

BIOMIMÉTICA APLICADA AO DESIGN: análise crítica da abordagem problema-solução no ensino de projeto em design de produto

BIOMIMETICS APPLIED TO DESIGN: critical analysis of the problem-solution approach in teaching product design project

SANTOS, Sofia Carlesso dos; Graduanda em Design; Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR

sofiacarlessosantos@alunos.utfpr.edu.br

PEZZINI, Marina Ramos; Doutora em Arquitetura e Urbanismo; Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR

marinapezzini@utfpr.edu.br

PELEGRINI, Alexandre Vieira; Doutor em Design Research; Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR

avpelegrini@utfpr.edu.br

Resumo

Este estudo analisou a abordagem problema-solução da biomimética na disciplina Projeto de Sistema de Produto – PSP do bacharelado em design da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR no semestre 2023/1. Durante o projeto, as equipes selecionaram o tema Soluções para a habitação contemporânea com inspiração biomimética e aplicaram o modelo processual Double Diamond. Depois do projeto, os estudantes e professores da disciplina concederam entrevistas e destacaram percepções negativas sobre a abordagem problema-solução da biomimética no ensino de projeto de produto, como: a complexidade de aplicação; a extensão da pesquisa demandada; e as limitações do cronograma acadêmico. Assim, este estudo indicou uma preferência pela abordagem solução-problema da biomimética para o ensino de projeto de produto.

Palavras-chave: biomimética; metodologia de projeto; design de produto.

Abstract

This study analyzed the problem-solution approach of biomimetics in the Product System Design – PSP discipline of the bachelor's degree in design at the Federal Technological University of Paraná – UTFPR in the 2023/1 semester. During the project, the teams selected the theme Solutions for contemporary housing with biomimetic inspiration and applied the Double Diamond procedural model. After the project, the students and teachers of the subject gave interviews and highlighted negative perceptions about the problem-solution approach of biomimetics in teaching product design, such as: the complexity of application; the extent of the research required; and the limitations of the academic schedule. Thus, this study indicated a preference for the problem-solution approach of biomimetics for teaching product design.

Keywords: biomimetics; design methodology; product design.

1 Introdução

O pensamento criativo é elementar na atividade profissional de design: o uso de referências multidisciplinares e ferramentas criativas para gerar alternativas diferentes e solucionar problemas é o que destaca e exige a experiência de um designer. Aplicar o pensamento criativo de modo eficiente no design requer diferentes métodos, que visam esclarecer o processo de projeto e disponibilizar ferramentas de implementação (Burdek, 2002). Cada profissional ou empresa tem a liberdade de adotar um dado método projetual e explorar novos métodos sempre que necessário.

Nesse sentido, o estudo de metodologia projetual compõe a formação profissional do designer e constitui um repertório técnico para sua atuação. Além dos princípios de composição, cor, forma, identidade, desenho e materiais, um designer deve compreender como aplicar seu repertório em um processo metodológico efetivo. Por essa razão, e para cumprir as Diretrizes Curriculares Nacionais – DCN do Ministério da Educação – MEC, as matrizes curriculares dos cursos de graduação em design contemplam disciplinas de projeto e metodologia que ensinam a prática projetual no contexto do design. No entanto, observam-se diferentes maneiras de abordar a metodologia de projeto nos diferentes cursos e universidades.

A Universidade Federal do Espírito Santo – UFES, por exemplo, conta com um ciclo básico de quatro períodos que contempla as disciplinas de formação integrada antes do ciclo avançado, no qual cada estudante escolhe um eixo temático de estudo em design para finalizar sua formação. No entanto, o estudante só é apresentado a uma disciplina de projeto no último período do ciclo básico, chamado projeto básico, quando ele cursa a disciplina Metodologia da pesquisa. Não há, nem no ciclo básico, nem no ciclo avançado, uma matéria específica de metodologia de design (PPC Design UFES, 2024). Em contraponto, a Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG oferece as disciplinas de Metodologia do design I e Metodologia do design II já nos dois primeiros períodos do curso, além de uma optativa de biônica e biomimética, tema deste estudo (PPC Design UFMG, 2024).

A biomimética é uma ciência que pode ser aplicada como método projetual de design tomando por base princípios e mecanismos presentes nos sistemas e organismos da natureza. O uso da biomimética (ou biônica) em projetos ocorre há tempos, ao redor do mundo, e tem se consolidado como uma ferramenta relevante para designers (Gamarano *et al.*, 2017). Sua premissa é aproveitar as soluções já testadas e comprovadas pela evolução e seleção natural, uma vez que a natureza age de maneira prática e pragmática, descentralizada e com inteligência resultante de seus milhares de anos de testes evolutivos (Pauli, 2001).

O ensino da biomimética como método projetual é relevante em dois aspectos principais: criatividade e sustentabilidade. Quanto à criatividade, a biomimética permite explorar conceitos biológicos, químicos, físicos, de engenharia, entre outros, com analogias e inspirações para a resolução de problemas das mais diversas áreas, servindo como recurso criativo em métodos de design (Gamarano *et al.*, 2017). Ela indica o aprofundamento nas referências biomiméticas, que representam um potencial criativo singular, como uma estratégia para exercitar a criatividade.

Quanto à sustentabilidade, a biomimética subsidia um requisito progressivamente relevante para o sistema de projeto, produção e consumo: a conservação dos bens naturais. Cada vez mais, espera-se que esse sistema evite danos ao meio ambiente, produção e gasto excessivos de energia, que não oprima a natureza e sim, se modele a partir dela. Em outras palavras, espera-se que o sistema de produção atenda às necessidades das gerações atuais sem inviabilizar as necessidades das gerações futuras (Bellen, 2002). O método biomimético sugere a busca por inspiração nos sistemas naturais como estratégia para promover eficiência de energia e recursos, simbiose entre partes relacionadas e praticidade de soluções simples e efetivas.

1.1 Caracterização do Estudo

A necessidade desenvolver pensamento criativo, fluência metodológica e preocupação ambiental na formação de designers gerou a seguinte pergunta de pesquisa: como é possível inserir o método biomimético no ensino de projeto para design de produto? Uma pesquisa similar, realizada na Universidade Federal de Campina Grande - UFCG por Silva *et al.* (2019), indica que a biomimética pode ser abordada de duas maneiras: na abordagem problema-solução, o projeto parte de um problema e busca um ser vivo ou sistema natural que ofereça uma solução conceitual para criar um produto ou sistema; na abordagem solução-problema, o projeto parte de um ser vivo ou sistema natural que ofereça uma solução conceitual e busca um problema para criar um produto ou sistema. Portanto, há duas hipóteses de pesquisa:

1. É possível inserir a biomimética no ensino de projeto para design de produto com a **abordagem problema-solução**;
2. É possível inserir a biomimética no ensino de projeto para design de produto com a **abordagem solução-problema**.

Diante do exposto, realizou-se uma **análise de caso** com estudantes da disciplina Projeto de Sistema de Produto – PSP do bacharelado em design da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR no semestre 2023/1. Segundo a estrutura da matriz curricular do curso, essa disciplina só pode ser cursada por estudantes aprovados em Metodologia de projeto de design e é obrigatória para inscrição na disciplina Projeto de Sistema de Design – PSD. A análise de caso se caracterizou como uma **pesquisa qualitativa exploratória** e teve o objetivo geral de **analisar a abordagem problema-solução** da biomimética no ensino de projeto para design de produto. Os objetivos específicos foram:

- a. Descobrir a existência de conhecimentos prévios sobre biomimética e a realização de projetos anteriores com biomimética por parte dos participantes (estudantes e professores da disciplina), dentro ou fora da universidade;
- b. Testar a eficácia e aplicabilidade projetual da abordagem problema-solução na disciplina;
- c. Investigar a opinião dos participantes quanto à eficácia e aplicabilidade da abordagem.

1.2 Procedimentos Metodológicos

Durante o semestre letivo 2023/1, as equipes selecionaram o tema Soluções para a habitação contemporânea com inspiração biomimética e aplicaram o modelo processual Double Diamond com as etapas: (1) descobrir – coletar dados sobre o problema e referências biomiméticas; (2) definir – especificar o problema e criar um briefing; (3) desenvolver – realizar ideação e geração de alternativas; e (4) entregar – realizar teste, coleta de feedbacks e detalhamento final. Depois do projeto, os estudantes e professores da disciplina participaram de entrevistas semiestruturadas sobre a abordagem problema-solução da biomimética no ensino de projeto de produto.

2 Referencial Teórico

A metodologia científica, para Bomfim (1995), consiste na ciência responsável pelo estudo de métodos, ferramentas e técnicas, juntamente com suas aplicações quanto à definição, organização e solução dos problemas científicos. No design, metodologia e teoria são reflexos objetivos da indústria que busca a otimização de métodos, regras e critérios, a metodologia do design surgiu para abordar questões processuais a partir da década de 1960 (Burdek, 2006).

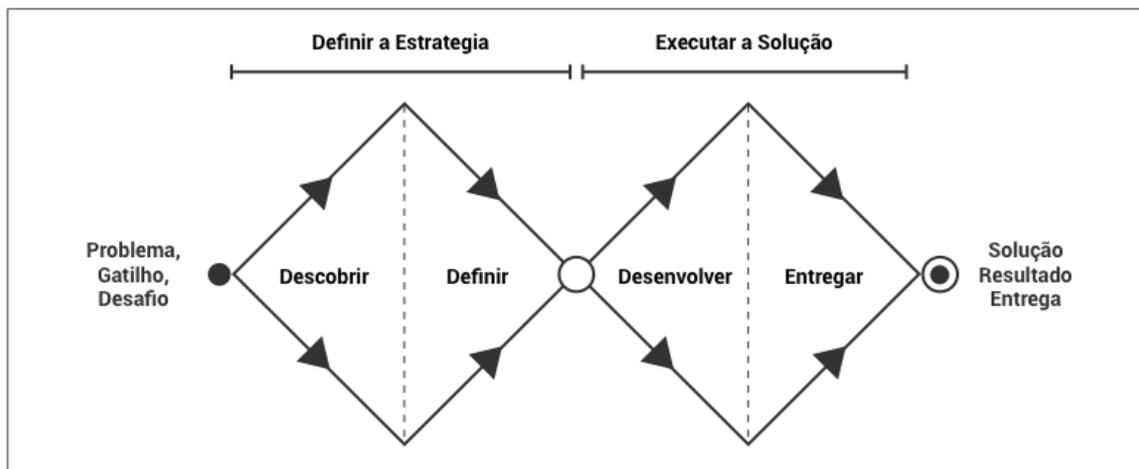
Métodos surgem para auxiliar nos processos de criação, mas como elencado por Bomfim (1995), eles são apenas instrumentos ou ferramentas de trabalho, não sendo responsáveis pelo sucesso ou não de projetos. O design conta com uma história de pesquisas no ramo de metodologia que surge desde a revolução industrial e se intensifica nas últimas décadas do Século XX, quando houve uma mudança de paradigma para metodologia de design, que deixaram de ser orientados dedutivamente (solução especial para um problema geral) e passaram a trabalhar de forma indutiva, considerando para quem um projeto deveria ser criado (Burdek, 2006).

2.1 Double Diamond

No ramo do design existem recursos metodológicos muito difundidos, como o método Design Thinking e o modelo processual *Double Diamond*, utilizado para estruturar as etapas da disciplina. Esses recursos são mundialmente conhecidos e aplicados até mesmo em outras áreas, nos mais diferentes contextos de projeto.

O Double Diamond é um modelo descrito pelo Conselho Britânico de Design que esquematiza o processo de design e inovação em quatro etapas. Esse esquema consiste em um processo de divergência e convergência de ideias que parte de um problema (descobrir), sobre o qual se reflete buscando entender o máximo possível a seu respeito, produzindo insights de projeto. Em seguida, é preciso podar o que se sabe em um resumo que enquadre os fundamentos do desafio a fim de criar um briefing (definir), partindo desse resumo, há novamente uma divergência de ideias buscando possíveis soluções para o problema, ou ao menos ideias a serem testadas (desenvolver). Finalmente, avaliam-se as alternativas geradas e com base em uma delas desenvolve-se uma solução a ser refinada e executada (entrega) (Design Council UK, 2024). Esse processo é ilustrado na Figura 1.

Figura 1 – Estrutura do modelo Double Diamond



Fonte: <https://vidadeproduto.com.br/double-diamond/> (2024)

Apesar de existirem alguns métodos muito difundidos entre os profissionais e dentro dos cursos de graduação, o ensino de metodologia nos cursos de design não explora todo o universo de métodos propostos ao longo da história do design. Observa-se uma certa padronização das abordagens ensinadas, restrita a poucos métodos replicados em boa parte dos projetos acadêmicos, com pouco espaço para que os estudantes pesquisem e experimentem novas práticas metodológicas dentro da sala de aula.

2.2 A Biomimética como Método

Nesse contexto, surge a necessidade de munir os estudantes de design com uma maior diversidade de métodos aplicáveis, que possam diversificar as soluções desenvolvidas em aula, mas além disso, que preparem futuros profissionais com uma visão de projeto mais ampla, recorrendo a diferentes fontes de inspiração prática e criativa. A biomimética é favorecida por sua amplitude e aplicabilidade, mais do que simples comparações entre o que se procura realizar e elementos naturais que o realizem diretamente, com ela é possível extrair válidas contribuições para solução de problemas formais, estruturais ou funcionais humanos (Gamarano *et al.*, 2017).

Por meio da biomimética busca-se desenvolver processos análogos aos naturais nas cadeias produtivas humanas, já que a natureza assume a postura de um designer projetando os mais diversos subsistemas que coexistem em harmonia estruturada ao longo de milhares de anos. A “imitação da vida”, como proposta na origem do termo em grego “*bios*” e “*mimesis*”, é o que nutre o desenvolvimento da espécie humana. A ciência biomimética se preocupa em compreender a natureza em sua forma mais sistemática, abordando seus mecanismos e processos que são mantidos pelos princípios de otimização de energia, ciclo fechado e dependência entre as partes envolvidas, o que garante uma cooperação não pronunciada, mas presente (Guimarães, 2011). Aplicando essa ciência em processos criativos, Janine Beynus (2006) escreveu uma das primeiras obras sobre biomimética e inovação, apresentando os tipos básicos de inspiração pela natureza em seu livro *Biomimicry - Innovation inspired by nature*, como são elencados a seguir:

- a. Natureza como modelo: imitar ou se inspirar em modelos da natureza para resolução de problemas humanos;
- b. Natureza como medida: aderir padrões ecológicos para avaliar se as inovações humanas são relevantes ou válidas, utilizando a experiência presente na natureza como parâmetro de funcionalidade;
- c. Natureza como mentora: observar a natureza com olhos curiosos buscando aprender com sua existência e não extrair dela o resultado.

O uso da biomimética difere dos processos metodológicos tradicionais do design, que se baseiam principalmente na criatividade ao solucionar problemas, uma vez que exige etapas mais racionalizadas e técnicas centradas na interdisciplinaridade, utilizando a “percepção estética, imaginação científica e tecnológica” em sua análise (Hsuan-An, 2017). Além disso, essa abordagem explora referências naturais que buscam a otimização de materiais e energia de processos e estratégias de sobrevivência, criando sistemas funcionais com alinhamento evolutivo entre forma e função, dois princípios essenciais para o design (Guimarães, 2011).

A biomimética manifesta sua contribuição para o processo criativo pelo uso de Analogias, que relacionam as funções mecânicas, químicas ou simbióticas dos seres vivos e ecossistemas com necessidades humanas manifestadas em projetos de engenharia, arquitetura e design. O estudo dessas Analogias pode ser feito dentro do Campo biônico, que por sua vez é dividido em três Campos de atuação: Formação, Pesquisa Científica e Projetual (Pesquisa em Design). O próprio autor explica em sua tese o uso do termo Campo Biônico como um ambiente dentro da pesquisa em design, no qual a natureza atua estrategicamente para inspirar soluções tecnológicas inovadoras (Arruda, 2002).

O Campo de Formação engloba o ensino e didática das Analogias com a natureza que deve respeitar o comportamento da natureza em sua dinâmica e evolução. As experimentações nesse

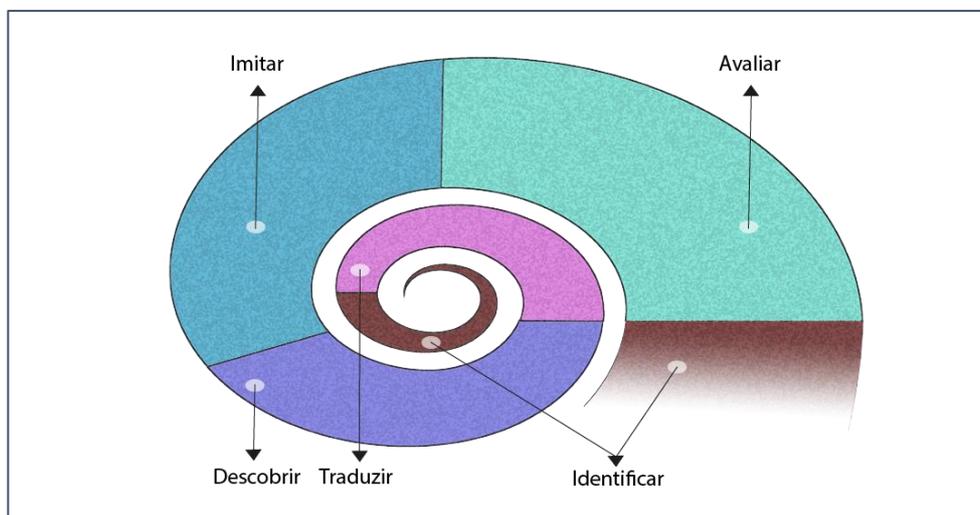
campo podem ser feitas a partir de uma introdução aos conceitos básicos da natureza, com a criação de uma linguagem que promova o discurso do projeto biônico. Outra possibilidade é a exploração puramente analógica que abstrai estruturas geométricas, sistemas funcionais e modelos compositivos que traduzam na forma a interpretação das Analogias. Nesse campo o foco é o ensino e absorção dos conceitos biomiméticos como referência de projeto, sua produção não tem finalidade comercial, portanto, pode ser apenas conceitual, de princípios didáticos, apesar de sua materialização também ser uma possibilidade caso o projeto o exija (Arruda, 2002).

O Campo de Pesquisa Científica, por sua vez, tem caráter inovador e busca estudar de forma interdisciplinar modelos naturais partindo de um tema de pesquisa, considerando diversos aspectos de projeto. As pesquisas desse Campo devem ter importante respaldo científico-biológico, por isso devem ser feitos idealmente em grupos de pesquisa, institutos dentro de universidades ou dos estados, onde haja troca de informações entre diferentes áreas de atuação. Esse Campo não assume exigência da criação ou materialização de um produto, visto que busca focar na pesquisa e exploração das Analogias, essa pesquisa pode ser realizada de forma puramente teórica, recorrendo a bibliografias e dados já coletados em outros materiais, ou então de forma experimental, com elaboração e testes e protótipos (Arruda, 2002).

O Campo Projetual, ou de pesquisa em design, é mais complexo pois requer que critérios de projeto sejam atendidos ao longo do desenvolvimento, dessa forma existem três possibilidades de intervenção de projeto. A primeira leva em conta a experiência da equipe envolvida, criando uma modalidade personalizada de projeto que aplique os modelos explorados pela equipe. A segunda segue projetos já realizados a partir da biomimética como referência de projeto e orientação de estudo. A última surge de um conceito desenvolvido com base nas pesquisas feitas para o projeto, esse conceito deve orientar um modelo biônico que é utilizado como inspiração para o projeto enquanto outros métodos tradicionais do design são aplicados (Arruda, 2002).

Muitos pesquisadores da área do design, assim como Arruda (2002), buscaram sistematizar a utilização da biomimética de forma a esclarecer como essa abordagem pode funcionar dentro da lógica projetual. Duas pesquisadoras do Biomimicry Institute, Janine Benyus e Dayna Baumeister, contribuíram para essa sistematização quando criaram a Espiral do Design Biomimético, uma representação da biomimética como método de design de forma não linear, com a necessidade de sempre reavaliar a integração das etapas do processo (Meira, 2008).

Figura 2 – Espiral do Design Biomimético



Fonte: feito pelos autores (2024)

No método proposta por Benyus e Baumeister (2006) os primeiros passos são identificar as necessidades do projeto e definir as especificações do problema, entendendo o resultado almejado com a solução a ser criada. Depois, é preciso “biologizar” o desafio do projeto, traduzindo os termos do problema em termos biológicos, buscando entender quais são as funcionalidades envolvidas no projeto, como a natureza articula essas funções ou então como ela não articula. Nessa etapa é necessário especificar condições sociais, temporais, nutricionais, climáticas e relacionais envolvidas com o problema (Biomimicry Guild, 2006).

Após compreender o problema inicia-se a pesquisa, essa é a etapa descobrir, na qual se procura modelos naturais a serem explorados como inspiração para a solução do problema. Esses modelos podem corresponder às condições levantadas anteriormente de modo literal ou metafórico. Nessa etapa é recomendável o estudo de organismos desafiados por um problema semelhante ao do projeto, que tenham desenvolvido formas de sobreviver com ou apesar desse problema, também é muito proveitoso buscar orientação e consultar pesquisadores e biólogos da área estudada (Biomimicry Guild, 2006).

A partir da pesquisa é feita a abstração de conceitos e estratégias que devem ser classificadas de acordo com sua compatibilidade com o projeto. Com os conceitos abstraídos são desenvolvidas soluções para o problema, essa é a etapa de “imitação” por meio de analogias à forma, função e aos ecossistemas. Em seguida é feita a avaliação das alternativas geradas seguindo princípios de sustentabilidade e natureza como a modularidade, moldagem, automontagem, otimização de materiais, reciclagem, adaptação e aperfeiçoamento de forma. Por fim, a espiral retorna ao seu início em mais uma etapa de identificação, na qual é desenvolvido um resumo refinado do projeto com as lições aprendidas e aplicadas na solução (Biomimicry Guild, 2006).

A Espiral do Design Biomimético exige compromisso com a coleta de informações, tanto do projeto quanto dos objetos de estudo, e ao mesmo tempo promove a integração dessas informações ao longo de suas etapas, caracterizando um fluxo complexo extenso. Essa abordagem metodológica é apenas uma das formas de se aplicar a biomimética dentro do design, no Brasil a abordagem solução-problema é utilizada em algumas universidades dentro dos cursos de design para o ensino da ciência biomimética, exemplo disso é o trabalho feito com estudantes da turma de Projeto de Produto no Curso de Design da UFCG. Os trabalhos apresentados nessa pesquisa se basearam em seres vivos escolhido pelos estudantes e estudados meticulosamente, a partir desse estudo foram criadas pranchas de apresentação dos sistemas funcionais do ser estudado para a turma. Com o material de pesquisa em mãos, os estudantes tiveram a liberdade de escolher um sistema funcional e aplica-lo na conceituação de um novo produto ou no redesenho de um já existente (Silva *et al.*, 2019).

Outro caso de uso da abordagem solução-problema é descrito por Soares *et al.* (2017) sobre trabalhos desenvolvidos por estudantes de graduação em disciplinas dentro do Laboratório do Bidesign, do Centro de Artes e Comunicação da Universidade Federal de Pernambuco - UFPE. O laboratório foi criado 1998 com base na pesquisa do PhD. Amilton Arruda na área da biomimética e é utilizado por professores do Departamento de Design, realizando pesquisas dentro do Campo da Formação (Arruda, 2002).

Os trabalhos apresentados pelos autores consistem em “desenvolvimento de modelos síntese da interpretação geométrica das formas naturais”, ou seja, projetos criados a partir do estudo de seres vivos dos quais foram extraídos princípios formais, observando sua estrutura

geométrica, movimento e composição para utilização em conceituação de produtos. Os resultados dos trabalhos, seguindo a lógica do Campo da Formação, são essencialmente conceituais, tratam-se de esboços de diferentes produtos que podem se apropriar dos modelos estruturais pesquisados pelos estudantes, não sendo, inclusive, restritos a um produto. A abstração dos conceitos ficou a cargo dos estudantes, uma vez que parte do objetivo da proposta foi familiarizar os estudantes com a biomimética e despertar o interesse dos mesmos por essa abordagem, dessa forma, os estudantes tiveram a liberdade de exercitar sua criatividade buscando inovação em seus projetos (Soares *et al.*,2017).

Esses exemplos demonstram bons resultados de projetos de graduandos de design, focando no ensino da biomimética com a abordagem solução-problema, sem especificar uso de outros métodos utilizados pelos estudantes em seus projetos.

3 Procedimentos Metodológicos

A presente **pesquisa qualitativa exploratória**¹ foi realizada a partir de um embasamento bibliográfico sobre a abordagem biomimética aplicada em projetos de design de produto, sobre o estudo biônico e sobre a metodologia projetual de design. Partindo desse embasamento, estudou-se o desenvolvimento de projetos acadêmicos na disciplina de Sistema de Projeto de Produto – PSP com estudantes matriculados no curso de bacharelado em design a partir do 5º período, acompanhando as etapas do projeto semana a semana, como estudo de caso.

Além disso, foram feitas entrevistas com os estudantes da disciplina, com os dois professores responsáveis, que ministraram a mesma disciplina para turmas anteriores, por fim foram analisados os resultados dos projetos de cada grupo observando a utilização da biomimética em sua solução final.

Os trabalhos produzidos pela turma analisada, como anteriormente mencionado, partiram do tema Soluções para habitação contemporânea com inspiração biomimética, com base neste tema cada grupo criou sua própria problematização e briefing. Esse processo ocorreu no decorrer da disciplina seguindo as quatro etapas projetuais descritas a seguir.

3.1 Etapas Projetuais

As etapas projetuais seguiram o modelo processual Double Diamond que já foi apresentado anteriormente, ditando as atividades realizadas em aula para desenvolvimento do projeto.

3.1.1 *Descobrir*

Esta etapa incluiu: busca por evidências de desafios de habitação contemporânea, enquadramento do problema, definição de questão-problema, pesquisa de possíveis soluções (uso da plataforma Ask Nature). Primeiro, os estudantes foram apresentados à disciplina e seus objetivos. Em seguida, os professores explicaram o andamento das aulas e qual tipo de projeto

¹ Este estudo não foi submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos, pois constitui uma atividade de ensino-aprendizagem, conforme a resolução 510/2016 CNS/ Art. 1º. Parágrafo único. “Não serão registradas nem avaliadas pelo sistema CEP/CONEP: VIII atividade realizada com o intuito exclusivamente de educação, ensino ou treinamento sem finalidade de pesquisa científica, de alunos de graduação, de curso técnico, ou de profissionais em especialização”.

montaram para turma, foi feita a escolha do tema do projeto por meio de votação entre os grupos, que os próprios estudantes escolheram. Na aula seguinte a biomimética foi apresentada à turma por meio de uma apresentação sobre seu uso e aplicações, com alguns exemplos de projetos famosos de inspiração biomimética e apresentação de projetos feitos na própria universidade com orientação de um dos professores.

A ferramenta do site Ask Nature foi apresentada aos grupos como forma de auxiliar na pesquisa de referências biomiméticas para os projetos dos estudantes. Trata-se de uma plataforma online gerida pelo Instituto de biomimética, uma fundação sem fins lucrativos dedicada ao estudo da natureza e relato soluções aplicáveis em projetos humanos. A plataforma é gratuita e conta com um vasto banco de dados de informações sobre seres vivos e ecossistemas (Ask Nature, 2023).

Com o tema “Soluções para a habitação contemporânea com inspiração biomimética” decidido, os estudantes partiram para pesquisa de problemas dentro do escopo do tema, assim cada grupo escolheu um foco para seu projeto e definiu sua questão-problema. Pensando em seus projetos os grupos puderam pesquisar as referências biomiméticas no Ask Nature e em outras fontes, realizando uma apresentação de outros projetos com biomimética para a turma.

3.1.2 *Definir*

Esta etapa incluiu: levantamento de 10 ideias relacionadas ao problema escolhido, aplicação da ferramenta 5W2H (O que? Por quê? Para quem? Quando? Onde? Como? Quanto?), criação de alternativas com analogias biomiméticas. Os estudantes foram incentivados a pesquisar, não só no Ask Nature, como em outros materiais, referências que pudessem inspirar soluções. A partir de suas pesquisas cada grupo estruturou um briefing, refinando ideias com referências biomiméticas que fossem relevantes ao problema estudado, dessa forma filtraram alguns possíveis caminhos a seguir com a biomimética em seus projetos.

3.1.3 *Desenvolver*

Esta etapa incluiu: mistura de ideias, prototipagem rápida, entrevista com usuários, matriz de *feedbacks*, apresentação de *feedbacks*. Com boa parte do conceito dos projetos já definidos os estudantes puderam testar com protótipos e feedback de usuário a aplicabilidade das alternativas geradas.

3.1.4 *Entregar*

Esta etapa incluiu: exploração da ideia com a ferramenta MESCRAI (Modificar, Eliminar, Substituir, Combinar, Rearranjar, Adaptar, Inverter), modelagem tridimensional, memorial descritivo, apresentação final e entrega do projeto.

3.2 **Entrevista com os Estudantes**

Além de um protocolo de acompanhamento das etapas e observação do desenvolvimento dos projetos dos grupos estudados, foram entrevistados 17 estudantes de diferentes grupos matriculados na disciplina, a fim de obter dados referentes à experiência e opinião desses estudantes em relação à abordagem da biomimética aplicada na estrutura da disciplina.

A entrevista foi ministrada em aula, com orientação prévia, mas sem acompanhamento dos professores. Ao todo foram 40 minutos de entrevista com estudantes dos 9 grupos formados na

disciplina, conduzida em forma de diálogo aberto entre os entrevistados com mediação da entrevistadora, e feita logo após a apresentação de feedbacks com usuários, antes da etapa entregar. A entrevista seguiu um roteiro de discussões como elencado a seguir:

- a. **Discussão 1:** Você já tinha conhecimento sobre a biomimética como método de projeto antes da proposta de disciplina?
 - a.1 Se sim, ela foi apresentada a você em alguma disciplina da graduação ou seu contato foi externo à universidade? Você chegou a aplicar a biomimética em algum projeto anterior? Como foi essa experiência?
 - a.2 Se não, você acredita ter recebido informações e apoio suficientes nesta disciplina para conduzir o projeto aplicando a biomimética?
- b. **Discussão 2:** Após a apresentação da biomimética a turma foi orientada a pesquisar referências e soluções na plataforma “Ask Nature”. Como foi essa pesquisa em seu grupo? Foram encontradas as informações e referências desejadas? Como foi essa experiência?
- c. **Discussão 3:** Na etapa desenvolver – criação de ideias com analogias biomiméticas, a turma foi orientada a idealizar 3 alternativas para cada tipo de inspiração biomimética (formal, funcional e semântica). Foi possível criar alternativas para as três categorias? Enfrentaram dificuldades? A geração de alternativas foi aproveitada de que forma no projeto?
- d. **Discussão 4:** Como você avalia a presença da biomimética no desenvolvimento do seu projeto? A abordagem se mostrou eficaz ou necessária?
- e. **Discussão 5:** Quais são suas sugestões para a abordagem da biomimética na disciplina?
- f. **Discussão final:** Você considera utilizar a biomimética em projetos futuros? Comentários finais.

É importante ressaltar que durante a entrevista com os estudantes os conceitos de abordagem solução-problema e problema-solução não foram apresentados, visando não coagir as respostas dos entrevistados.

3.3 Entrevistas com os Professores

Além de uma entrevista com os estudantes da disciplina, realizou-se uma segunda entrevista individual com o(a) professor(a) A², que foi responsável pela disciplina em semestres anteriores, e propôs à sua turma em um semestre de 2021 um projeto com biomimética seguindo etapas diferentes das utilizadas na turma estudada e elencadas neste estudo. Essa entrevista foi realizada poucas semanas antes da conclusão dos projetos da turma de estudo.

O objetivo da entrevista, realizada em junho de 2023, foi entender as diferenças na aplicação da biomimética e coletar informações sobre a experiência do(a) professor(a) A com a mesma, visando analisar de forma comparativa os resultados. Para isso, utilizou-se o seguinte roteiro de perguntas:

- **Pergunta 1:** Em semestres anteriores como era feita apresentação da biomimética aos estudantes?
- **Pergunta 2:** Qual era o cronograma da disciplina e as etapas seguidas nos projetos?

² Vale ressaltar que o relato coletado do(a) professor(a) A reflete suas percepções referentes a uma rodada da disciplina ministrada em 2021, dois anos antes da pesquisa em questão, que podem ter sido influenciadas pelo intervalo de tempo, sendo essa uma limitação para suas respostas.

- **Pergunta 3:** Quais eram as principais dificuldades dos estudantes ao aplicar a biomimética em seus projetos?
- **Pergunta 4:** Como você avalia os resultados obtidos com suas turmas? Você considera que a disciplina preparou os estudantes para aplicação da biomimética em futuros projetos?
- **Pergunta 5:** Você encara a biomimética como um método eficaz para o ensino de projeto de design de produto? Por quê?

A fim de coletar dados para comparação, uma terceira e última entrevista foi realizada ao final do semestre, após apresentação dos trabalhos, com o(a) professor(a) B, responsável pela disciplina durante o estudo realizado. Em julho de 2023, foram direcionados os seguintes questionamentos:

- **Pergunta 1:** Qual o seu nível de experiência com ensino e aplicação da biomimética em projetos de design anteriores às aulas da turma estudada?
- **Pergunta 2:** Quais aspectos da biomimética você pesquisou e buscou aplicar no planejamento da disciplina?
- **Pergunta 3:** Como você avalia os resultados dos trabalhos sob a ótica da biomimética?
- **Pergunta 4:** Você considera que o uso da biomimética como método contribuiu para a obtenção de resultados satisfatórios na disciplina?

4 Resultados e Discussões

4.1 Percepção dos Estudantes

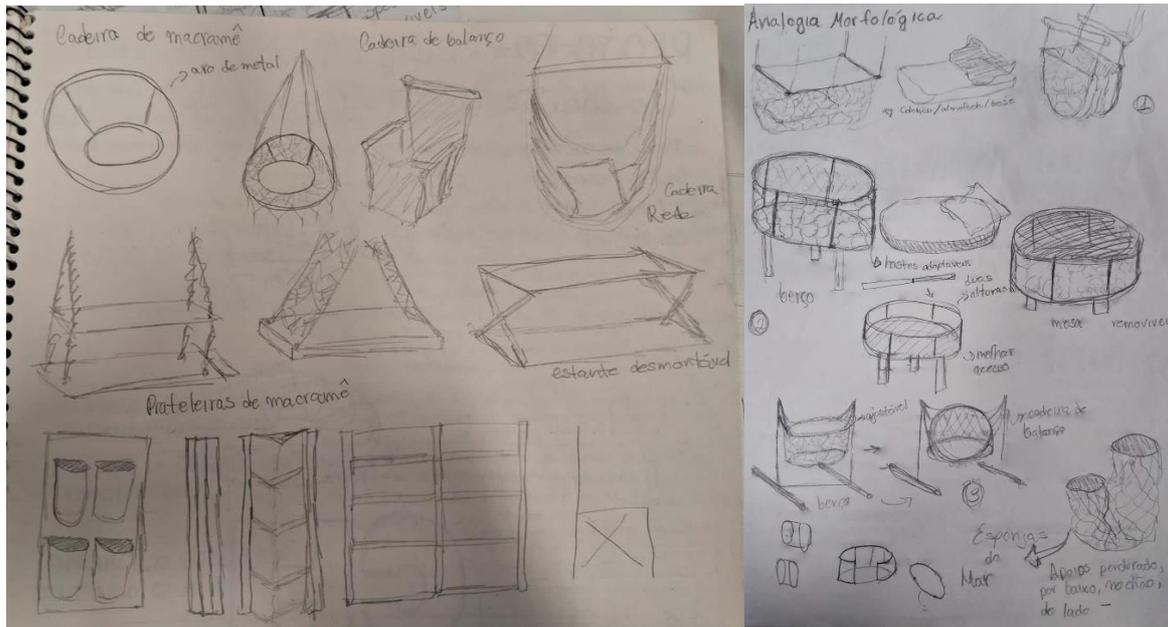
A entrevista realizada com os estudantes forneceu informações relevantes sobre o aproveitamento da biomimética como método de projeto da maneira como foi aplicada em sua turma. Primeiramente, foi consenso entre os estudantes que a maneira como a biomimética foi apresentada foi insuficiente para sua compreensão e utilização, uma vez que poucos dos já tinham algum conhecimento sobre o tema e nenhum havia utilizado esse método em projeto. Durante a primeira discussão, ficou evidente que os estudantes tiveram pouco contato com a biomimética na universidade, citando terem ouvido sobre apenas em uma disciplina no primeiro semestre do curso, diferentemente do Double Diamond, que foi abordado em disciplinas de projeto. Por isso, havia expectativa de uma apresentação prática e imersiva sobre a biomimética como método, uma vez que era nova para quase todos. Os estudantes concordaram que a aula de apresentação da biomimética não foi suficiente para que compreendessem como aplicá-la, a consideraram muito rápida e demonstrativa, com exemplos de aplicação distantes de projetos feitos na graduação e sem a oportunidade de testá-la em alguma atividade antes do início do projeto da disciplina.

Quanto ao uso da plataforma Ask Nature, os estudantes relataram que tiveram dificuldade de encontrar referências para seus projetos em específico. Consideraram os resultados de suas pesquisas muito complexos para serem aplicados ou pouco relacionados a suas questões-problema. No geral, entenderam que um bom uso da plataforma requereria mais tempo para aprofundar e fundamentar as pesquisas. Em grande parte, não conseguiram aproveitar a ferramenta.

Em contraponto, ao serem questionados sobre a atividade em que deviam idealizar 3 alternativas para cada tipo de analogia biomimética (formal, funcional e semântica), as equipes divergiram. Uma equipe relatou que a etapa foi útil para buscar um tipo de inspiração que não tinham explorado antes e, com base nisso, gerar a alternativa que desenvolveram até o final do

projeto. Outra equipe considerou que essa etapa serviu para confirmar o uso de uma alternativa já proposta com inspiração biomimética, também levada até o final. Algumas equipes fizeram proveito da atividade apenas como exercício criativo, para descartar alternativas ou refinar a conceituação de outras alternativas utilizando, dessa vez, a biomimética. As demais equipes não fizeram bom proveito da atividade, uma vez que não conseguiram aplicar a biomimética em seu briefing e acabaram por gerar alternativas repetitivas e rasas.

Figuras 3 e 4 – Exemplos de Alternativas Geradas por Estudantes



Fonte: estudantes da turma de Projeto de Sistema de Produto (2023)

Sobre a avaliação da biomimética em seus projetos, apenas 2 das 9 equipes consideraram que ela foi a base do produto criado, ou seja, relataram seguir com a biomimética do começo da criação até o produto final. Para elas, a biomimética serviu de apoio teórico e justificativa para suas soluções. As demais equipes consideraram a biomimética como um ponto de apoio para projetar, mas de abordagem forçada, que não encaixava necessariamente em todos os briefings. A maior crítica dos estudantes foi o sistema problema-solução (primeiro definir o problema de projeto e depois inserir a biomimética no processo de resolução).

Para aprofundar a opinião dos estudantes sobre a abordagem biomimética no projeto, foram solicitadas sugestões de melhoria para o ensino e abordagem futura da biomimética nas disciplinas do curso. O conteúdo coletado está especificado no quadro a seguir:

Quadro 1 – Sugestões dos estudantes entrevistados

Etapa	Sugestões
Introdução à biomimética	<ul style="list-style-type: none"> • Apresentar a biomimética em disciplinas ao longo do curso, especialmente em disciplinas de metodologia e projeto. • Realizar aulas mais aprofundadas sobre biomimética. • Realizar um exercício prático com biomimética antes de iniciar o projeto.
Apresentação	<ul style="list-style-type: none"> • Apresentar exemplos de biomimética em projetos de design mais

do projeto	<p>próximos dos estudantes, como trabalhos de conclusão de curso ou projetos acadêmicos.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Trazer a questão-problema do projeto já especificada ou escolher um aspecto biônico específico para trabalhar.
Execução do projeto	<ul style="list-style-type: none"> • Apresentar modos mais claros de pesquisar referências. • Extrair de um ser vivo em estudo uma oportunidade de projeto (abordagem solução-problema).

Fonte: feito pelos autores (2024)

Apesar das dificuldades relatadas, ao serem questionados sobre a possibilidade de aplicar a biomimética em futuros projetos de design, todos os estudantes concordaram que seria uma abordagem alternativa que levariam em consideração. A biomimética foi descrita como boa alternativa para projetos mais longos, com pesquisa mais aprofundada – uma opção a ser adotada dependendo das oportunidades. Três estudantes indicaram que a abordagem da biomimética como método poderia ser mais produtiva se o projeto partisse de um estudo de caso detalhado sobre algum sistema natural ou ser vivo, do qual seriam extraídos insights de projeto para produtos. Além disso, reforçaram que uma grande dificuldade enfrentada foi a necessidade de “encaixar” as analogias biomiméticas nas suas alternativas, atrapalhando o fluxo do projeto.

Justamente por observar essa dificuldade dos estudantes, o(a) professor(a) B retirou a obrigatoriedade da biomimética nos projetos durante a etapa desenvolver, o que levou 3 equipes a abandonarem as alternativas baseadas em analogias e refinarem a alternativa que julgaram “encaixar” melhor em seu briefing. A decisão de retirar o uso obrigatório da biomimética foi recebida positivamente por toda turma e, ainda assim, 6 equipes mantiveram as soluções baseadas na biomimética para a conceituação de seus projetos.

Analisando as etapas e atividades realizadas em aula com as equipes, foi possível observar a dificuldade dos estudantes em materializar alternativas com os conteúdos pesquisados, principalmente na plataforma Ask Nature. É possível dizer que muitas delas ficaram presas aos desafios de seus briefings durante a pesquisa, buscando soluções óbvias, que tivessem relação direta com o que desejavam projetar, sem abstrair conceitos de outras referências dentro e fora da plataforma. Nesse contexto, entendeu-se que o uso da plataforma não foi bem aproveitado, o que poderia ter acontecido caso as pesquisas tivessem sido feitas sem orientação de alguma questão-problema, buscando apenas compreender as soluções apresentadas no site, das quais poderiam surgir inúmeros insights para a resolução de problemas.

Ainda sobre a pesquisa de Silva *et al.* (2019) na UFCG, os autores consideraram a abordagem adotada (solução-problema) “extremamente produtiva”, pois o sistema funcional foi escolhido no início do projeto, tomando por base a pesquisa feita e as oportunidades de projeto encontradas, o que evitou desvios do projeto, uma vez que os estudantes se preocuparam com os processos produtivos e viabilidade da ideia, dado que a solução do problema escolhido já existia na natureza.

4.2 Percepção dos Professores

As entrevistas realizadas com os professores responsáveis pela disciplina ocorreram após a conclusão do semestre, levando em conta os resultados obtidos pela turma e experiências prévias de ambos os professores com o método da biomimética, para entender o desempenho da abordagem problema-solução aplicada com a turma.

Quanto à entrevista com o(a) professor(a) A, que foi responsável por turmas anteriores da mesma disciplina, alguns pontos devem ser levados em consideração. Antes de tudo, é relevante mencionar que os dois semestres em que o(a) professor(a) ministrou suas aulas utilizando a biomimética ocorreram durante o período de pandemia em 2021, portanto as aulas eram remotas e os estudantes realizaram seus trabalhos de forma online. Além disso, os semestres foram reduzidos, com menos aulas do que um semestre presencial, e por isso as propostas de projeto eram apenas conceituais, sem prototipagem.

A apresentação da biomimética como método na turma estudada foi feita pelo(a) professor(a) com o mesmo material utilizado anteriormente, por isso ele(a) considera que o embasamento teórico de turmas anteriores foi similar ao da turma estudada. O(a) professor(a) trouxe em sua apresentação sugestões de áreas temáticas amplas para criação dos projetos, em suas turmas cada grupo ficou livre para escolher sua área de projeto, enquanto a turma estudada definiu por votação o tema Soluções para a habitação contemporânea com inspiração biomimética.

Durante o início da entrevista o(a) professor(a) A enfatizou acreditar ser difícil encontrar em um estudo isolado soluções inspiradoras para projeto, o que ele(a) chamou de “serendipidade”, pois isso ocorre ao acaso e demanda muito tempo de estudo. Por esse motivo, sua abordagem nas aulas com as turmas anteriores consistia em fornecer temas gerais para escolha, incentivando a geração de uma questão-problema e apresentando a biomimética como método para geração de soluções, sugerindo ferramentas auxiliares de geração de ideias e fornecendo orientação individual a cada grupo. Em grande parte, a abordagem aderida na turma foco deste trabalho foi a mesma utilizada em semestres anteriores, uma vez que o(a) professor(a) B utilizou o planejamento de aula do(a) professor(a) A anterior como base de suas aulas, adequando apenas de acordo com a necessidades da turma, ou seja, os dois professores aplicaram a abordagem problema-solução.

Ao ser questionado(a) sobre as dificuldades dos estudantes com a aplicação da biomimética o(a) professor(a) A relatou perceber nos estudantes apego pela utilização de formas da natureza em suas alternativas, formas muitas vezes utilizadas sem critério de função, apenas pela necessidade do uso da biomimética. Além disso, ele(a) julga existir um certo senso de imediatismo entre os estudantes que esperam encontrar soluções óbvias e imediatas com pouco aprofundamento, de forma que se frustram e acabam produzindo alternativas rasas e repetitivas, por vezes copiando outros projetos. Nesse contexto, ele(a) afirmou acreditar ser função da universidade, como local de formação de profissionais de design, ensinar os estudantes a “incorporar a lógica metodológica” em sua conduta, absorver em seu pensamento o passo-a-passo de métodos que auxiliem sua atividade profissional no futuro.

É interessante a interpretação do(a) professor(a) quanto à responsabilidade da universidade com a conduta dos estudantes, incorporar essa lógica metodológica é o grande objetivo de disciplinas de projeto e metodologia, por isso é de suma importância observar como são ensinadas aos estudantes métodos de design. Levando isso em consideração, é possível dizer, com base na entrevista com os estudantes, que a lógica metodológica da biomimética ficou confusa para grande parte da turma, comprometendo a viabilidade de seu uso em futuros projetos e exigindo que os estudantes recorram a outros meios de aprendizagem caso queiram aplicá-la de alguma forma.

Segundo o(a) professor(a) A, os resultados obtidos com turmas anteriores foram satisfatórios para o contexto no qual as aulas foram realizadas. Alguns grupos, segundo ele(a), geraram alternativas mais simples, sem grandes analogias, mas suficientes para a conclusão do projeto, enquanto outros criaram projetos com potencial comercial, foram incentivados a expor seus projetos e serviram como exemplo na apresentação da turma analisada.

Ao refletir sobre a capacidade dos estudantes das turmas anteriores aplicarem a biomimética em projetos fora da disciplina o(a) professor(a) afirmou acreditar que todos conseguiriam fazer uso da abordagem futuramente, uma vez que todos os projetos, de uma forma ou de outra, apresentaram resultados com biomimética. Por outro lado, ele(a) entende que ainda há muito potencial inexplorado na abordagem, que talvez os estudantes de graduação não vejam, mas que pode ser aplicado inclusive em projetos de gestão.

Em seus comentários finais, ele(a) afirmou que considera a biomimética uma boa forma de expandir as possibilidades de inspiração para os estudantes, servindo para ensinar relação entre sistemas, mas não devendo “ser uma camisa de força”. Por fim, o(a) professor(a) A sugeriu a criação de um banco de dados para arquivamento de projetos de design que tenham utilizado a biomimética, algo que sirva de inspiração e consulta para os estudantes.

A sugestão do(a) professor(a) corrobora o que foi relatado pelos estudantes e observado ao longo do desenvolvimento dos projetos, uma das necessidades dos estudantes foi entender como a biomimética podia lhes ser útil em projetos de design, especificamente como eles, enquanto estudantes de graduação e sem uma equipe de cientistas, poderiam incorporar alguma analogia de valor em seus produtos. Fornecer uma base de exemplos específicos em design é uma boa alternativa para alimentar os estudantes de inspiração, com referências mais claras de como podem aplicar suas ideias, no entanto, houve também certa relutância e frustração na turma com a biomimética desde o início da disciplina.

Ao contrário do(a) professor(a) A, o(a) professor(a) B nunca havia aplicado a biomimética em projetos de tamanha complexidade como os desenvolvidos com a turma em questão, apesar de ter ministrado uma disciplina de biônica há alguns anos. Seu embasamento teórico para ministrar as aulas veio dos próprios materiais fornecidos pelo(a) professor(a) A, inclusive seu plano de aulas e atividades. Ao longo do semestre, ele(a) adaptou o planejamento ao seu jeito de lecionar projetos, buscando mediar a biomimética em etapas do modelo Double Diamond.

Na percepção do(a) professor(a) B, a biomimética funcionou como um exercício de criatividade, para exploração livre das analogias, e não como uma metodologia da disciplina, uma vez que muitos grupos abriram mão de incorporá-la em suas entregas finais. Segundo ele(a), os resultados da turma não refletem as possibilidades da biomimética, pois até nas entregas dos grupos que disseram aderir alguma analogia os resultados não foram expressivos em termos de inspiração na natureza.

Em entrevista o(a) professor(a) B pontuou que teve algumas dificuldades para adaptar as aulas à disponibilidade do(a) professor(a) A durante o semestre, uma vez que ambos os professores eram corresponsáveis pela turma e houveram imprevistos que comprometeram a participação dele(a) ao longo das aulas. Essa situação afetou o planejamento inicial das atividades, principalmente a apresentação da biomimética à turma e o acompanhamento dos projetos dos estudantes. No entanto, ele(a) salientou que os estudantes ficaram intimidados com a biomimética desde o início e deixaram de explorar diversas referências que lhes foram apresentadas por relutância, por falta de curiosidade ou por frustração com a pesquisa. Dessa forma, frente à resistência dos estudantes, optou por retirar a obrigatoriedade do uso da biomimética por entender que o foco da disciplina era a entrega de um projeto para um problema de habitação contemporânea, fosse ele inspirado pela biomimética ou não.

Ao refletir sobre os resultados obtidos com a turma o(a) professor(a) B afirmou não os considerar satisfatórios pela ótica da biomimética, uma vez que o respaldo do uso da abordagem nos projetos foi sutil ou superficial. Como havia dito anteriormente, ele(a) entende que a

biomimética serviu de exercício criativo, algo para praticar geração de alternativas, mas de pouco impacto nos projetos estudados. Sua avaliação sobre o aprendizado dos estudantes foi que lhes faltou percepção de oportunidades de projeto com suas pesquisas, houve visível resistência ao uso da abordagem devido à interpretação de que a biomimética não é aplicável no design, os estudantes limitaram suas próprias alternativas.

Por fim, o(a) professor(a) relatou que sua interpretação da biomimética como método de design consiste em recorrer ao estudo biônico para suprir necessidades pontuais dentro de um projeto já em andamento, ou então partir de um problema encontrado na geração de alternativas que possa ser explorado com referências biomiméticas. Dessa forma, ele(a) entende que a abordagem aplicada na disciplina não foi eficiente para a biomimética.

Assim como mencionado pelos professores da turma, o senso de imediatismo dos estudantes atrapalha o processo criativo, interrompendo abruptamente a conceituação e pesquisa dentro de um projeto. Essa necessidade de respostas rápidas pode ser originada do ensino e internalização de outros métodos de design praticados ao longo do curso, muitos dos quais incentivam a geração de ideias de forma espontânea e imediata. Urge-se, dessa forma, que os estudantes recebam uma imersão na abordagem da biomimética, partindo de um critério funcional já estabelecido, a fim de garantir a compreensão e correta realização de suas etapas.

5 Conclusão

Frente aos resultados desse estudo, fica evidente a complexidade de se ensinar metodologia, e ainda mais, dentro da graduação em design. A forma como uma metodologia é ensinada e aplicada reflete diretamente na percepção dos estudantes e na maneira como eles replicarão essa metodologia futuramente, por isso é necessário que os métodos e seu ensino sejam constantemente debatidos, a fim de garantir que os estudantes aprendam um repertório relevante para seus futuros projetos como profissionais.

A biomimética, como foi abordada ao longo deste artigo, não se configura como um método universal, adaptável a qualquer projeto, trata-se de um ótimo recurso para inovação e inspiração para os mais diversos projetos, mas que requer pesquisas profundas e bem orientadas pela funcionalidade em estudo, a critério do propósito do projeto (Campo). Sua utilização depende das necessidades específicas do projeto, como cronograma, área de atuação dos integrantes, recursos de pesquisa, objetivos gerais do projeto, mas depende, principalmente, da abordagem escolhida para a biomimética.

Quanto às abordagens da biomimética, ficou claro durante o estudo a complexidade da aplicação da abordagem problema-solução dentro de projetos acadêmicos, principalmente com muitos estudantes tendo seu primeiro contato com a biomimética. Essa abordagem exige uma pesquisa complexa, a partir de um entendimento muito claro do problema a ser resolvido e a necessidade funcional do produto a ser projetado, ambos podem se tornar complexos dentro de um projeto acadêmico, especialmente quando cada grupo desenvolve briefings diferentes.

Diante de tal complexidade, é seguro dizer que para fins educativos, buscando a melhor compreensão e aplicação da biomimética pelos estudantes de graduação, a abordagem solução-problema, como descrita por Silva *et al.* (2019) e Soares *et al.* (2017), promove resultados mais alinhados com o ensino da metodologia em si, uma vez que não busca encaixar dentro de uma necessidade de projeto alguma solução biomimética, evitando casos em que esse encaixe seja forçado ou desnecessário. Dessa forma, os estudantes podem explorar a biomimética de forma mais

livre e produzir resultados, mesmo que conceituais, satisfatórios para projetos acadêmicos.

6 Referências

- ARRUDA, A. **Organismos vivos como modelo tecnológico**: simples metáfora ou parâmetro para o design. São Paulo: Revista Design Belas Artes, ano 6, nº 7, p. 35 a 38, 2000.
- ARRUDA, A. **Bionic basic**: verso un nuovo modello di ricerca progettuale (Tese). Doutorado em Desenho Industrial e Comunicação e Multimídia, Universidade Politécnica de Milão, XIV ciclo, Milão, Itália, 2002. 94 p.
- ASK NATURE ORG. **It's time to ask nature**. In: Ask Nature, 2023. (<https://asknature.org/>)
- BELLEN, H. M. **Indicadores de sustentabilidade**: uma análise comparativa (Tese). Doutorado Engenharia de Produção- Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002. 235p.
- BENYUS, J. **Biomimética, inovação inspirada pela natureza**. São Paulo: Cultrix, 2006.
- BIOMIMICRY GUILD. **Biomimicry newsletter - the biomimicry design spiral**. Volume 4. In: Biomimicry Newsletter, 2006. (http://biomimicry.typepad.com/newsletter/files/biomimicry_newslwttter_v4.1.pdf)
- BOMFIM, G. A. **Metodologia para desenvolvimento de projetos**. João Pessoa: Editora Universitária UFPB, 1995.
- BUDERK, B. E. **História, teoria e prática do design de produtos**. São Paulo: Edgard Bluncher, 2006. 496p.
- DESIGN COUNCIL UK. **Double Diamond**: a universally accepted depiction of the design process. In: Design Council, 2024. (<https://www.designcouncil.org.uk/our-resources/the-double-diamond/>)
- GAMARANO, D. S.; DIAS, V. C. P. L.; RICALDONI, T. F. **Biomimética e Design: um estudo sobre a potencialização da criatividade para métodos de desenvolvimento de produtos inspirados na natureza**. In: Anais do Colóquio Internacional de Design 2017, Volume 4, n.º 3, 25 a 27 set. 2017. SEBRAE/MG. p. 145 a 154
- GUIMARÃES, M. **Na natureza tudo se cria**. ABC DESIGN, n.º 36, p. 11-15, jul/ago/set 2011.
- HSUAN-AN, T. **Design: conceitos e métodos**. São Paulo: Editora Edgard Blücher Ltda, 2017.
- MEIRA, G. L. **A biomimética utilizada como ferramenta alternativa na criação de novos produtos**. In: II Encontro de Sustentabilidade em Projeto (ENSUS), Volume 2, 2008. Universidade Federal de Santa Catarina, 2008. Sessão Temática 1, link 32.
- PAULI, G. **Upsizing**: como gerar mais renda, criar mais postos de trabalho e eliminar a poluição. Porto Alegre: L&P Editores S/A, 2001.
- SILVA, I. F.; NASCIMENTO, D. L. do.; SOUZA, G. B. de.; MENDES, L. B. da S. **Biomimética como processo criativo em curso de design de produto**. In: Anais do VII Encontro de Sustentabilidade em Projeto (ENSUS), Volume 5, 8 a 10 mai. 2019. Universidade Federal de Santa Catarina, 2019. p. 585 a 596.
- SOARES, T. L. F. S; ARRUDA, A. J. V.; MELLO, B. L. A.; OLIVEIRA, B. A. R. M. **análises sobre uma metodologia biomimética aplicada em curso de design no brasil**. In: DISEÑOCONCIENCIA, IX

Congreso Internacional de Diseño de La Habana, Cuba, 2017.

UFES. Universidade Federal do Espírito Santo. **Organização Curricular PPC 2020 (vigente)**. Curso de Design. In: Design Universidade Federal do Espírito Santo. (<https://design.ufes.br/organizacao-curricular-ppc-2020>)

UFMG. Universidade Federal de Minas Gerais. **Estrutura Curricular**: Design/Bacharelado/Formação Livre. In: Universidade Federal de Minas Gerais. (<https://ufmg.br/cursos/graduacao/2394/90312>)

VIDA DE PRODUTO. **Double Diamond**: o que é esse processo de design. In: Vida de Produto. (<https://vidadeproduto.com.br/double-diamond/>)