolha 3 (três) projetos que representam seu perfil de afinidade conceitual e estética marcando um "x" na figura correspondente, e justifique no campo destinado o motivo das suas escolhas:



Justificativa:

---



---



---



---

### 2. RELAÇÃO DE CRIATIVIDADE E FASES DO PROCESSO DE PROJETO

A. Sobre as ferramentas e técnicas de produção no processo de projeto, marque abaixo a sua relação de **CONHECIMENTO/HABILIDADE** de cada uma delas: (Obs: preencha a quantidade de quadros correspondentes à sua percepção)

a. Maquete/Protótipo Físico

--	--	--	--	--	--	--	--

b. Maquete/Protótipo Virtual

--	--	--	--	--	--	--	--

c. Desenho Livre/Croqui à mão

--	--	--	--	--	--	--	--

d. Desenho Técnico

--	--	--	--	--	--	--	--

e. Outro (Especifique)

--	--	--	--	--	--	--	--	--

B. Sobre as ferramentas e técnicas de produção no processo de projeto, marque abaixo a sua relação de **AFINIDADE** de cada uma delas. (Obs: preencha a quantidade de quadros correspondentes à sua percepção)

a. Maquete/Protótipo Físico

--	--	--	--	--	--	--	--	--

b. Maquete/Protótipo Virtual

--	--	--	--	--	--	--	--	--

c. Desenho Livre/Croqui à mão

--	--	--	--	--	--	--	--	--

d. Desenho Técnico

--	--	--	--	--	--	--	--	--

e. Outro (Especifique)

--	--	--	--	--	--	--	--	--

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

C. Sequencie a **ORDEM** (numérica) de utilização das ferramentas seguintes durante o seu processo de criação no processo de projeto em arquitetura.

( ) Maquete/Protótipo Físico

( ) Maquete/Protótipo Virtual

( ) Desenho Livre/Croqui a mão

( ) Desenho Técnico

( ) Outro (Especifique)

D. Na sua opinião, a construção social do que se consolidou como ferramentas em processos tradicionais de criação em projeto, supre as necessidades desta fase na prática do projeto? Determine seu nível de satisfação, sendo (1 – Insatisfatório / 2 – Pouco satisfatório / 3 – Satisfatório / 4. Muito satisfatório).

	1	2	3	4	
--	---	---	---	---	--

E. Em seu processo de criação, se tratando de ferramentas de representação e auxílio na criação, existe outra ferramenta pela qual você utiliza e que não aparece nas perguntas anteriores?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

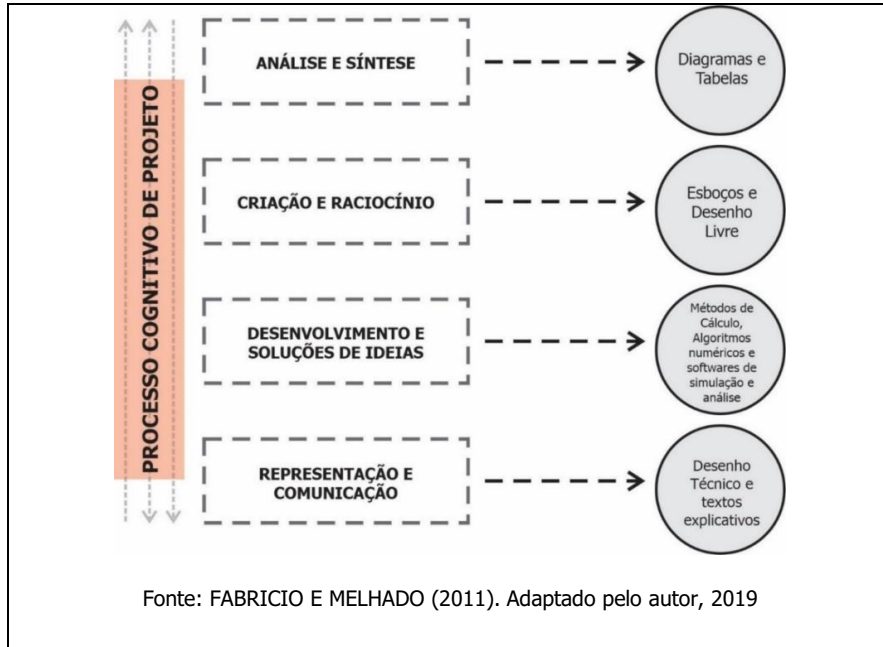
F. Em seu processo de criação, se tratando de ferramentas de representação e auxílio na criação, existe outra ferramenta pela qual você não utiliza e que gostaria de ter o domínio? Por que?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

3. RELAÇÃO DE COGNIÇÃO E DECISÃO							
A. Em uma autoavaliação sobre a sua capacidade criativa para resolver as questões de projeto em fase preliminar, <b>o quanto criativo</b> você se vê contextualizado? (Obs: preencha a quantidade de quadros correspondentes à sua percepção)							
B. No processo de projeto arquitetônico tradicional, determine na relação de itens abaixo, a relevância do que você considera importante para a produção de <b>soluções criativas</b> de projeto:							
a. Ferramentas de Representação							
b. Repertório Projetual							
c. Levantamentos Técnicos diversos							
d. Habilidades pessoais do projetista							
e. Outro (Especifique)							
<hr/> <hr/> <hr/>							

C. No processo de projeto arquitetônico tradicional, que <b>relevância</b> você dá para as <b>ferramentas de apoio a criação e representação</b> na criação de um projeto? (Obs: preencha a quantidade de quadros correspondentes à sua percepção)							
D. Durante o processo criativo do projeto, após as etapas que antecedem a resposta projetual do "problema", determine segundo a sua capacidade de <b>formular respostas</b> : (Obs: preencha a quantidade de quadros correspondentes à sua percepção)							
E. Responda conforme a sua autoavaliação de <b>flexibilidade</b> de mudanças de ideias no processo de projeto: (Obs: preencha a quantidade de quadros correspondentes à sua percepção)							
F. Observe a imagem abaixo e responda: No que se refere ao seu processo criativo, a ordem sequenciada corresponde ao seu processo? Se não, enumere na imagem a sua sequência pessoal, e caso algum item não corresponda ou tem elementos a mais do que os apresentados, justifique no campo destinado:							



JUSTIFICATIVA:

G. A sua experiência pessoal em diversos contextos fora do ambiente acadêmico influencia sua capacidade de respostas projetuais no processo criativo? (1 – Nenhuma Influência / 2 – Pouca Influência / 3 – Regular Influência / 4. Muita influência)

	1	2	3	4	
--	---	---	---	---	--

H. Determine o quanto você acredita que o **ensino de projeto** em sua faculdade ou do seu **professor** influencia na forma como você desenvolve seu processo de projeto/criativo?

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

I. A capacidade de respostas projetuais no processo criativo está diretamente ligada às ferramentas dos métodos utilizados ? (1 – Nunca / 2 – Nem Sempre / 3 – Quase Sempre / 4. Sempre)

	1	2	3	4	
--	---	---	---	---	--

**4. RELAÇÃO DE COGNIÇÃO E DECISÃO**

A. Qual destas ferramentas na sua avaliação é indispensável para as decisões de projeto no processo de criação?

- Maquete/Protótipo Físico
- Maquete/Protótipo Virtual
- Desenho Livre/Croqui a mão
- Desenho Técnico
- Outro (Especifique)

B. O quão relevante é para a compreensão do processo de projeto segundo a sua avaliação, a utilização destas ferramentas durante criação e representação de ideias em decisões de um projeto em fase preliminar (forma)? (Obs: preencha a quantidade de quadros correspondentes à sua percepção)

a. Maquete/Protótipo Físico

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

b. Maquete/Protótipo Virtual

c. Desenho Livre/Croqui à mão								
d. Desenho Técnico								
e. Outro (Especifique)								
<hr/> <hr/> <hr/>								
<b>C. No que se refere ao <b>APRENDIZADO</b>, avalie conforme o nível de complexidade para cada uma das ferramentas abaixo? (Obs: preencha a quantidade de quadros correspondentes à sua percepção)</b>								
a. Maquete/Protótipo Físico								
b. Maquete/Protótipo Virtual								
c. Desenho Livre/Croqui à mão								
d. Desenho Técnico								

e. Outro (Especifique)								
<hr/> <hr/> <hr/>								
<b>D. Você sente que suas respostas projetuais são compatíveis com as possibilidades permitidas pelo seu atual domínio de ferramentas de criação e representação? (1 – Nunca / 2 – Nem Sempre / 3 – Quase Sempre / 4. Sempre)</b>								
	1	2	3	4				
<b>E. Quais as vantagens e desvantagens dos métodos utilizados sob a perspectiva de utilização/manuseio da mesma? Por que?</b>								
<hr/> <hr/> <hr/>								
<b>5. RELAÇÃO DE PRODUÇÃO E TEMPO</b>								
<b>A. A capacidade de respostas projetuais no processo criativo está diretamente ligada às ferramentas e os métodos utilizados no processo de projeto? (1 – Nunca / 2 – Nem Sempre / 3 – Quase Sempre / 4. Sempre)</b>								
	1	2	3	4				

B. Os métodos utilizados são adequados para soluções satisfatórias no período abordado? Porque?
<hr/> <hr/>

C. Determine o quão adequado foram a escala do projeto e o método de exploração formação considerando o tempo disponibilizado?										
<table border="1" style="width: 100%; height: 20px;"> <tr> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> </table>										

QUESTIONÁRIO 2ª ETAPA DO EXPERIMENTO<sup>11</sup>

<b>1. RELAÇÃO DE USABILIDADE DAS FERRAMENTAS DE REPRESENTAÇÃO E CRIAÇÃO</b>				
<p>C. Na sua opinião, a construção social do que se consolidou como ferramentas em processos tradicionais de criação em projeto, supre as necessidades desta fase na prática do projeto, considerando agora seu conhecimento de modelagem paramétrica e as possibilidades permitidas pela biomimética? Determine seu nível de satisfação, sendo (1 – Insatisfatório / 2 – Pouco satisfatório / 3 – Satisfatório / 4. Muito satisfatório).</p>				
<table border="1" style="margin: auto;"> <tr> <td style="width: 25px; text-align: center;">1</td> <td style="width: 25px; text-align: center;">2</td> <td style="width: 25px; text-align: center;">3</td> <td style="width: 25px; text-align: center;">4</td> </tr> </table>	1	2	3	4
1	2	3	4	

D. Você acredita que as possibilidades apresentadas pelo uso do design computacional está mais relacionado a:
<p>a. (    ) Produzir mais do mesmo, alternando apenas as ferramentas;</p> <p>b. (    ) Possibilidades diferentes das que existem atualmente em decorrência das ferramentas;</p>
E. Determine abaixo o quanto a biomimética se relaciona com os métodos utilizados (tradicional e design computacional)
<p>a. Método Tradicional</p>

<sup>11</sup> Para o apêndice referente ao questionário da 2ª etapa, foram excluídas as questões que repetiam ou que não foram aplicadas no vamente em relação ao 1ª questionário. Estão apresentadas neste documento apenas as questões que se diferiram ou que foram acrescentadas.



