

## BIOMIMÉTICA E SUSTENTABILIDADE: TOLDOS INSPIRADOS EM *Tulipa L.* PARA GESTÃO DA ÁGUA PLUVIAL

COSTA, JAY MORAES DA<sup>1</sup>; ARAÚJO, BÁRBARA MENDES DE; PRISCO, RAYANE  
BASTOS<sup>2</sup>; BOGÉA, TAMI HELENA PESTANA<sup>3</sup>

19

### Resumo

Este estudo apresenta o desenvolvimento de um toldo biomimético inspirado no comportamento estrutural das flores do gênero *Tulipa L.* para o campus do Centro Universitário Celso Lisboa (RJ). Fundamentada na Biomimética, que utiliza a natureza como modelo para soluções sustentáveis, a pesquisa buscou integrar proteção solar e captação de água da chuva. O estudo, de caráter exploratório e aplicado, adotou abordagem qualitativa, com revisão bibliográfica, pesquisa de percepção com usuários e aplicação do método do Pensamento Biomimético. A estrutura proposta reproduz princípios morfofuncionais das tulipas, direcionando a água da chuva para armazenamento. Os resultados indicam potencial para reduzir o escoamento superficial, promover o reaproveitamento hídrico e contribuir para os princípios da Economia Circular.

**Palavras-chave:** Biologia; Biomimética; Design; Sustentabilidade.

### Introdução

A Biomimética é uma abordagem interdisciplinar que busca inspiração na Natureza para o desenvolvimento de soluções eficientes e sustentáveis para problemas enfrentados pela sociedade. Popularizada pela bióloga estadunidense Janine Benyus (1997), autora da obra *Biomimética: Inovação inspirada pela Natureza* (em inglês *Biomimicry: Innovation Inspired by Nature*), essa metodologia baseia-se na observação e replicação de estratégias biológicas para aplicações nas áreas de tecnologia e inovação, como Design, Arquitetura e Engenharia. A Biomimética propõe a utilização de formas, processos e sistemas naturais como referência para a criação de produtos e estruturas mais adequadas ao equilíbrio ambiental, utilizando fundamentos precisos.

Os fundamentos da Biomimética estão organizados em três princípios: a Natureza como modelo, medida e mentora (Benyus, 1997). Como modelo, oferece formas, estruturas e processos eficientes que podem ser replicados em projetos humanos. Como medida, estabelece padrões de sustentabilidade e eficiência que orientam o desempenho das soluções projetadas. Como mentora, promove mudança de perspectiva, na qual a Natureza

<sup>1</sup> Graduanda em Ciências Biológicas – Centro Universitário Celso Lisboa – Rio de Janeiro – RJ/Brasil

<sup>2</sup> Bacharéis em Ciências Biológicas – Centro Universitário Celso Lisboa – Rio de Janeiro – RJ/Brasil

<sup>3</sup> PHD e Zoologia pela Universidade de Connecticut; Docente do Curso de Graduação em Ciências Biológicas do Centro Universitário Celso Lisboa – Rio de Janeiro – RJ/Brasil

deixa de ser apenas recurso explorável e passa a ser compreendida como fonte de aprendizado.

Inspirar-se na Natureza para criar produtos e serviços mostra-se crucial diante da crescente demanda por práticas sustentáveis. Os impactos negativos dos métodos convencionais de construção e design sobre o meio ambiente têm sido amplamente discutidos (Royer, 2013). A produção industrial intensiva, o consumo exacerbado de recursos e a geração de resíduos resultam em desequilíbrios ecológicos significativos. Torna-se urgente, portanto, desenvolver soluções que integrem responsabilidade ambiental e inovação tecnológica desde a sua concepção.

Além da sustentabilidade ambiental, destaca-se a necessidade de soluções que conciliam desempenho técnico e viabilidade econômica. A aplicação de conceitos biomiméticos apresenta potencial para gerar alternativas menos onerosas, duráveis e mais harmônicas com o ecossistema, reduzindo custos operacionais e impactos ambientais.

A Biomimética relaciona-se ainda com os princípios da Economia Circular, que propõe sistemas regenerativos nos quais os materiais circulam continuamente, reduzindo a extração de recursos e descarte inadequado (Dupim, 2019). Essa perspectiva reforça a importância de soluções arquitetônicas capazes de reaproveitar recursos naturais, como a água da chuva.

Exemplos clássicos dessa integração incluem o velcro, inspirado na aderência das sementes de *Arctium lappa* L. e o shopping Eastgate Centre, no Zimbábue, que utiliza princípios de ventilação baseados nos cupinzeiros (Pearce, 1996). Tais aplicações demonstram o potencial da Biomimética na geração de inovação sustentável.

Nesse contexto, o presente trabalho propõe o desenvolvimento de um produto biomimético aplicado ao campus do Centro Universitário Celso Lisboa, localizado no bairro do Engenho Novo, no Rio de Janeiro, visando o aprimoramento de espaços institucionais abertos por meio de solução inspirada na morfologia de *Tulipa* L., integrando proteção e captação de água pluvial.

## Metodologia

Inicialmente, realizou-se um levantamento bibliográfico composto por aproximadamente 90 artigos científicos, selecionados a partir das palavras-chave Biologia, Biomimética, Cobertura, Design, Sítio Específico e Sustentabilidade. Essa etapa fundamentou teoricamente o estudo e orientou a análise do projeto indicado.

Paralelamente, aplicou-se uma pesquisa de percepção por meio da plataforma *Google Forms*, direcionada aos frequentadores do campus do Centro Universitário Celso Lisboa, com o objetivo de identificar demandas relacionadas ao conforto ambiental e uso dos espaços abertos.

Para a condução do processo criativo e projetual, utilizou-se a metodologia do Pensamento Biomimético proposta pelos pesquisadores do Biomimicry Institute, EUA, em 2017. Essa abordagem orienta a aplicação prática dos princípios da Biomimética no desenvolvimento de soluções de Design e Engenharia, sendo estruturada em quatro etapas principais: escopo, descobrir, criar e avaliar.

A definição do problema projetual ocorreu na fase de escopo, na qual foram estabelecidas as funções que a solução deveria atender, considerando as necessidades do contexto analisado. Para auxiliar nessa definição funcional, utilizou-se a roda taxonômica, uma ferramenta disponibilizada por Giane Brocco (Amazu Biomimicry), que organiza funções biológicas em categorias e facilita a identificação de estratégias naturais relacionadas ao problema investigado. Neste estudo, foram selecionadas as funções do grupo “modificar”, especialmente no subgrupo “adaptar/otimizar”, com foco no controle de temperatura e no manejo do excesso de líquidos.

A investigação de modelos naturais ocorreu na fase “descobrir”, dedicada à busca por organismos e sistemas biológicos que desempenham funções semelhantes às necessidades do projeto. Essa pesquisa foi realizada por meio da plataforma AskNature, que reúne exemplos de estratégias biológicas aplicáveis à inovação e ao design.

A tradução dos princípios biológicos em soluções projetuais foi conduzida na fase “criar”, na qual foram desenvolvidos esboços, estudos formais e diferentes alternativas estruturais inspiradas nas estratégias naturais identificadas. Esse processo envolveu a adaptação dessas referências ao contexto humano, considerando aspectos de funcionalidade, viabilidade técnica e adequação ao ambiente institucional analisado.

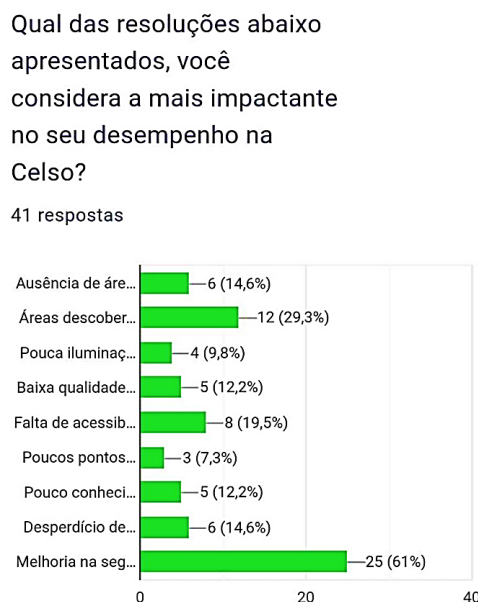
Por fim, a verificação da coerência entre as soluções propostas e os objetivos do projeto foi realizada na fase avaliar, que consistiu na análise crítica das alternativas desenvolvidas. Essa etapa permite verificar se as propostas atendem às funções inicialmente estabelecidas e se permanecem alinhadas aos princípios da Biomimética e da sustentabilidade, contribuindo para o refinamento da solução projetual.

Como instrumento complementar, empregou-se diário físico de projeto para registro de textos, desenhos, esquemas e reflexões, possibilitando o acompanhamento processual e maior consistência investigativa.

## Resultados e Discussão

Os resultados da pesquisa de percepção indicaram diferentes necessidades de intervenção no ambiente institucional, evidenciando oportunidades para o desenvolvimento de soluções projetuais em diversas áreas (Figura 1). Entre os aspectos apontados pelos participantes, destacou-se a demanda por áreas cobertas para maior proteção contra intempéries, que representou 29,3% (12 em 41 respostas) das respostas obtidas. Esse resultado foi adotado como base para o desenvolvimento do presente projeto, orientando a proposta de criação de uma estrutura de cobertura inspirada em princípios biomiméticos voltada à proteção dos usuários e ao aproveitamento da água da chuva.

**Figura 1** - Resultados da pesquisa de percepção realizada no Centro Universitário Celso Lisboa. O item “áreas descobertas” aparece como o segundo mais impactante.



Fonte: Autoras (2025)

O método do pensamento biomimético orientou o desenvolvimento do protótipo levando à análise das evidências apresentadas por Mao e Huang (2009) que investigaram a resposta de 80 espécies de angiospermas à presença de água. O estudo demonstrou que diversas flores apresentam adaptações estruturais específicas para proteger o pólen

da chuva. Entre as espécies observadas, as tulipas destacam-se pelo fechamento rápido das pétalas durante a chuva, mecanismo que reduz significativamente a exposição do pólen à umidade.

Essas estratégias naturais evidenciam que a morfologia floral não é apenas estética, mas funcional, desempenhando papel determinante no controle hídrico e na preservação das estruturas reprodutivas. A partir dessa compreensão, realizou-se a transposição biomimética dos princípios identificados, priorizando não apenas a forma radial característica da flor, mas também sua dinâmica estrutural de proteção e direcionamento da água.

O modelo conceitual desenvolvido propõe um toldo composto por módulos curvos dispostos radialmente, remetendo à configuração de uma flor em estágio de abertura (Figura 2). A inclinação estratégica das superfícies permite que a água da chuva seja direcionada de maneira controlada para um ponto central de coleta, onde pode ser conduzida a sistema de armazenamento. Tal configuração traduz o princípio natural de controle da exposição à água e otimização do escoamento.

**Figura 2** - Produto criado com auxílio da metodologia do pensamento biomimético. Arte criada com auxílio da inteligência artificial.



**Fonte:** Autoras (2025)

Do ponto de vista funcional, o sistema amplia a eficiência na captação de água pluvial, reduzindo desperdícios e favorecendo seu reaproveitamento. Ambientalmente, contribui para a diminuição do escoamento superficial em áreas urbanas, auxiliando na mitigação de alagamentos e na gestão sustentável dos recursos hídricos. Além disso,

integra proteção aos eventos climáticos, captação hídrica e ambiente de convívio social em uma única solução estrutural, agregando multifuncionalidade ao espaço institucional.

Sob a perspectiva da sustentabilidade, a proposta dialoga diretamente com os princípios da Economia Circular ao transformar a água da chuva em recurso reaproveitável dentro do próprio ambiente construído. A modularidade estrutural favorece a manutenção simplificada, substituição de componentes e maior durabilidade do sistema, prolongando seu ciclo de vida.

A discussão reforça que a Biomimética, neste contexto, não se restringe à reprodução formal das tulipas, mas à interpretação crítica dos mecanismos funcionais descritos por Mao e Huang (2009). A adaptação desses princípios ao ambiente arquitetônico demonstra que soluções naturais podem orientar inovações tecnológicas mais eficientes, resilientes e alinhadas às demandas contemporâneas de sustentabilidade.

## Considerações Finais

Conclui-se que a aplicação dos métodos investigativos da Biomimética no desenvolvimento de toldos inspirados em *Tulipa L.* apresenta potencial significativo para inovação em Design Biofílico. A integração entre proteção solar e captação de água da chuva demonstra viabilidade conceitual e alinhamento com os princípios da Economia Circular e sustentabilidade.

A Natureza, compreendida como modelo, medida e mentora, oferece diretrizes eficientes para a criação de sistemas mais resilientes e ambientalmente responsáveis. A proposta apresentada reforça a relevância da interdisciplinaridade entre Biologia, Design e Engenharia na busca por soluções adaptadas aos desafios urbanos contemporâneos.

## Referências

BENYUS, J. M. **Biomimicry: Innovation Inspired by Nature**. New York: HarperCollins, 1997.

DUPIM, D. A. de A. **Economia Circular e Biomimética: uma análise no contexto de sistemas regenerativos**. 2019. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2019. Disponível em: [teses.usp.br/teses/.../DissertDupimDaianeArrudadeACorrig.pdf](https://teses.usp.br/teses/.../DissertDupimDaianeArrudadeACorrig.pdf). Acesso em: 20 jun. 2025.

MAO, Y.; HUANG, S. Pollen resistance to water in 80 angiosperm species: flower structures protect rain-susceptible pollen. **New Phytologist**, v. 183, n. 4, p. 892–899, 2009.

ROYER, M. **Proposta de modelo de operação sustentável à luz da Biomimética**. Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Rio Grande do Sul, 2013.